ISSN 2071-0992

10

Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía

Volumen 2

SERIE SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

MEDIO AMBIENTE CAMBIO CLIMÁTICO BIOENERGÍA [MONITOREO Y EVALUACIÓN]

FAO FIAT PANIS

Fotos de la portada Izquierda: *Experimento de aspersores sobre árboles en el Norte de California* (Fotógrafo desconocido)
Medio: *Anillos y manchas de "Russet" desarrollados en manzanas dañadas por el frío en el Norte de Portugal* (fotógrafo: António Castro Ribeiro)
Derecha: *Utilización de aros y plásticos para proteger plantas de Alstroemeria (Lirio del Perú) en el Norte de California* (fotógrafo: Richard L. Snyder)

Fotos de la contraportada Izquierda: *Acumulación de hielo por el uso de aspersores bajo la cubierta en el Norte de California* (fotógrafo: Richard L. Snyder)
Medio: *Flores de manzano dañadas por helada mostrando los pétalos dañados unos días después de la le helada en una plantación de frutales en el Norte de Portugal* (fotógrafo: António Castro Ribeiro)
Derecha: *Acumulación de hielo por la aplicación de agua con aspersores sobre cultivo de viña* (fotógrafo: Robert Corrella)

Imagen de fondo en esta página Ilustración elaborada a partir de "L'Encyclopédie Diderot et D'Alembert"

Environment and Natural Resources series design: Pietro Bartoleschi, 2004

Los ejemplares de las publicaciones de FAO pueden solicitarse en:
Grupo de Ventas y Comercialización - División de Información.
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)
Viale delle Terme di Caracalla - 00153 Rome, Italy

E-mail: **publications-sales@fao.org**
Fax: **(+39) 06 57053360**
Web site: **http://www.fao.org**

10
SERIE SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES
MEDIO AMBIENTE CAMBIO CLIMÁTICO BIOENERGÍA [MONITOREO Y EVALUACIÓN]

Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía

Volumen 2

Richard L Snyder
University of California, Atmospheric Science,
Department of Land, Air and Water Resources - Davis, California, USA

J. Paulo de Melo-Abreu
Technical University of Lisbon, Instituto Superior de Agronomia (ISA)
Departamento de Ciencias do Ambiente
Apartado 3381, 1305-905 Lisboa, Portugal

Scott Matulich
Washington State University
School of Economic Sciences
Washington State University, Pullman, WA 99164-6210, USA

Traducción: **Josep M. Villar-Mir**
Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria
Universidad de Lleida, Cataluña, España.

Traducción: **José Millán**
Departamento de Administración de Empresas y Gestión Económica de los Recursos Naturales
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria
Universidad de Lleida, Cataluña, España.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, 2010

Las conclusiones que se presentan en esta publicación se consideran las más convenientes en el momento de su edición. Las conclusiones pueden modificarse en vista de mayores conocimientos obtenidos en posteriores etapas del proyecto.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

ISBN 978-92-5-306504-2

Todos los derechos reservados. La FAO fomenta la reproducción y difusión parcial o total del material contenido en este producto informativo. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derechos o tarifas.

Las solicitudes de autorización para reproducir o difundir material de cuyos derechos de autor sea titular la FAO y toda consulta relativa a derechos y licencias deberán dirigirse
por correo electrónico a:
copyright@fao.org

o por escrito al:
Jefe de la
Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicaciones
Oficina de Intercambio de Conocimientos
Investigación y Extensión, FAO
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia.

© FAO 2010

PRÓLOGO

Este volumen revisa los conceptos de probabilidad y de riesgo del daño por helada, y utiliza esta información para ayudar a los lectores a tomar decisiones de tipo económico en la protección contra las heladas. El libro incluye programas de ordenador que simplifican la complejidad de los cálculos. El programa TempRisk.xls calcula la probabilidad de que la temperatura caiga por debajo de la temperatura crítica y entonces determina la certeza de que ocurra la helada por lo menos una vez en un número determinado de años. Esta aplicación es de utilidad para determinar la probabilidad y el riesgo de que ocurra el daño por helada cuando se ha establecido la sensibilidad al daño durante el periodo de interés. El programa FriskS.xls calcula la probabilidad de la fecha de la última helada en primavera, la primera helada en otoño y la duración del periodo libre de heladas entre la primavera y el otoño. La aplicación FrisK.xls es útil ya que ayuda a decidir el riesgo físico sobre los cultivos de plantar demasiado pronto o de cosechar demasiado tarde.

El programa DEST.xls se utiliza para calcular el riesgo específico de daño por helada en frutales y viñas que tienen una sensibilidad a las heladas que cambia con el estado fenológico. El programa utiliza datos climáticos y temperaturas críticas asociadas con una daño del 90% (T_{90}) y del 10% (T_{10}), que hay que introducir para cada fecha fenológica. El programa analiza los datos entre la primera y la última fecha con estados fenológicos sensibles y produce tablas (1) del porcentaje anual de daño para un cultivo sin protección y para 11 métodos de protección, (2) del rendimiento anual de un cultivo sin protección y para 11 métodos de protección, (3) de las medias y de las desviaciones típicas del porcentaje de pérdidas de frutos y de rendimientos en el periodo analizado y (4) de la media y de la desviación típica del número de heladas y su duración.

Por último, el libro proporciona el programa FrostEcon.xls que permite a los usuarios determinar el riesgo económico de la protección contra las heladas, así como la eficacia en los costes de distintos métodos de protección. Es un programa muy elaborado que combina la probabilidad y el riesgo con la información de los costes y de los ingresos de diferentes métodos de protección, para determinar cuál es el sistema que debería adoptarse en cada caso. El texto contiene ejemplos ilustrativos que ayudarán a los agricultores y a los consultores a tomar decisiones acertadas en el momento de tener que tomar decisiones.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Dr. Michele Bernardi y al Dr. Rene Gommes del Grupo de Agrometeorología de la División de Medio Ambiente, Cambio Climático y Bioenergía del Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio ambiente de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura por su asistencia en la planificación y redacción del libro sobre heladas. Queremos agradecer a nuestros amigos el Dr. Luciano Mateos por animarnos a escribir el libro y a la Dr. Helena Gómez MacPherson y Ángela Scappaticci por su amistad y apoyo durante las visitas a la FAO en Roma. Se agradece a los profesores Donatella Spano y Pietro Deidda del Dipartimento di Economia e Sistemi Arborei por darnos apoyo y facilidades durante parte de la preparación del libro en la Universidad de Sassari, Italia. También queremos dar las gracias al Dr. Kyaw Tha Paw U y al Dr. Michael J. Singer del Department of Land, Air and Water Resources por su apoyo continuado en este esfuerzo.

Los autores agradecen a sus respectivas instituciones, Department of Land, Air and Water Resources – University of California en Davis; Instituto Superior de Agronomia – Technical University of Lisbon; y al Department of Agricultural and Resource Economics – Washington State University. También agradecemos a la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y a la Universidad de California por el apoyo financiero al Dr. Zinder durante su tiempo de permiso sabático en Italia. Agradecemos a la Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) y a la Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento por el apoyo financiero del Dr. de Melo-Abreu en la University of California en Davis para trabajar en este libro.

Los autores agradecen al Dr. António Castro Ribeiro por el suministro de datos de su tesis, que nos ayudó a desarrollar el análisis para las máquinas de viento. También agradecemos a Neil O'Connell del Tulare County Cooperative Extension – University of California por suministrar información sobre los costes de la protección contra heladas. Además, queremos agradecer a todas las personas que ha contestado a la encuesta sobre Tecnologías Apropiadas. Para acabar queremos agradecer a los revisores del libro por sus comentarios y sugerencias.

La edición final del lenguaje y estilo en nombre de FAO fue realizado por Thorgeir Lawrence, Reykjavik, y la preparación de la edición fue realizada por Studio Bartoleschi en Roma, Italia.

Los esfuerzos de coordinación para la edición en español hay que agradecérselos a Dr. Claudia Hiepe de la División de Medio Ambiente, Cambio Climático y Bioenergía de FAO. El profesor Josep M Villar-Mir de la Universidad de Lleida (Cataluña, España) quiere agradecer las sugerencias y comentarios de José Paulo de Melo e Abreu, y de los ingenieros agrícolas Laia Villar y Sergi Valls en la edición final del texto en español.

CONTENIDOS

iii **Prólogo**
iv **Agradecimientos**

1 – LA PROBABILIDAD DE HELADA Y EL RIESGO DE DAÑO
1 **Importancia de la probabilidad y del riesgo**
2 **Cálculos de riesgo y certidumbre**
3 **Cálculos de la probabilidad de los eventos**
5 **Cultivos con una sensibilidad establecida**
5 Datos de entrada
6 Resultados de la Probabilidad
6 Hoja de cálculo y gráfico del riesgo
7 **Fechas de la última helada en primavera y de la primera helada en otoño**
8 Introducción de datos
8 Resultados de la Probabilidad
8 Gráfico de la estación de crecimiento
10 Hoja de cálculo y gráfico del riesgo
10 Métodos de cálculo
12 **Aplicación del Estimador de Daño (DEST.xls)**

2 – EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS MÉTODOS DE PROTECCIÓN
17 **Introducción**
20 **Visión general del Modelo**
22 Inicialización
27 Selección de Tecnología
28 Presupuestos
31 *Coste de adquisición de los equipos*
31 *Costes Variables Anuales*
32 *Resumen del coste total anual*
35 Eficacia en costes
38 Riesgo
49 Otros métodos de protección

50 REFERENCIAS

51 ANEXO – EJEMPLOS DE HOJAS DE CÁLCULO DE PRESUPUESTOS

CAPÍTULO 1

LA PROBABILIDAD DE HELADA Y EL RIESGO DE DAÑO

IMPORTANCIA DE LA PROBABILIDAD Y DEL RIESGO

Los métodos más eficaces de protección contra las heladas son la plantación de cultivos que no sean sensibles a la congelación, la plantación en localidades sin temperaturas de congelación, o plantar un cultivo que emerja o florezca una vez que el peligro de helada haya pasado. Los dos primeros métodos se consiguen pocas veces si lo que queremos es obtener un producto específico en un lugar que presenta temperaturas de congelación. En la mayoría de áreas del mundo, a excepción de las regiones con clima únicamente tropical, son posible las temperaturas bajo cero. Las heladas pueden producirse incluso en países con climas tropicales en altitudes elevadas. La probabilidad y el riesgo de temperaturas que causan daño varían con la época del año y, para algunos cultivos, la sensibilidad al daño a las temperaturas bajo cero también cambia. Es importante conocer la probabilidad y el riesgo ya que ayuda a los agricultores a decidir si se planta, qué y cuándo en una localidad en particular. La probabilidad nos indica qué posibilidades hay de experimentar temperaturas que causen daño en un año dado y el riesgo nos dice la probabilidad de que ocurra una helada a lo largo de un periodo dado (e.g. la esperanza de vida en años de una plantación frutal o de un método de protección contra heladas). Por ello, el análisis de probabilidad y riesgo de heladas es una herramienta útil en la toma de decisiones.

La toma de decisiones sobre protección contra las heladas depende del tipo de cultivo. Por ejemplo, la helada puede dañar cultivos 'extensivos' anuales y la probabilidad de daño por helada está afectada principalmente por la selección de plantas en los cultivos de invierno y cuándo deben sembrarse los cultivos plantados en primavera. Para los cultivos de invierno, el daño ocurre, a menudo, en la época más fría del invierno. Si utilizamos cálculos de probabilidad y de riesgo, se pueden determinar las posibilidades de que el cultivo sea dañado por la helada. Si el riesgo es alto, el cereal de invierno podría sustituirse por un cereal de primavera para reducir las pérdidas. Haan (1979) presentó la metodología para determinar la probabilidad y el riesgo para los cultivos que son dañados normalmente por congelaciones graves a mediados de invierno. Mostró cómo calcular la probabilidad de que la temperatura caiga por debajo de la temperatura crítica de daño en un año cualquiera y mostró cómo determinar el riesgo de ocurrencia una

o más veces en un número dado de años. El enfoque es similar al utilizado por los hidrólogos cuando determinan el período de retorno de las inundaciones o los geólogos cuando estiman la probabilidad y el riesgo de terremotos. La estadística de la probabilidad y del riesgo de inundaciones y terremotos se utiliza para tomar decisiones sobre cuánto dinero hay que invertir en edificios e infraestructuras para evitar el daño y la pérdida de vidas humanas. De forma similar la información sobre la probabilidad y el riesgo de temperaturas mínimas se utiliza para tomar decisiones acerca de la posibilidad de que se pierda un cultivo por daño por heladas, en un año cualquiera o a lo largo de varios años. Estas posibilidades calculadas se utilizan para decidir si debería plantarse el cultivo, si vale la pena invertir en seguros, si debe plantarse un cultivo distinto, o si la protección contra las heladas es eficaz en costes.

Conocer la probabilidad exacta de alcanzar una temperatura crítica específica de daño en una fecha determinada, en primavera y en otoño, es útil para determinar fechas de siembra y de cosecha en cultivos anuales y la duración deseable de la estación de crecimiento para evitar el daño por helada. Con este libro se proporciona el procedimiento para estimar estas probabilidades y un programa Excel 'FriskS.xls' para realizar los cálculos.

En frutales y en viña, las temperaturas críticas de daño cambian con el estado de desarrollo del cultivo y las fechas de los estados de crecimiento varían de un año a otro. En consecuencia, determinar la probabilidad y el riesgo para plantaciones frutales y de viña es más complicado que para cultivos anuales. Por ejemplo, una temperatura crítica de daño (T_c) puede ser –7 °C o inferior en el estadio de rotura de yemas pero puede aumentar hasta –2 °C o superior durante el estado de fruto pequeño, un mes más o menos más tarde. Con este libro se proporciona un programa (TempRisk.xls) para calcular la probabilidad y el riesgo asociado con una temperatura crítica de daño durante un período de tiempo específico correspondiente a un estado de crecimiento. Por ejemplo, en la aplicación, la T_c y las fechas de inicio y finalización para el período de interés son datos a introducir. Luego, utilizando 20 o más años de datos climáticos de temperatura mínima, se calcula la probabilidad de que la temperatura caiga por debajo de T_c durante este período en un año dado y el riesgo de que ocurra una o más veces dentro de 5, 10, …, 30 años y se representa gráficamente. En este capítulo se discuten los métodos y las instrucciones de uso de TempRisk.xls.

CÁLCULOS DE RIESGO Y CERTIDUMBRE

El análisis de riesgo se utiliza para estimar las probabilidades de que un evento dañino ocurra o no a largo plazo (i.e. en varios años). Por ejemplo, un agricultor quiere saber el riesgo de que un cultivo en particular se pierda por helada durante

la vida esperada de la plantación o la vida prevista del método de protección contra helada. En este libro, el riesgo se determina con el método de Haan (1979) que utiliza una distribución binomial (i.e. un proceso de Bernoulli). En una distribución binomial, el riesgo (R) de tener una o más ocurrencias de temperatura por debajo de la temperatura mínima seleccionada en un período de n años se calcula como:

$$R = 1 - \binom{n}{0} P^0 (1\text{-}P)^n \qquad \text{Ec. 1.1}$$

donde $\binom{n}{0} = 1{,}0$ es la combinación de n elementos tomando 0 cada vez y $P^0 = 1{,}0$.

Simplificando esta ecuación obtenemos:

$$R = 1 - (1 - P)^n \qquad \text{Ec. 1.2}$$

donde $P = P\ (\ T < T_c\ )$. Como este es el riesgo de tener uno o más eventos de heladas dañinas en n años, la certidumbre (C) de no tener heladas viene dada por:

$$C = 1 - R = (1 - P)^n \qquad \text{Ec. 1.3}$$

Entonces, la probabilidad (P) de tener una helada en un año dado puede calcularse a partir de la certidumbre (C) como:

$$P = 1 - C^{\frac{1}{n}} \qquad \text{Ec. 1.4}$$

donde C es la probabilidad, en tanto por uno, de que el evento no ocurrirá en un número especificado de años (n). En la Tabla 1.1 se muestra una tabla de probabilidades del suceso de heladas en un año correspondiente a un rango de valores de certidumbre y períodos de diseño (años). Por ejemplo, para tener una certidumbre del 90% (i.e. C = 0,90) de que la temperatura mínima no caerá por debajo de una temperatura de daño en particular (T_c) en los próximos 15 años, la probabilidad de que este evento ocurra en cualquier año debe ser menor de 0,007 o 0,7% (i.e. en 1 000 años, no debería ocurrir más de siete veces).

CÁLCULOS DE LA PROBABILIDAD DE LOS EVENTOS

En la sección previa se ha establecido que una probabilidad $P = 0{,}007$ corresponde a una certidumbre del 90% de que un evento extremo no ocurrirá más de 7 veces cada 1 000 años. La probabilidad de que un evento extremo ocurra en un año dado debería determinarse a ser posible calculando el cociente de sucesos extremos observados a lo largo del número de años registrados. Sin embargo, normalmente se tiene suerte si se dispone de 20 o 30 años de datos, antes que los 1 000 años o

TABLA 1.1

Probabilidad (*P*) de que ocurra un evento en un año dado correspondiente a la certidumbre (%) de que el evento no ocurra durante el periodo propuesto

CERTIDUMBRE	PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)					
%	5	10	15	20	25	30
30	0,2140	0,1134	0,0771	0,0584	0,0470	0,0393
35	0,1894	0,0997	0,0676	0,0511	0,0411	0,0344
40	0,1674	0,0876	0,0593	0,0448	0,0360	0,0301
45	0,1476	0,0767	0,0518	0,0391	0,0314	0,0263
50	0,1294	0,0670	0,0452	0,0341	0,0273	0,0228
55	0,1127	0,0580	0,0391	0,0294	0,0236	0,0197
60	0,0971	0,0498	0,0335	0,0252	0,0202	0,0169
65	0,0825	0,0422	0,0283	0,0213	0,0171	0,0143
70	0,0689	0,0350	0,0235	0,0177	0,0142	0,0118
75	0,0559	0,0284	0,0190	0,0143	0,0114	0,0095
80	0,0436	0,0221	0,0148	0,0111	0,0089	0,0074
85	0,0320	0,0161	0,0108	0,0081	0,0065	0,0054
90	0,0209	0,0105	0,0070	0,0053	0,0042	0,0035
95	0,0102	0,0051	0,0034	0,0026	0,0020	0,0017

más necesarios. Dado que los datos son limitados, la mejor aproximación es determinar una función de densidad de probabilidad a partir del conjunto de datos existentes. La función de densidad de probabilidad es una aproximación de lo que cabría esperar si dispusiéramos de 1 000 o más años de datos. Hay muchos tipos de funciones de densidad de probabilidad, pero Haan (1979) obtuvo buenos resultados para datos de temperaturas mínimas utilizando una función de densidad de probabilidad de valor extremo tipo I. La curva acumulada para una función de densidad de probabilidad de valor extremo tipo I es:

$$P(T < T_c) = 1 - exp\left[-exp\left(\frac{T_c - \beta}{\alpha}\right)\right] \qquad \text{Ec. 1.5}$$

donde $\alpha = \sigma/1{,}283$, $\beta = \mu + 0{,}45\alpha$; y μ es la temperatura mínima media y σ es la desviación típica de las temperaturas mínimas en los años registrados. Por tanto, calculando la media y la desviación típica de las temperaturas mínimas de los años, calculando α y β e insertándolos en la Ecuación 1.5, se puede encontrar la probabilidad de que la temperatura mínima en un año cualquiera caiga por debajo de T_c. La probabilidad resultante (P) de que ocurra el evento en un año

dado puede ser un dato de entrada en la Ecuación 1.3 con un periodo de diseño (n) para estimar la certidumbre de que una temperatura extrema por debajo de T_c no ocurrirá dentro de los n años. Por ejemplo, si P = 0,0111 y el periodo de diseño es de 20 años, se corresponde con una certidumbre C = 80% de que el evento no ocurrirá en un período de 20 años (Tabla 1.1).

CULTIVOS CON UNA SENSIBILIDAD ESTABLECIDA

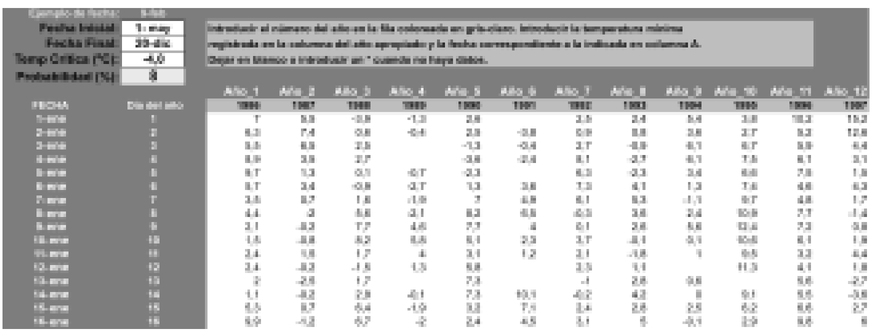
Haan (1979) presentó un método para estimar la probabilidad y el riesgo de que la temperatura caiga por debajo de un valor crítico cuando se ha establecido la sensibilidad del cultivo al daño. Se modificó el modelo y se escribió un programa MS Excel 'TempRisk.xls' para hacer cálculos para un período de tiempo seleccionado por el usuario. Las probabilidades se calculan utilizando una función de valor extremo tipo I y el riesgo se calcula utilizando un proceso de Bernoulli. Con este libro se incluye el programa TempRisk.xls.

Datos de entrada

Hasta 50 años de datos de temperatura mínima pueden introducirse en la hoja 'Datos' de TempRisk.xls (Figura 1.1) y ser analizados para calcular la probabilidad y el riesgo. Una precisión mayor se asocia con más años de datos, pero para un análisis fiable se requieren un mínimo de 20 años de datos. Las fechas de inicio y de finalización para el período a evaluar y la temperatura crítica son datos de entrada en las celdas de la parte superior izquierda de la hoja 'Datos' y la probabilidad de sobrepasar el evento se muestra debajo de la celda de la temperatura crítica.

FIGURA 1.1

Ejemplo de la hoja 'Datos' del programa TempRisk.xls

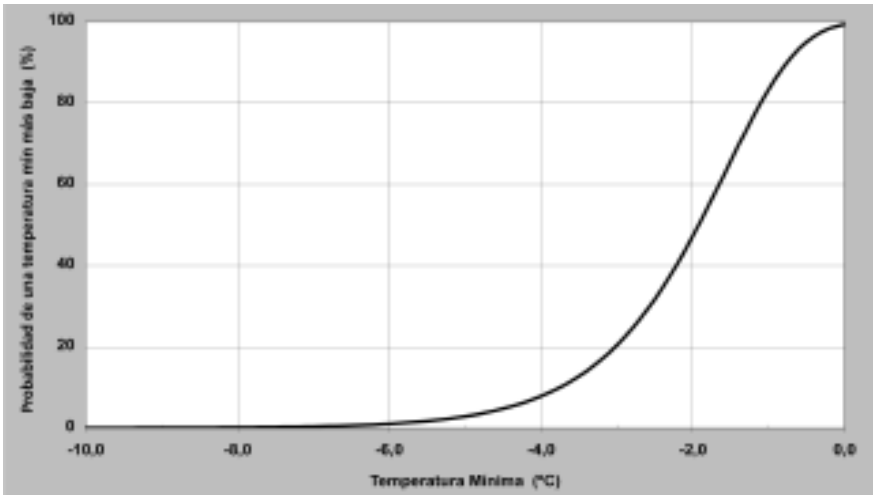


Resultados de la Probabilidad

La probabilidad de que la temperatura mínima caiga por debajo de la temperatura crítica se representa en la hoja 'Datos'. Sin embargo, la probabilidad de tener una temperatura inferior dentro de un intervalo de temperaturas bajo cero se traza en el gráfico 'ProbHelada' (Figura 1.2). Por ejemplo, en la Figura 1.2, hay sobre un 8% de probabilidad de que la temperatura mínima caiga por debajo de -4 °C durante el período del 1 de mayo hasta el 20 de diciembre para los datos que se han introducido en TempRisk.xls.

FIGURA 1.2

La probabilidad de tener una temperatura mínima más baja durante un período de tiempo definido (del gráfico 'ProbHelada' del programa TempRisk.xls) trazada frente a la correspondiente temperatura mínima

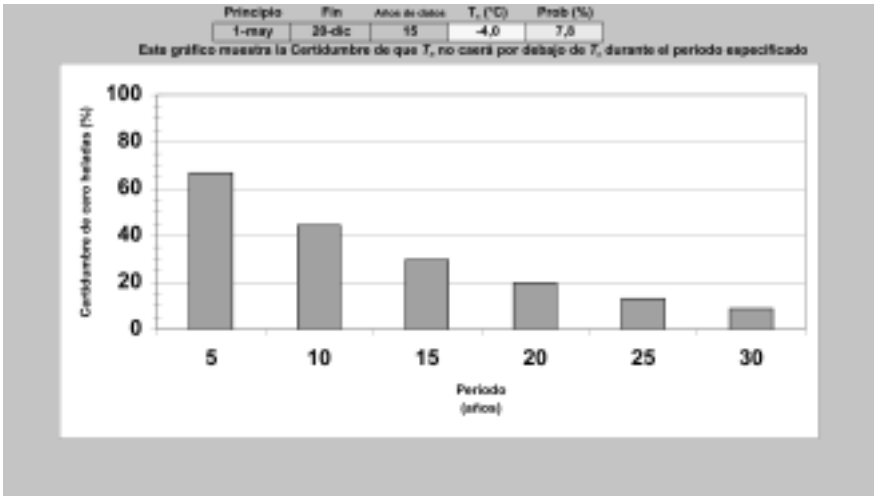


Hoja de cálculo y gráfico del riesgo

La certidumbre de no tener temperaturas mínimas por debajo de la temperatura crítica de daño para períodos de diseño de 5, 10, … , 30 años se ha trazado en el gráfico 'Riesgo' de TempRisk.xls (Figura 1.3). Por ejemplo, existe una certidumbre de un 65% de que la temperatura mínima no caiga por debajo de -4 °C en un período de 5 años. Al mismo tiempo, hay una certidumbre de tan sólo un 10% de que ésto no ocurra durante un período de 30 años. Claramente, un período de diseño más largo tiene más oportunidades de ocurrencia del daño.

FIGURA 1.3

Certidumbre (%) de no tener eventos con la temperatura mínima cayendo por debajo de la temperatura crítica fijada (i.e. -4,0 °C) entre el 1 de mayo y el 20 de diciembre dentro de un período de diseño de 5, 10, ..., 30 años (de la hoja 'Riesgos' y gráfico del programa TempRisk.xls)



FECHAS DE LA ÚLTIMA HELADA EN PRIMAVERA Y DE LA PRIMERA HELADA EN OTOÑO

Es importante conocer la probabilidad asociada con la fecha de la última helada perjudicial en primavera y la primera helada perjudicial en otoño para planificar cuándo plantar un cultivo. Por ejemplo, una fecha de plantación tardía es apropiada si la probabilidad de temperatura dañina es demasiado alta en primavera. En el caso de que la probabilidad de una temperatura dañina sea alta, antes de la cosecha, en otoño, lo más inteligente es plantar una variedad de ciclo corto. También es ventajoso conocer la probabilidad y el riesgo cuando se desarrollan estrategias a largo plazo sobre las fechas de siembra y de cosecha, y para la selección de variedades. Además de identificar posibles problemas de heladas, analizar la probabilidad y el riesgo proporciona información sobre las posibilidades de que ocurran estos problemas. Por consiguiente, es útil decidir un nivel aceptable de riesgo para cultivar un cultivo así como para decidir si es justificable la protección contra las heladas. Con este libro se suministra el programa FriskS.xls para hacer los cálculos de probabilidad y de riesgo asociados con las fechas de la última helada de primavera y de la primera helada de otoño.

Introducción de datos

La precisión de los cálculos de probabilidad de los datos de temperatura viene limitada por los años disponibles, por ello, un número mayor de años proporciona una estimación más precisa. Para utilizar la aplicación FriskS.xls, se introducen un mínimo de 20 años de datos de temperatura mínima diaria en la hoja "Data". No obstante, se utilizan más años de datos si están disponibles. Es importante poner el año correspondiente a los datos de temperatura en la parte superior de la columna. Una temperatura crítica introducida en una celda cerca de la parte superior izquierda de la hoja 'Datos' (Figura 1.4).

Resultados de la Probabilidad

Una vez entrados los datos, FriskS.xls calcula las probabilidades de que ocurra una temperatura mínima por debajo de la temperatura crítica en una fecha más tardía en primavera. De forma similar, se calculan las probabilidades de que ocurra una temperatura mínima por debajo de la temperatura crítica en una fecha más temprana en otoño. Después se representan las probabilidades de tener una temperatura mínima más baja que la temperatura crítica en una fecha más tardía en primavera o más temprana en otoño con respecto a la fecha en el gráfico 'ProbHeladas' (Figura 1.5).

Gráfico de la estación de crecimiento

La aplicación FriskS.xls también calcula las probabilidades de duración de la estación de crecimiento. Aquí, la duración de la estación de crecimiento se define como el número de días entre la media de las fechas del último día de primavera con una temperatura mínima por debajo de la temperatura crítica y la media de

FIGURA 1.4

Ejemplo de datos de entrada en la hoja 'Datos' del programa FriskS.xls, con una temperatura crítica T_c = -2,0 °C

las fechas del primer día de otoño con una temperatura mínima por debajo de la temperatura crítica. Las probabilidades son trazadas respecto a la fecha en el gráfico 'EstaciónCrecimiento'. En la Figura 1.6 se muestra un ejemplo.

FIGURA 1.5

Un gráfico con la probabilidad de tener una fecha con la temperatura mínima más baja más tarde en primavera o más temprana en otoño versus fecha (del gráfico 'ProbHeladas' del programa FriskS.xls)

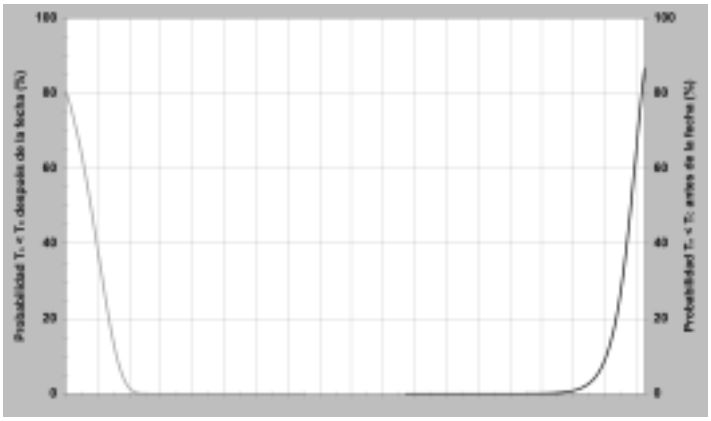
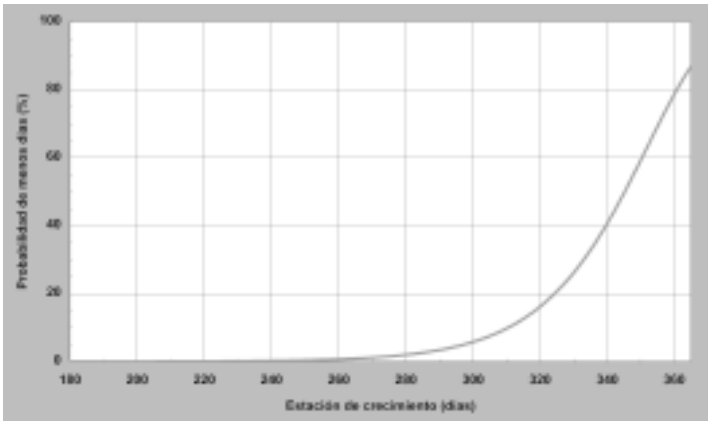


FIGURA 1.6

Probabilidad de menos días entre la última fecha en primavera y la primera fecha en otoño con una temperatura mínima por debajo de la temperatura crítica (del gráfico 'EstaciónCrecimiento' del programa FriskS.xls)



Hoja de cálculo y gráfico del riesgo

La certidumbre de no tener temperaturas mínimas por debajo de la temperatura crítica (e.g. T_c = 0,0 °C) después de una fecha seleccionada en la primavera se calcula y se muestra en la hoja y en el gráfico 'RiesgosPrimavera'' (Figura 1.7). La fecha seleccionada (i.e. para determinar la probabilidad de que $T < T_c$ en una fecha posterior) es un dato de entrada en la parte superior de la hoja 'RiesgosPrimavera'' (e.g. 20 de marzo en la Figura 1.7). Se calcula y se muestra la probabilidad (%) de que ocurra un día con $T < T_c$ después de esta fecha en un año cualquiera. Entonces, las certidumbres (%) de que no se observarán temperaturas por debajo de T_c durante los periodos de diseño de 5, 10, … , 30 años se muestran en un gráfico de columnas. Por ejemplo, hay una certidumbre de un 45% de que no se observará una temperatura por debajo de T_c = 0 °C después del 20 de marzo, pero hay menos del 1% de certidumbre de que no ocurrirá una temperatura por debajo de 0 °C después del 20 de marzo durante un periodo de 30 años (Figura 1.7).

Se utiliza un procedimiento similar para calcular y mostrar certidumbres de que una temperatura mínima caerá por debajo de T_c antes de la fecha seleccionada en otoño. La Figura 1.8 muestra un ejemplo de la hoja 'RiesgosOtoño' con la fecha seleccionada de 1 de noviembre y una T_c = 0,0 °C. De nuevo las certidumbres se muestran en un gráfico de columnas. Por ejemplo, hay una certidumbre cercana al 85% de que no habrá temperaturas mínimas por debajo de 0 °C antes del 1 de noviembre durante un período de 5 años. Para un período de 30 años, la certidumbre es únicamente del 35%.

Métodos de cálculo

El programa FriskS.xls primero determina, para cada año, la fecha del último día de primavera en que la temperatura mínima cae por debajo de la temperatura crítica introducida. Después calcula la media (μ_d) y la desviación típica (σ_d) de la última fecha en primavera durante los años registrados. Las probabilidades para la última fecha de helada en primavera se calculan utilizando:

$$P(T_n < T) = 100\left\{1 - exp\left[-exp\left(\frac{d - \beta_d}{\alpha_d}\right)\right]\right\} \qquad \text{Ec. 1.6}$$

donde 'd ' es el día del año, $\alpha_d = \sigma_d / 1{,}283$ y $\beta_d = \mu_d + 0{,}45\ \alpha_d$.

FIGURA 1.7

Certidumbre (%) de que no haya eventos de temperatura mínima cayendo por debajo de T_C después de '20 Marzo' en 5, 10, ... , 30 años (de la hoja y gráfico 'RiesgosPrimavera' del programa FriskS.xls)

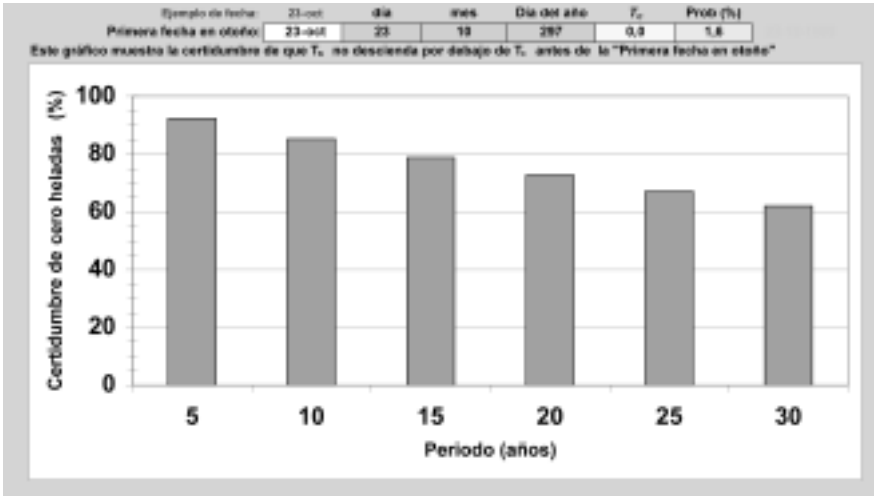
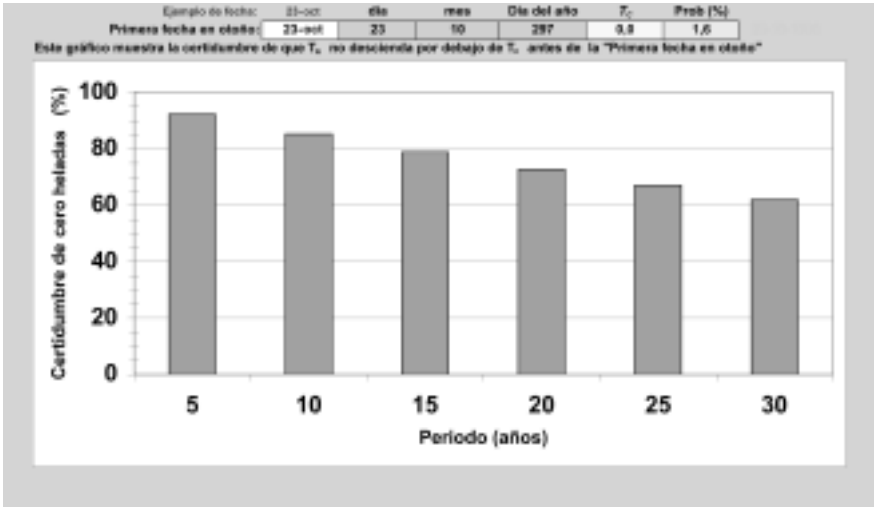


FIGURA 1.8

Certidumbre (%) de que no haya eventos con temperatura mínima cayendo por debajo de T_C antes del 1 de noviembre en 5, 10, ... , 30 años (de la hoja y gráfico 'RiesgosOtoño' del programa FriskS.xls)



Para la primera fecha con temperatura dañina en otoño se calcula la media y la desviación típica sobre los años de registro y las probabilidades se calculan utilizando las mismas ecuaciones para α_d, β_d y $P(T_n < T)$. Los cálculos de la certidumbre para los gráficos 'RiesgosPrimavera' y 'RiesgosOtoño' se hacen utilizando la Ecuación 1.3. Para los cálculos de la estación de crecimiento, las diferencias anuales entre la última fecha en primavera y la primera en otoño se utilizan para calcular la media y la desviación típica del período. Después, se utilizan las mismas ecuaciones usadas para la última fecha en primavera y la primera en otoño para calcular las probabilidades de tener menos días durante la estación de crecimiento.

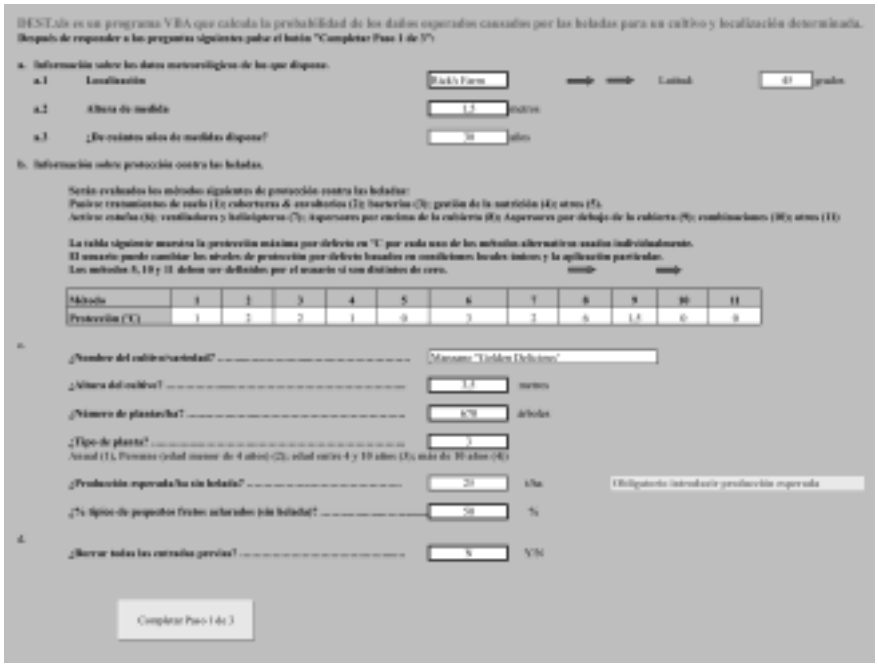
APLICACION DEL ESTIMADOR DE DAÑO (DEST.XLS)

El programa estimador de daño MS Excel 'DEST.xls' se usa para calcular el daño esperado por helada y el rendimiento esperado del cultivo, utilizando datos climáticos específicos del lugar, de temperatura máxima y mínima para cultivos que no tienen protección contra las heladas, y utilizando hasta 11 métodos distintos de protección contra las heladas. En el análisis pueden utilizarse hasta 50 años de datos de temperatura máxima y mínima. Las temperaturas críticas asociadas con un daño del 90% (T_{90}) y del 10% (T_{10}) son los datos de entrada correspondientes a los momentos fenológicos específicos. Se asume que el daño por helada es multiplicativo. Por ejemplo, una helada que causa un daño del 50% seguida de una segunda helada con un daño del 50% resultará en un pérdida de cosecha del 75% (i.e. 50% en la primera helada y 50% de 50% = 25% en la segunda helada). Se asume que el daño está directamente relacionado con la temperatura mínima y que no está relacionado con su duración.

El programa está estructurado en tres pasos. En el primero, las estimaciones de ºC de protección esperadas para los 11 métodos de protección son datos de entrada en la hoja 'EmpezarAquí' (Figura 1.9). A continuación, hay que introducir el nombre del cultivo, la altura del cultivo, las plantas por hectárea, el tipo de planta y el rendimiento esperable sin daños por helada. Si se aplica aclareo al cultivo, hay que entrar el porcentaje de frutos eliminados en la celda apropiada. Si en el cultivo no se aplica aclareo, hay que dejar un 0% en la celda de aclareo. Cuando la aplicación se hace correr de nuevo, escriba 'Y' en la celda "Borrar todas las entradas previas" para eliminar las entradas previas. Hay que dejar la 'N' o teclear 'N' para dejar las entradas mostradas en la hoja, Una vez finalizadas las entradas, hay que presionar 'Completar paso 1 de 3' para continuar con el paso 2.

FIGURA 1.9

Ejemplo de entradas para la hoja 'EmpezarAquí'



En el segundo paso, hay que entrar los datos climáticos de la temperatura máxima y mínima. En la Figura 1.10 se muestra un ejemplo con los datos de temperaturas máximas y mínimas de unos pocos primeros días de algunos años. Únicamente es necesario entrar datos para el período en que sean probables las heladas. Este período debería incluir las fechas en las que hay temperaturas críticas en la tabla incluida en la hoja "Cultivo". Una vez finalizado, hay que presionar en 'Completar paso 2 de 3' para continuar.

Finalmente, el tercer paso es entrar los datos de la temperatura crítica correspondiente a las fechas de los estados fenológicos sensibles. Por ejemplo, la Figura 1.11 muestra la entrada de los datos de T_{90} y de T_{10} y las fechas de los estados fenológicos de manzano cv. Golden Delicious. El programa analizará únicamente los datos entre la primera y la última fecha con estados críticos. Por consiguiente, debería entrarse en "último estadio" tal como se muestra en la Figura 1.11 para identificar el último período.

FIGURA 1.10

Un ejemplo de entrada de temperaturas mínimas y máximas para la hoja 'Meteorología'

Después de introducir los datos meteorológicos, pulsar el botón "Completar paso 2 de 3"

Completar Paso 2 de 3

Especifique la temperatura máxima en la primera columna y la temperatura mínima en la segunda, debajo del año correspondiente a los datos meteorológicos y luego introduzca el año al principio de estas columnas. Asegúrese de introducir los datos durante los períodos relevantes del año por heladas. Deje las casillas en blanco si le faltan datos. Puede entrar hasta 90 años de datos.

Año Bisiesto Fecha	Año Normal Fecha	Día del año	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
			1960		1961		1962		1963		1964	
1-ene	1-ene	1	8,0	-2,3	12,0	2,0	17,6	7,6	18,0	8,0	11,0	1,0
2-ene	2-ene	2	9,0	-1,1	8,0	-2,0	17,5	7,5	13,0	3,0	9,0	-1,0
3-ene	3-ene	3	9,0	-1,0	9,0	-1,0	17,2	7,2	10,0	0,0	9,0	-1,0
4-ene	4-ene	4	10,0	0,2	9,0	-1,0	17,5	7,5	5,2	-4,8	11,0	1,0
5-ene	5-ene	5	10,2	0,3	11,0	1,0	12,0	2,0	6,0	-4,0	11,0	1,0
6-ene	6-ene	6	9,0	-1,0	8,0	-2,0	13,0	3,0	7,0	-2,5	10,0	0,0
7-ene	7-ene	7	9,1	-1,7	7,0	-2,5	17,0	7,0	11,0	1,0	9,0	-1,0
8-ene	8-ene	8	10,4	0,4	19,0	9,0	16,0	6,0	9,0	-1,0	9,5	-0,5
9-ene	9-ene	9	13,0	3,0	19,0	9,0	13,5	3,5	8,3	-1,7	11,5	1,5
10-ene	10-ene	10	13,0	3,0	14,5	4,5	12,0	2,0	6,0	-4,0	13,8	3,8

FIGURA 1.11

Ejemplo de los datos de entrada de T_{90} y de T_{10} correspondientes a las fechas de los estadios fenológicos críticos en la hoja 'Cultivo'

El programa interpola entre T_{10} y T_{90} y entre fechas de desarrollo
Introduzca en la tabla siguiente los datos de desarrollo y sus correspondientes T_{90} y T_{10}
Para ver los resultados una vez rellenada la tabla, pulsar "Completar Paso 3 de 3".

Completar Paso 3 de 3

Location: Rick's Farm
Cultivo: Museum "Golden Delicious"

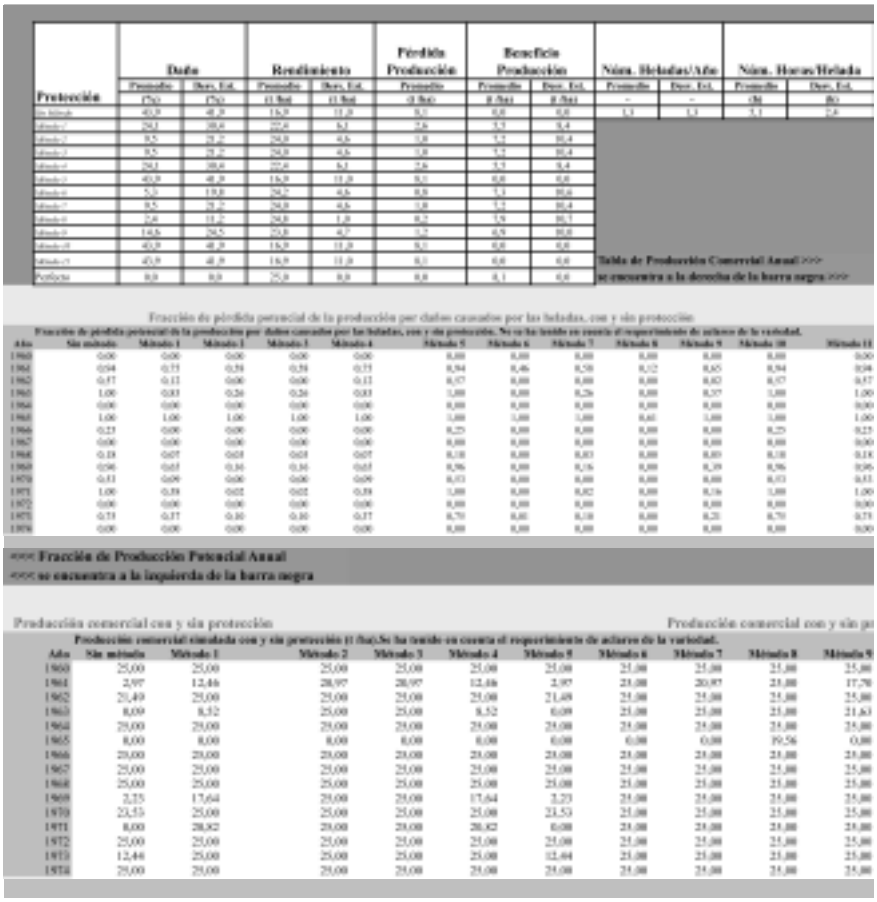
Estadio de Desarrollo	estadio 1	estadio 2	estadio 3	estadio 4	estadio 5	estadio 6	estadio 7	estadio 8	estadio 9	estadio 10
	Ojiva marrón – Yema invernal	Yema hinchada	Yema bicolorada	Aparición del corimbo floral	Pétalos visibles (puntas rojas)	Comienzo de la floración (1-2 flores abiertas)	Plena floración (75% de flores abiertas)	Caída de pétalos	Último estadio	
Día del año	48	51	60	68	76	77	84	90	121	
T_{90} (°C)	-18,2	-18,3	-12,3	-8,5	-6,5	-4,5	-5,3	-3,6	-3,0	
T_{10} (°C)	-13,5	-8,1	-6,2	-4,8	-3,4	-2,8	-3,5	-1,8	-1,9	
Entrar Fecha (p.ej. 7-Abr)	15-feb	20-feb	29-feb	5-mar	14-mar	17-mar	24-mar	30-mar	30-abr	

Una vez se ha finalizado con la hoja 'Cultivo', presiona sobre 'Completar paso 3 de 3' y la aplicación muestra los resultados en la hoja 'Resultados' donde se puede encontrar:

1. Una tabla del porcentaje anual de daño por helada en el fruto para un cultivo no protegido y para los 11 métodos de protección (Figura 1.12).

FIGURA 1.12

Ejemplo de la hoja 'Resultados' que muestra las medias y las desviaciones típicas del porcentaje de daño y del rendimiento para los 11 métodos de protección y sin protección



Protección	Daño		Rendimiento		Pérdida Producción	Beneficio Producción			Núm. Heladas/Año		Núm. Horas/Helada	
	Promedio (%)	Desv. Est. (%)	Promedio (t /ha)	Desv. Est. (t /ha)	Promedio (t /ha)	Promedio (t /ha)	Desv. Est. (t /ha)		Promedio -	Desv. Est. -	Promedio (h)	Desv. Est. (h)
Sin método	40,9	48,9	16,9	11,0	8,1	0,0	0,0		1,1	1,1	3,1	2,6
Método 1	29,1	38,6	22,4	8,1	2,6	1,5	3,4					
Método 2	8,5	21,2	24,8	4,6	0,0	1,5	10,4					
Método 3	8,5	21,2	24,8	4,6	0,0	1,5	10,4					
Método 4	29,1	38,6	22,4	8,1	2,6	1,5	3,4					
Método 5	40,9	48,9	16,9	11,0	8,1	0,0	0,0					
Método 6	5,3	13,0	24,7	4,6	0,0	1,1	10,4					
Método 7	8,5	21,2	24,8	4,6	0,0	1,5	10,4					
Método 8	2,6	11,2	24,8	1,8	0,2	1,9	10,7					
Método 9	14,6	34,5	23,8	6,7	1,2	0,9	10,0					
Método 10	40,9	48,9	16,9	11,0	8,1	0,0	0,0					
Método 11	40,9	48,9	16,9	11,0	8,1	0,0	0,0					
Perfecta	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,1	0,0					

Tabla de Producción Comercial Anual >>>
se encuentra a la derecha de la barra negra >>>

Fracción de pérdida potencial de la producción por daños causados por las heladas, con y sin protección

Fracción de pérdida potencial de la producción por daños causados por las heladas, con y sin protección. No se ha tenido en cuenta el requerimiento de aclareo de la variedad.

Año	Sin método	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4	Método 5	Método 6	Método 7	Método 8	Método 9	Método 10	Método 11
1960	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1961	0,94	0,75	0,58	0,58	0,75	0,94	0,46	0,58	0,12	0,65	0,94	0,94
1962	0,57	0,12	0,00	0,00	0,12	0,57	0,00	0,00	0,00	0,02	0,57	0,57
1963	1,00	0,03	0,26	0,26	0,03	1,00	0,00	0,26	0,00	0,37	1,00	1,00
1964	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1965	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,65	1,00	1,00	1,00
1966	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25
1967	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1968	0,18	0,07	0,03	0,03	0,07	0,18	0,00	0,03	0,00	0,03	0,18	0,18
1969	0,96	0,65	0,36	0,36	0,65	0,96	0,00	0,36	0,00	0,39	0,96	0,96
1970	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,11
1971	1,00	0,39	0,02	0,02	0,39	1,00	0,00	0,02	0,00	0,16	1,00	1,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1973	0,73	0,37	0,10	0,10	0,37	0,73	0,00	0,10	0,00	0,22	0,73	0,73
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

<<< Fracción de Producción Potencial Anual
<<< se encuentra a la izquierda de la barra negra

Producción comercial con y sin protección

Producción comercial con y sin pr

Producción comercial simulada con y sin protección (t /ha). No ha tenido en cuenta el requerimiento de aclareo de la variedad.

Año	Sin método	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4	Método 5	Método 6	Método 7	Método 8	Método 9
1960	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
1961	2,97	12,46	28,97	28,97	12,46	2,97	23,00	20,97	23,00	17,78
1962	21,49	25,00	25,00	25,00	25,00	21,49	25,00	25,00	25,00	25,00
1963	8,09	8,52	25,00	25,00	8,52	0,09	25,00	25,00	25,00	21,63
1964	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
1965	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,56	0,00
1966	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
1967	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
1968	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
1969	2,75	17,64	25,00	25,00	17,64	2,75	25,00	25,00	25,00	25,00
1970	23,55	25,00	25,00	25,00	25,00	23,55	25,00	25,00	25,00	25,00
1971	8,00	28,82	25,00	25,00	28,82	0,00	25,00	25,00	25,00	25,00
1972	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
1973	12,44	25,00	25,00	25,00	25,00	12,44	25,00	25,00	25,00	25,00
1974	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00

En la hoja de cálculo se muestra también la fracción de pérdida de producción potencial debido al daño por helada y la producción comercial para cada año y método de protección. En la aplicación DEST.xls, se muestra la parte inferior de la tabla a la derecha de la tabla del medio.

2. Una tabla del rendimiento anual en toneladas por hectárea para el cultivo no protegido y para los 11 métodos de protección. Si en la hoja 'EmpezarAquí' se ha entrado un porcentaje de frutos aclarados, no hay reducción del rendimiento hasta que ese porcentaje de frutos se ha perdido primero debido a daño por helada. Por ello, si hay una helada, se asume que el daño

por helada aclara el cultivo y únicamente las pérdidas adicionales al aclareo afectarán al rendimiento final.

3. Una tabla resumen con medias y desviaciones típicas anuales del porcentaje de pérdidas de frutos, y medias y desviaciones típicas de los rendimientos del cultivo (Figura 1.12).
4. En la tabla resumen se muestran la media y la desviación típica del número de heladas y de su duración.

En este capítulo se investiga el cálculo del riesgo físico de daño por helada, y se presenta cómo utilizar e interpretar el calculador de riesgo de daño físico de helada (DEST.xls). En el próximo capítulo, se investiga y se evalúa, en términos económicos, la decisión financiera de si hay que implementar o no la protección contra las heladas. El concepto de riesgo es, en consecuencia, extendido desde el riesgo físico al riesgo financiero. Se presenta un programa de ordenador personal para ayudar en la toma de decisiones.

CAPÍTULO 2

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS MÉTODOS DE PROTECCIÓN

INTRODUCCIÓN

Los problemas financieros aparecen, a menudo, por malas inversiones en tierra, maquinaria, edificaciones y otros activos de capital. La decisión de adoptar un método de protección en particular supone un problema similar. Algunas tecnologías de protección contra las heladas implican grandes inversiones de capital, a menudo con fondos prestados, que requieren el reintegro del capital y del interés. Otras pueden implicar pequeñas inversiones iniciales en equipos, pero con unos elevados gastos variables de funcionamiento. Cada tecnología debe evaluarse sobre una base financiera común después de impuestos, en el caso que sea aplicable, que contabilice de forma adecuada todos los costes anuales de la protección[1]. De esta manera, el agricultor es capaz de elegir por si mismo la tecnología que mejor se adapte a sus circunstancias financieras (i.e. el agricultor está mejor capacitado para juzgar los beneficios y los costes financieros de la protección contra las heladas). Los grandes desembolsos de capital, combinados con el riesgo inherente a una inversión a largo plazo, un endeudamiento elevado y los impactos meteorológicos aleatorios acentúan el riesgo en una economía cambiante. Una decisión poco recomendable de adopción de un determinado método de protección contra las heladas puede tener unas consecuencias graves y duraderas.

Antes de comprometer capital para la protección contra las heladas, debería llevarse a cabo un análisis financiero minucioso. Este análisis financiero identificará aquellas inversiones con el potencial para el mejor resultado financiero posible. En general, para que una inversión sea segura debe satisfacer tres criterios:

- Debe ser rentable.
- Los flujos de caja deben ser viables desde el punto de vista financiero.
- El riesgo debe ser compatible con las preferencias y la situación financiera del inversor.

1. La mayoría de países de renta media y alta aplican impuestos a los agricultores. Los diferentes costes de producción son gastos deducibles que reducen la cuota a pagar del impuesto sobre la renta. Esta práctica es menos común en los países más pobres, donde se aplican impuestos sobre las ventas de factores de producción y productos.

El análisis económico de la protección contra las heladas se complica por la naturaleza aleatoria o estocástica de la meteorología y por ello la naturaleza estocástica de los beneficios netos (i.e. beneficios menos costes) que se derivan de la adopción de una tecnología de protección contra las heladas específica. De ello resulta que el riesgo es un elemento fundamental de la decisión financiera de adoptar la protección contra las heladas, mientras que el riesgo a menudo juega un papel menos prominente en el análisis de muchas inversiones agrícolas. Sin embargo, puede que no seamos capaces de evaluar el riesgo financiero a la hora de adoptar una decisión, a no ser que estén disponibles datos adecuados de temperatura máxima y mínima (por ejemplo, con series de tiempo de 20 a 50 años) para capturar la naturaleza estocástica del daño y de la protección frente a heladas. Es por esta razón que el proceso de toma de decisiones que se presenta aquí implica dos niveles de análisis.

Siempre que los datos meteorológicos disponibles sean insuficientes, lo cual es normal en las zonas menos desarrolladas del mundo, el análisis financiero debe ser por defecto de coste - efectividad - el método de menor coste para alcanzar un nivel dado de protección (medido en grados de temperatura). La efectividad en los costes asume que el número de eventos de helada, su duración y la extensión del daño se conocen con una certeza razonable, presumiblemente en su valor medio o esperado. Cada uno de los métodos de protección contra las heladas que proporcionan una determinada cantidad de protección es simplemente ordenado desde el coste anual esperado más bajo hasta el más alto.

Cuando quiera que existan datos meteorológicos suficientes, el análisis económico debería incorporar los elementos estocásticos de la frecuencia, duración y temperatura de los sucesos de helada y con ello la naturaleza estocástica de los beneficios netos (por ejemplo la rentabilidad adicional) que derivan de adoptar una tecnología en particular. Los métodos de protección contra las heladas que proporcionan unos determinados grados mínimos de protección son ordenados en orden descendente de los beneficios netos esperados. La distribución estocástica de los beneficios netos también debe caracterizarse adecuadamente si un agricultor tiene que tomar una decisión inteligente con relación al grado de riesgo financiero aceptable. Debería tenerse en cuenta que los beneficios netos o el incremento de la rentabilidad se miden con las técnicas de flujos de caja descontados después de impuestos, que ajustan el impacto del tiempo sobre el valor del dinero. Una unidad monetaria, por ejemplo un dólar de los EE.UU., valdrá más de un dólar en algún momento en el futuro ya que existen usos alternativos para el capital; la inflación devalúa la capacidad de compra; y el futuro es inherentemente incierto. Un análisis financiero útil de

la decisión de adoptar un método de protección contra heladas duradero requiere minimizar la influencia del tiempo expresando la corriente de beneficios y costes en términos de unidades monetarias de "valor presente" o actual (e.g. valor presente o dólares *VP*[2]).

La tasa de descuento utilizada para eliminar la influencia del tiempo en los valores monetarios futuros es el coste de oportunidad del capital ajustado por la inflación. Quizás lo más fácil sea pensar en la tasa de descuento como la tasa de rendimiento que el capital podría obtener en la siguiente mejor alternativa de inversión del agricultor.

Los beneficios netos de la protección contra las heladas se calculan como los valores presentes anualizados después de impuestos[3]. La anualización permite comparar las inversiones para diferentes vidas de los activos. Es el equivalente financiero de calcular el promedio de la sucesión financiera de diferentes cantidades anuales y diferente número de años. Este proceso hace directamente comparables los valores presentes anualizados de los métodos de protección contra las heladas.

Medidas alternativas de rentabilidad, como la tasa interna de rendimiento o la tasa de rendimiento realizable (tasa interna de rendimiento modificada), no se examinan. El comportamiento de los flujos de caja (por ejemplo si la inversión en la protección contra las heladas se podrá recuperar dentro de la vida útil esperada de los bienes o si la deuda puede recuperarse antes de que el préstamo venza) se deja para un análisis financiero más detallado[4].

Lo que queda del capítulo se dedica a la presentación de un programa de ordenador personal (FrostEcon.xls) para ayudar a los agricultores, en cualquier parte del mundo, a realizar análisis coste-efectividad y del riesgo esencial para tomar decisiones financieras sensatas en relación con la adopción de métodos de protección contra las heladas. El programa está realizado en una plataforma de Microsoft Excel para facilitar un amplio uso, con un período de iniciación y de aprendizaje mínimo. Las macros de Visual Basic guían al usuario a través del

2. El valor presentel de una cantidad futura de dinero se calcula como $VP = (1+i)^{-n}\ VF$ donde i es la tasa de descuento, n es el número de años y VF es el valor futuro o la cantidad de dinero en algún momento del futuro.
3. Las inversiones de diferente duración tienen diferentes valores presentes de los factores de anualidad (*VPFA*). El valor presente neto anualizado de una inversión se calcula como $VPNA = VPN / VPFA = VPN / (1-(1+i)^{-n})/i$, donde *VPN* es el valor presente, i es la tasa de descuento y n es el número de años. Hay que tener en cuenta que el valor presente anualizado de un pago, coste o beneficio neto constante es simplemente el importe constante de valor actual.
4. Se anima al lector interesado a consultar programas de gestión financiera más genéricos, como por ejemplo: Hinman, H.R. and Boyer, J. *FINANCE: A Computer Programa to Analyze Agricultural Investments*, ver.3.0, CD0005. Cooperative Extension, Washington State University, November 2002. Copias disponibles en la red en http://pubs.wsu.edu/.

programa y de las simulaciones internas. Es útil tener una cierta familiaridad con Microsoft Excel y con los conceptos financieros básicos, o la asistencia de un profesional cualificado. Se empieza con una visión general del modelo y a continuación se ilustra cada uno de los componentes tomando como ejemplo una plantación de manzanos de 10 ha, cv. Golden Delicious.

VISIÓN GENERAL DEL MODELO

El modelo de decisión FrostEcon.xls consiste en cuatro secciones interconectadas. La primera sección, datos iniciales, enlaza parámetros típicos, específicos de las explotaciones, con las posteriores secciones. Por ejemplo, aquí se especifican el tamaño de la explotación, la información sobre las heladas y la información financiera. La segunda sección contiene la lista de los nueve métodos de protección contra las heladas; todos o algunos pueden examinarse para su análisis. La tercera sección contiene los presupuestos de los distintos métodos de protección. La cuarta, y última, sección contiene archivos de los informes que resumen los resultados de la eficacia en costes y/o del análisis de riesgo. El usuario es trasladado automáticamente a la siguiente sección una vez se ha completado la presente sección.

A continuación de la introducción de los datos que inicializan los presupuestos de los métodos específicos de protección contra las heladas y los análisis posteriores, el proceso de presupuesto se muestra para una única tecnología de protección, en el ejemplo la de los ventiladores con motor eléctrico. En el apéndice se presentan los presupuestos de las ocho tecnologías restantes. Las consideraciones de la financiación después de impuestos aparecen por primera vez durante el proceso de presupuestar. A continuación se ilustran los elementos financieros esenciales del análisis de la eficacia en los costes o del análisis del riesgo a través de ejemplos.

Se recuerda que este programa está diseñado para ayudar a los agricultores a tomar decisiones económicas racionales, con independencia del país de origen. En consecuencia la configuración del programa de ordenador es genérica, implicando menos especificidad que de otra manera hubiera podido ocurrir si se hubiera desarrollado para una explotación en particular, en un país en concreto. Todos los costes de la protección deberían tenerse en cuenta, únicamente, como ilustrativos. Los presupuestos se desarrollaron teniendo en cuenta los costes representativos que podrían darse en el oeste de los EE.UU. para manzanos, cv. Golden Delicious. Obviamente, todos los costes son específicos del lugar y de la aplicación; el coste de la mano de obra en California varía de forma importante con el que se da en Portugal o en cualquier otro país. El usuario puede cambiar

cualquiera de los costes para adaptar los presupuestos a las condiciones o aplicaciones locales. De forma similar, las leyes fiscales específicas no se han incluido en el programa. Los usuarios son simplemente preguntados acerca de la deducción impositiva de los bienes de capital, los costes variables y los pagos del interés, y después se les pregunta para determinar el tipo impositivo aplicable, si procede. Los cálculos después de impuestos se basan en las diversas combinaciones de posibles respuestas a las preguntas generales sobre impuestos que inicializan el análisis. La depreciación se asume lineal.

Para seguir con facilidad el prototipo de presupuestos se utiliza un código de colores. El usuario encontrará muchas celdas protegidas contra la escritura, mientras que otras pueden ser modificadas. Los presupuestos implican cuatro elementos distintos: datos de inicialización; los costes de inversión del capital inicial; los costes variables de funcionamiento anuales; y una sección resumen del coste total anual que incorpora tanto el coste del capital anualizado como el coste variable anualizado. La sección resumen presenta, en el caso que sea aplicable, tanto el valor presente (VP) de los gastos anualizados como el valor presente (VP) de los gastos después de impuestos anualizados.

La disponibilidad de datos de temperatura mínima y máxima nos dicta si el análisis está limitado al coste-efectividad o si se realiza un análisis completo del riesgo. Durante la inicialización de los datos, al usuario se le piden los datos meteorológicos compatibles. Si se dispone de 20 a 50 años de datos meteorológicos se puede llevar a cabo un análisis del riesgo. De otra manera, el programa genera únicamente una tabla de la eficacia en costes, en la cual los métodos de protección contra las heladas son ordenados de acuerdo al menor coste anual para alcanzar un nivel de protección específico. Si se dispone de datos meteorológicos adecuados para el análisis del riesgo, el programa enlaza con el modelo de cálculo del daño o del riesgo de producción descrito en el Capítulo 1. El submodelo que calcula el daño genera la media y la desviación típica del número de heladas por años y el promedio de horas de duración, ajustando para la temperatura y estadio de crecimiento de la planta. Este submodelo también corre en un segundo plano para proporcionar varias estadísticas de las pérdidas estimadas de cosecha y los rendimientos reales para las tecnologías seleccionadas, donde los requerimientos de aclareo del cultivo son tenidos en cuenta. Si no se dispone de los datos meteorológicos adecuados, se debe especificar el número medio de heladas por año y su duración media.

Se mostrará más tarde que el riesgo financiero de la protección contra las heladas no está caracterizado adecuadamente por el primer y segundo momentos (media y desviación típica) de la distribución de beneficios netos. Se presenta una

caracterización alternativa del riesgo que proporciona a los agentes decisores una adecuada información para hacer valoraciones razonadas de los conflictos entre los beneficios netos esperados y el riesgo asociado de pérdida o ganancia.

Inicialización

La primera hoja de cálculo (Figuras 2.1.a y 2.1.b) en el programa de análisis financiero inicializa los análisis posteriores. Hay cuatro elementos de inicialización: la leyenda; la información general; el número y la duración de las heladas por año; y el input financiero. Una vez que la hoja está completa, el usuario debe presionar el botón "Continuar" en la parte inferior para proceder al siguiente paso del análisis. Todas las hojas de cálculo posteriores y los análisis son automáticamente actualizados o enlazados, o ambos, a los datos de esta inicialización cuando se utilizan para varios cálculos.

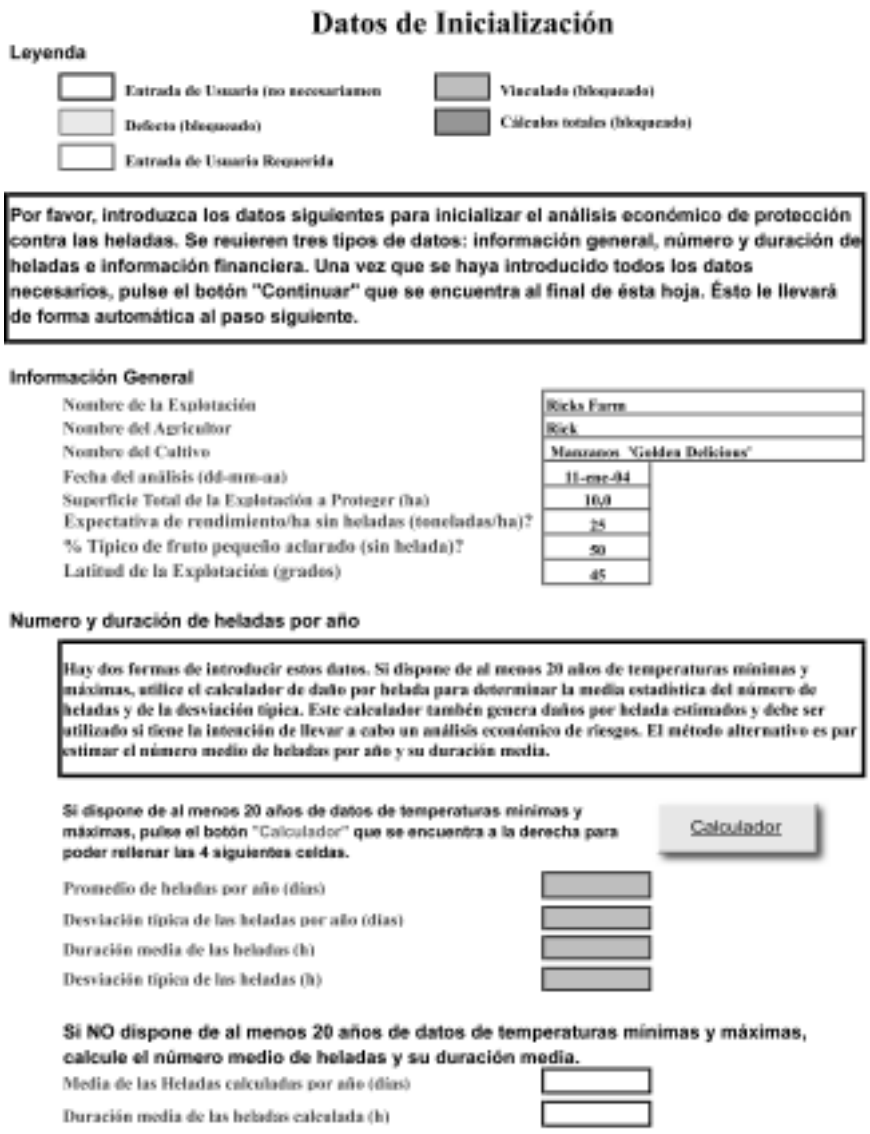
La leyenda indica el tipo de código de colores utilizados a lo largo del libro para identificar los diferentes tipos de celdas. Las celdas con el recuadro de color negro permiten al usuario introducir un dato, pero el dato no es necesariamente obligatorio. Este tipo de celda incluye tanto celdas vacías como celdas que contienen valores previamente introducidos o valores de ejemplo. Está permitido pasar por alto los valores de las celdas que no están vacías. Las celdas amarillas son valores por defecto que están bloqueados y no pueden cambiarse. Estos valores por defecto se presentan con frecuencia en columnas ocultas y por ello el usuario puede hacer referencia a ellos cuando sea necesario, especialmente cuando se confeccionan los presupuestos. Las celdas con el contorno en rojo requieren una entrada del usuario. Las celdas grises con el contorno en azul están enlazadas con otras partes de la hoja o del libro y bloqueadas. Finalmente, las celdas azul brillante con el contorno en azul indican cálculos internos y están bloqueadas.

Se requiere que el usuario suministre información general de ocho elementos. Parte de esta información tiene únicamente un propósito de identificación (nombre de la explotación, usuario, fecha de preparación) pero otros elementos (i.e. cultivo, área de protección, rendimiento esperado sin protección, porcentaje típico de frutos pequeños eliminados por aclareo, y latitud de la explotación) son críticos para los análisis posteriores.

Para determinar si el análisis que procede es el de eficacia en los costes o un análisis de riesgo, es esencial disponer del número y la duración de las heladas por año. Hay dos maneras de introducir el número y la duración de heladas por año. Si se dispone al menos de 20 años de temperatura máxima y mínima, un botón "Calculador" enlaza al usuario directamente con el calculador de daño por heladas (ver Capítulo 1) para determinar la media estadística del número y

FIGURA 2.1a

Sección superior de la hoja de inicialización



Datos de Inicialización

Leyenda

- Entrada de Usuario (no necesariamente)
- Defecto (bloqueado)
- Entrada de Usuario Requerida
- Vinculado (bloqueado)
- Cálculos totales (bloqueado)

Por favor, introduzca los datos siguientes para inicializar el análisis económico de protección contra las heladas. Se reuieren tres tipos de datos: información general, número y duración de heladas e información financiera. Una vez que se haya introducido todos los datos necesarios, pulse el botón "Continuar" que se encuentra al final de ésta hoja. Ésto le llevará de forma automática al paso siguiente.

Información General

Nombre de la Explotación	Ricks Farm
Nombre del Agricultor	Rick
Nombre del Cultivo	Manzanas "Golden Delicious"
Fecha del análisis (dd-mm-aa)	11-ene-04
Superficie Total de la Explotación a Proteger (ha)	10,0
Expectativa de rendimiento/ha sin heladas (toneladas/ha)?	25
% Tipico de fruto pequeño aclarado (sin helada)?	50
Latitud de la Explotación (grados)	45

Numero y duración de heladas por año

Hay dos formas de introducir estos datos. Si dispone de al menos 20 años de temperaturas mínimas y máximas, utilice el calculador de daño por helada para determinar la media estadística del número de heladas y de la desviación típica. Este calculador también genera daños por helada estimados y debe ser utilizado si tiene la intención de llevar a cabo un análisis económico de riesgos. El método alternativo es par estimar el número medio de heladas por año y su duración media.

Si dispone de al menos 20 años de datos de temperaturas mínimas y máximas, pulse el botón "Calculador" que se encuentra a la derecha para poder rellenar las 4 siguientes celdas.

Calculador

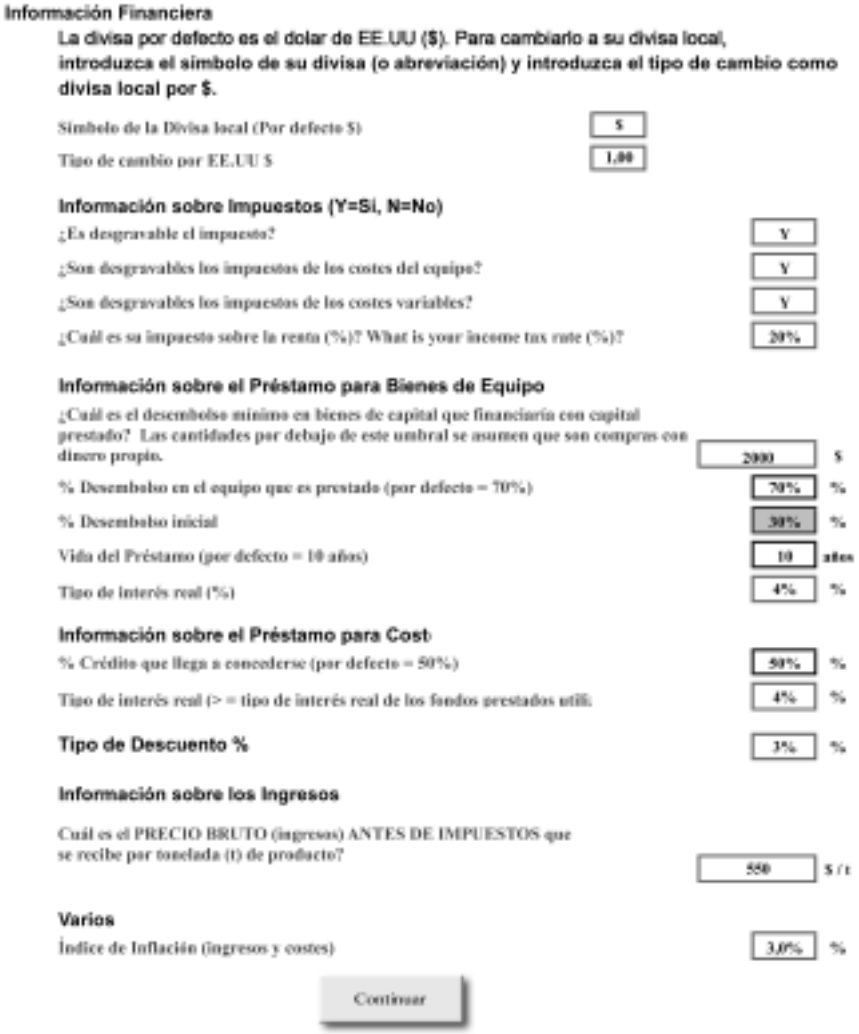
Promedio de heladas por año (días)	
Desviación típica de las heladas por año (días)	
Duración media de las heladas (h)	
Desviación típica de las heladas (h)	

Si NO dispone de al menos 20 años de datos de temperaturas mínimas y máximas, calcule el número medio de heladas y su duración media.

Media de las Heladas calculadas por año (días)	
Duración media de las heladas calculada (h)	

FIGURA 2.1b

Sección inferior de la hoja de inicialización



duración de las heladas y sus desviaciones típicas. Cuando no se dispone de suficientes datos meteorológicos, el usuario debe estimar el número medio de heladas por año y la duración media. Únicamente puede elegirse una de las alternativas para introducir el número medio de heladas por año y su duración

media por noche. Como en el ejemplo se dispone de treinta años de datos, el calculador de daño calculó la media y la desviación típica del número de eventos (2,1 días y 1,9 días) y de la duración (5,5 hrs y 2,4 hrs), respectivamente.

La sección final de la hoja de inicialización se refiere a datos financieros que son utilizados para calcular los valores actuales de los beneficios netos después de impuestos anualizados. Esta sección está compartimentada en siete subdivisiones. Algunos datos de entrada son requeridos para todos los usuarios (celdas con el recuadro rojo); otros en cambio no se requieren a todos los usuarios (celdas con el recuadro negro). Como los elementos de las siete subdivisiones no se han discutido previamente y son vitales para entender el análisis económico posterior, cada subdivisión se discute más abajo.

La moneda por defecto que se usa en este programa es el dólar de EE.UU. ($). Una aplicación universal, sin embargo, requiere flexibilidad para cambiar la moneda por defecto a la moneda local y, automáticamente, actualizar todos los valores expresados en $ a valores expresados en las monedas locales. La conversión de moneda se realiza en dos pasos. Primero, debe estipularse el símbolo de la moneda local o su nombre y, segundo, debe especificarse el tipo de cambio (i.e. el ratio entre la moneda local y 1 $ EE.UU.). Si la moneda local es el $, debe estipularse como tal y el tipo de cambio es 1,00 (i.e. $/$). Una vez se especifica una moneda local, los símbolos de la nueva moneda y los valores monetarios que reflejan el tipo de cambio se aplicarán automáticamente a lo largo del análisis.

Los cálculos después de impuestos, en el caso de ser aplicables, se basan en los datos especificados por el usuario en esta subdivisión. Como se ha indicado con anterioridad, la mayoría de países con rentas medias y elevadas recaudan impuestos sobre la renta a los agricultores. A menudo, los diversos costes de producción (e.g. costes de capital, costes variables o de funcionamiento anual, y costes de los intereses) son gastos deducibles de los impuestos que reducen la obligación del impuesto sobre la renta. Como esta práctica no es universal, la inicialización requiere que el usuario estipule si alguno de los tres tipos de gastos es deducible de los impuestos. También se requiere que el usuario estipule el tipo impositivo marginal apropiado como un porcentaje, que, en caso de no aplicarse el impuesto sobre la renta, es del 0%[5]. En este ejemplo, todos los gastos son deducibles de impuestos a un tipo del 20%.

5. Esta simplificación evita cualquier intento de capturar las complejidades de las leyes impositivas que difieren entre países. Por consiguiente, los cálculos después de impuestos deberían considerarse únicamente como una guía aproximada para la adopción de decisiones. Se aconseja que el usuario consulte un asesor fiscal.

Las dos siguientes subdivisiones financieras (información sobre el préstamo para bienes de equipo e información sobre el préstamo para los costes variables) son esenciales para calcular el valor presente anualizado de las sucesivas corrientes de gastos después de impuestos. Los bienes de equipo pueden o no estar financiados a débito, dependiendo del coste, y el umbral de coste que define cuándo las empresas financiarán la compra de equipo varía entre las empresas. En consecuencia, se pide al usuario que especifique algunos parámetros del préstamo. Primero, el usuario debe especificar el desembolso mínimo en bienes de capital que sería financiado con capital prestado. Las cantidades por debajo de este umbral se asumen que son compras con dinero propio. Todas las cantidades por encima del umbral están financiadas con una combinación de fondos prestados y pagos al contado. Se especifica a modo ilustrativo un umbral de 2 000 $, que puede cambiarse por el usuario. Si el equipo es financiado a débito, el usuario debe especificar el porcentaje de desembolso en el equipo que es prestado (por defecto es 70%); el porcentaje de desembolso inicial se calcula como 1 menos la fracción prestada. La vida del préstamo también debe especificarse (por defecto es de 10 años). Finalmente, debe especificarse el tipo de interés como el "tipo de interés real" (i.e. el tipo del mercado menos la tasa de inflación). La utilización del tipo de interés real simplifica los cálculos financieros posteriores. El tipo de interés real del capital prestado para la compra de equipos es del 4% en este ejemplo.

Todos los costes variables pueden financiarse con un préstamo operativo o con una línea de crédito para la producción del año en curso. Se asume que el crédito medio que llega a concederse es del 50%, aunque el usuario puede cambiar este valor por defecto. Todos los gastos variables, incluyendo los pagos de intereses, son devueltos en un único año. El tipo de interés real del crédito concedido, del 4% en este ejemplo, debe ser especificado por el usuario y normalmente es mayor o igual que el tipo de interés real de los fondos prestados utilizados para financiar el capital para la compra del equipo.

La parte final de la información esencial especificada por el usuario es el precio bruto (ingreso) esperado antes de impuestos obtenido por tonelada (t) de producto. Este precio es el precio medio ponderado pagado por tonelada de manzanas frescas o procesadas. Se utiliza en el cálculo de los beneficios de la protección contra las heladas siempre que se realiza el análisis de riesgo. En este ejemplo, se asume que el precio medio ponderado de las manzanas Golden Delicious es de 550 $/t.

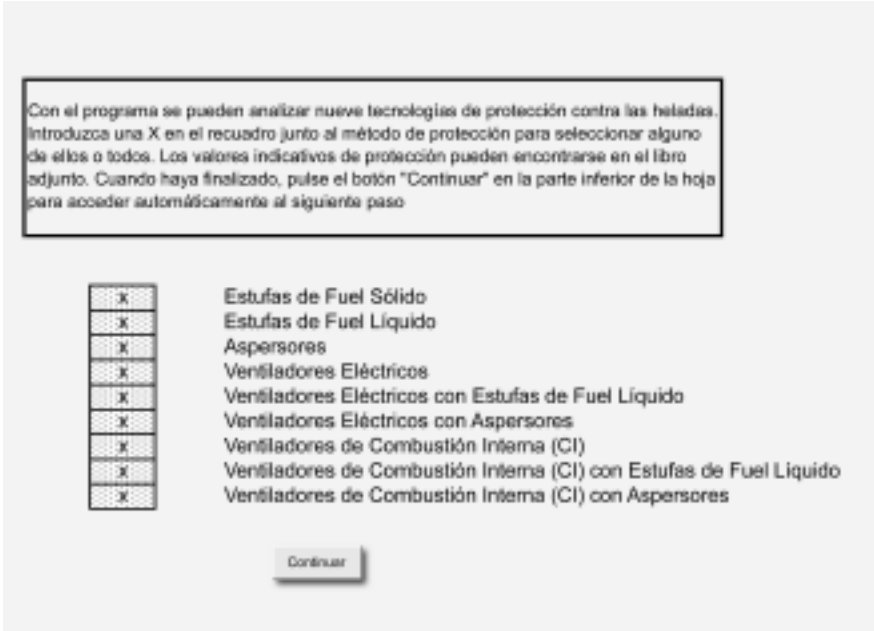
También se pide al usuario que especifique la tasa media de inflación, aunque esta información no es incorporada actualmente en los análisis posteriores. Una vez completada la entrada de datos de la inicialización, el usuario debería presionar el botón "Continuar" para moverse a la siguiente hoja.

Selección de Tecnología

Con este programa se pueden analizar nueve tecnologías de protección contra las heladas. Sin embargo, no todas las tecnologías son apropiadas o de interés para todos los usuarios. El usuario puede seleccionar alguno o todos los métodos de protección contra las heladas a analizar colocando una X en el recuadro junto al método de protección (Figura 2.2). Los métodos sin seleccionar no serán analizados. Es importante entender que hay un coste en comprobar todas las tecnologías. Aunque los presupuestos prototipo son preparados para cada tecnología, son necesarios los cambios en los elementos del presupuesto para reflejar los costes y las condiciones locales. Por ejemplo, los salarios horarios deben reflejar las condiciones locales. Puede ser necesario también adecuar los costes de los equipos a los mercados locales y aplicaciones específicas. Tales cambios son esenciales para disponer de forma precisa el análisis de la eficacia en costes o del riesgo de la protección contra las heladas. El programa está desarrollado para proporcionar un proceso mecánico flexible y sencillo para

FIGURA 2.2

Hoja 'SelecciónTec'



adaptar los presupuestos. Sin embargo, conseguir datos de costes específicos de una localidad puede suponer un consumo de tiempo. En el ejemplo se examinan todas las tecnologías.

Una vez se han seleccionado las tecnologías debería presionarse el botón "Continuar" en la parte inferior de la hoja 'SelecciónTec'. El usuario será dirigido hacia los presupuestos de cada uno de los métodos de protección contra las heladas seleccionados, de uno en uno.

Presupuestos

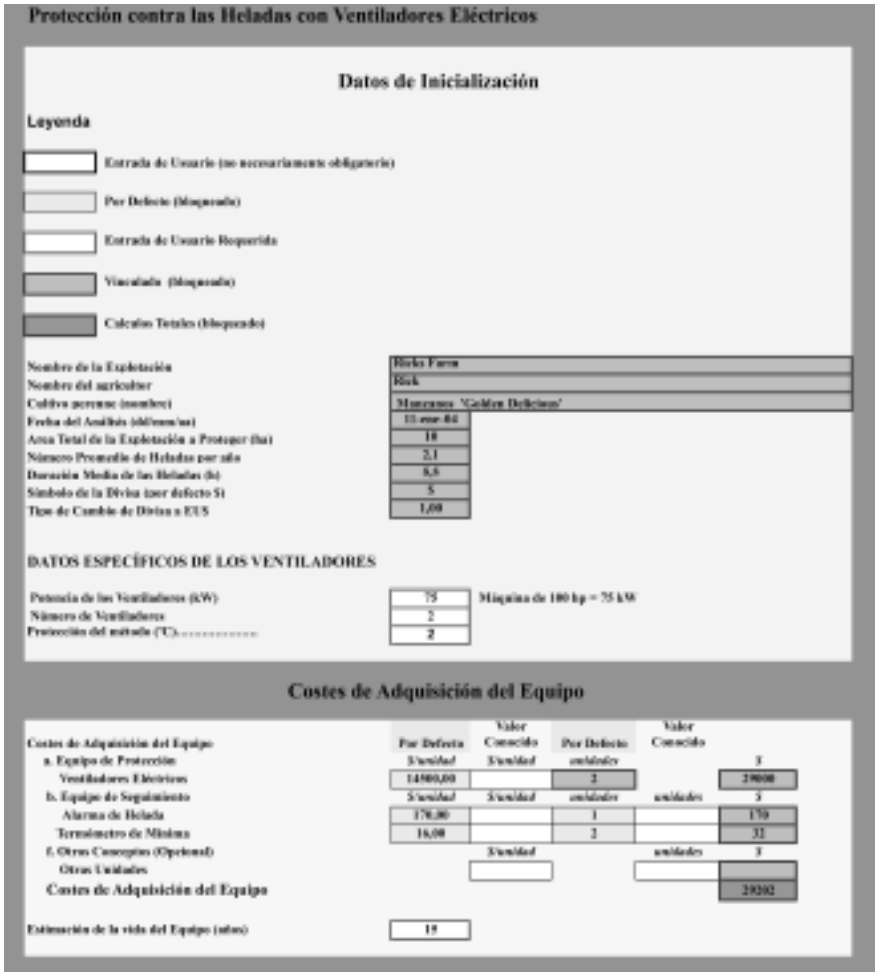
La estructura de los presupuestos para cada método de protección es idéntica. Cada presupuesto empieza con un nuevo planteamiento de los datos copiados y bloqueados desde la primera sección de la hoja Inicialización, seguido por algún dato de inicialización específico del método que define la tecnología de la protección contra las heladas. Por ejemplo, los ventiladores eléctricos pueden comprarse en una variedad de potencias y tamaños. Si la especificación por defecto se considera inapropiada, el usuario puede revisar los datos específicos del ventilador para reflejar el diseño que está siendo evaluado (e.g. el número requerido de ventiladores de un tamaño específico para proteger la explotación y los grados estimados de protección). En el Capítulo 7 (Volumen I) puede encontrarse una guía sobre los grados de protección que ofrece cada método.

El cuerpo de cada presupuesto comprende tres secciones adicionales: costes de adquisición del equipo, costes variables anuales y un resumen del coste anual total. Los costes de adquisición de equipo y los costes variables anuales de funcionamiento deben ajustarse para reflejar las especificaciones y modo de aplicación de esta tecnología concreta. Las etiquetas de las filas en las columnas B y C definen los distintos elementos que componen el coste; los costes unitarios asociados, el número de unidades por explotación y los costes totales por explotación vienen dados en las columnas D a I. La sección Resumen del Coste Anual Total tiene un formato ligeramente distinto. Las etiquetas de las filas se dan en las columnas B a F, y los datos resumen del coste se calculan en la columna I.

El proceso del presupuesto se ilustra en las Figuras 2.3.a y 2.3.b para una única tecnología de protección contra las heladas: los ventiladores de motor eléctrico. Se anima al usuario a poner atención en todos los comentarios incluidos en las celdas a lo largo de los presupuestos. Debería recordarse que el ejemplo numérico es ilustrativo, reflejando una aplicación hipotética de una plantación de 10 ha. Los costes reales pueden variar ampliamente con respecto a este ejemplo. En el Apéndice se proporcionan las hojas de presupuesto para los otros ocho métodos de protección contra las heladas.

FIGURA 2.3a

Sección superior de la hoja de presupuesto para ventiladores eléctricos



Protección contra las Heladas con Ventiladores Eléctricos

Datos de Inicialización

Leyenda

Entrada de Usuario (no necesariamente obligatoria)

Por Defecto (bloqueado)

Entrada de Usuario Requerida

Vinculado (bloqueado)

Calculos Totales (bloqueado)

Nombre de la Explotación	Birks Farm
Nombre del agricultor	Rick
Cultivo peryano (nombre)	Manzanas 'Golden Delicious'
Fecha del Análisis (dd/mm/aa)	15-ene-84
Area Total de la Explotación a Proteger (ha)	10
Número Promedio de Heladas por año	2,1
Duración Media de las Heladas (h)	8,5
Símbolo de la Divisa (por defecto $)	$
Tipo de Cambio de Divisa a EUS	1,00

DATOS ESPECÍFICOS DE LOS VENTILADORES

Potencia de los Ventiladores (kW)	75	Máquina de 100 hp = 75 kW
Número de Ventiladores	2	
Protección del método (°C)	2	

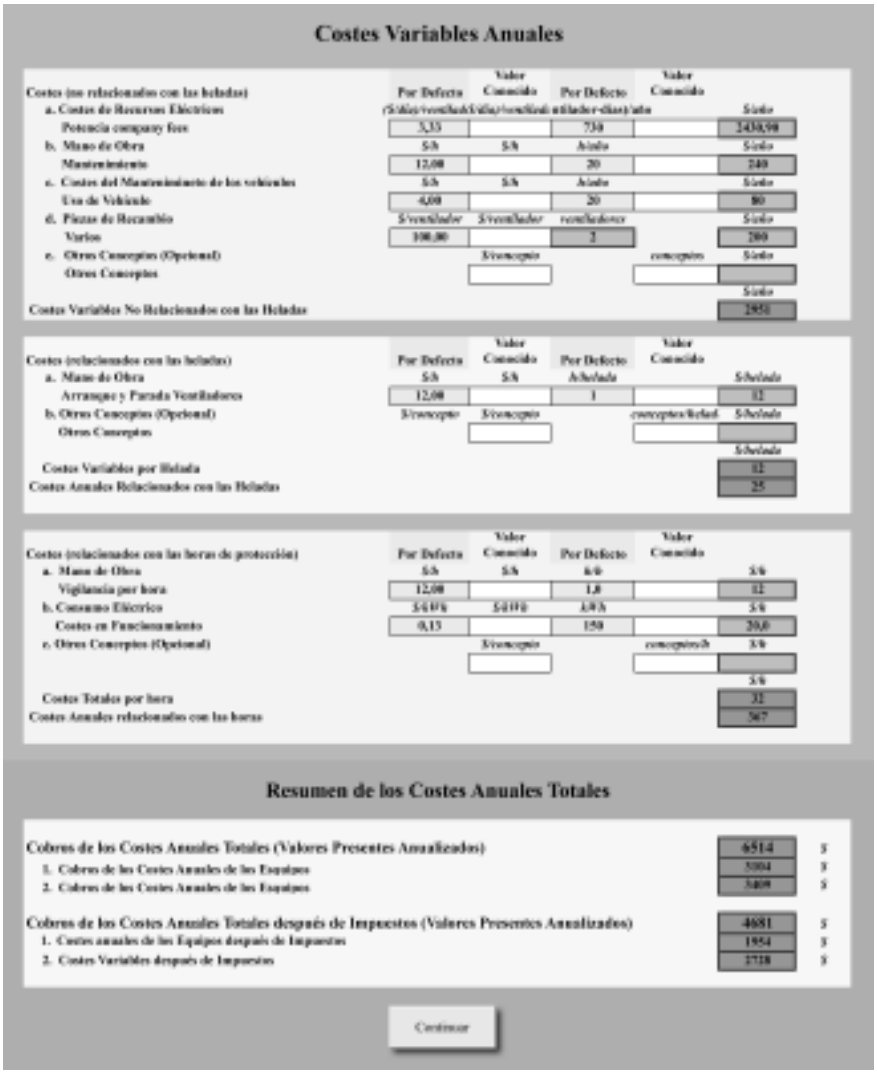
Costes de Adquisición del Equipo

Costes de Adquisición del Equipo	Por Defecto $/unidad	Valor Conocido $/unidad	Por Defecto unidades	Valor Conocido unidades	$
a. Equipo de Protección					
Ventiladores Eléctricos	14900,00		2		29800
b. Equipo de Seguimiento					
Alarma de Helada	170,00		1		170
Termómetro de Mínima	16,00		2		32
f. Otros Conceptos (Opcional)					
Otras Unidades					
Costes de Adquisición del Equipo					29202

Estimación de la vida del Equipo (años) 15

FIGURA 2.3b

Sección inferior de la hoja de presupuesto para ventiladores eléctricos



Costes Variables Anuales

Costes (no relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Costes de Recursos Eléctricos	($/kWh/ventilador/día/ventilador-día/ventilador-día)				$/año
Potencia company fees	3,33		730		2430,90
b. Mano de Obra	$/h	$/h	h/año		$/año
Mantenimiento	12,00		20		240
c. Costes del Mantenimiento de los vehículos	$/h	$/h	h/año		$/año
Uso de Vehículo	4,00		20		80
d. Piezas de Recambio	$/ventilador	$/ventilador	ventiladores		$/año
Varios	100,00		2		200
e. Otros Conceptos (Opcional)		$/concepto		conceptos	$/año
Otros Conceptos					
					$/año
Costes Variables No Relacionados con las Heladas					2951

Costes (relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/helada		$/helada
Arranque y Parada Ventiladores	12,00		1		12
b. Otros Conceptos (Opcional)	$/concepto	$/concepto		conceptos/helad.	$/helada
Otros Conceptos					
					$/helada
Costes Variables por Helada					12
Costes Anuales Relacionados con las Heladas					25

Costes (relacionados con las horas de protección)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/h		$/h
Vigilancia por hora	12,00		1,0		12
b. Consumo Eléctrico	$/kWh	$/kWh	kW/h		$/h
Costes en Funcionamiento	0,13		150		20,0
c. Otros Conceptos (Opcional)		$/concepto		conceptos/h	$/h
					$/h
Costes Totales por hora					32
Costes Anuales relacionados con las horas					367

Resumen de los Costes Anuales Totales

Coberes de los Costes Anuales Totales (Valores Presentes Anualizados)	6514	$
1. Coberes de los Costes Anuales de los Equipos	5304	$
2. Coberes de los Costes Anuales de los Equipos	3409	$
Coberes de los Costes Anuales Totales después de Impuestos (Valores Presentes Anualizados)	4681	$
1. Costes anuales de los Equipos después de Impuestos	1954	$
2. Costes Variables después de Impuestos	2718	$

Continuar

Coste de adquisición de los equipos

Esta sección del presupuesto (Figura 2.3.a) contiene el coste total de compra del equipo, detallada por categorías en filas. La protección contra la congelación con ventiladores eléctricos requiere una variedad de inversiones. Cada unidad de ventilador se compone de una torre, el propio ventilador, un motor y una unidad de control. Para una plantación de 10 ha de manzanos se necesitan dos unidades de ventiladores de 75 kW. El equipo de seguimiento incluye una única alarma de helada para toda la explotación, independientemente del tamaño, y un termómetro de mínima por cada 5 ha. Las aplicaciones particulares pueden requerir "otros equipos", que deben ser definidos por el usuario. Los primeros datos de la columna (D) contienen los costes unitarios por defecto, especificados en $/unidad. Esta columna está oculta y protegida contra la escritura, así el usuario siempre tiene un punto de referencia cuando se elaboran los presupuestos. La segunda columna (E) convierte los costes unitarios por defecto ocultos a la moneda local. La columna (F) es para ser utilizada siempre que el usuario desee invalidar el coste unitario por defecto (moneda local). El número de unidades por defecto requeridas para proteger toda la explotación y la cantidad opcional para modificarlo vienen dados en las columnas (G) y (H). La última columna, (I), resume los costes de la categoría especificada en la fila. Cada celda en esta columna está bloqueada (línea de borde azul) porque cada una contiene una fórmula importante que calcula los diversos subtotales. La celda sombreada azul brillante en la columna (I) es el total de una categoría agregada, y también es una fórmula bloqueada. El prototipo presentado aquí, implica una inversión de 29 202 $. El elemento final de esta categoría de coste es la vida esperada del equipo (15 años). Si bien no es un coste por sí mismo, la vida estimada de los equipos debe especificarse para los posteriores usos al calcular el valor presente anualizado de los costes después de impuestos en la sección resumen. El lector debe tener cuidado de que la vida del equipo debe ajustarse o exceder el periodo del préstamo especificado en la Inicialización.

Costes Variables Anuales

Esta sección del análisis (Figura 2.3.b) se dirige a los costes directos de funcionamiento de la protección contra las heladas. Está compartimentada en tres subdivisiones de costes variables:

- costes no relacionados con los eventos (i.e. costes de establecimiento);
- costes relacionados con el número de eventos; y
- costes relacionados con las horas de protección (i.e. duración del evento).

Los ventiladores eléctricos incurren por lo menos en cuatro diferentes costes

variables no relacionados con el número de heladas. Los costes de conexión a la línea eléctrica se estiman en 2 431 $ /año. Los costes laborales de mantenimiento rutinario fuera de la estación de heladas son de 240 $ /año y el correspondiente cargo por vehículo es de 80 $ /año. El recambio de piezas medio es de 200 $ /año. Una quinta categoría, "otros conceptos", es una categoría opcional proporcionada en el caso que el usuario desee especificar costes anuales adicionales de establecimiento que se producen en una aplicación específica. Los costes variables anuales no relacionados con los eventos de heladas se estiman en un total de 2 951 $.

Los ventiladores con motor eléctrico son más intensivos en capital e implican pocos costes variables relacionados con el número de heladas. Se estima que únicamente una hora de mano de obra (12 $) se requiere para poner en marcha y detener los ventiladores cada vez que hay una helada. Se incluyen una prima por trabajo nocturno. El usuario debe especificar una categoría opcional "otros conceptos". Los costes variables anuales relacionados con el número de heladas totalizan únicamente 25 $, de acuerdo con el número estimado de heladas (2,1 días) proporcionado en la sección de Inicialización.

Igual que antes, los costes variables relacionados con las horas de protección se calculan en primer lugar por unidad (por hora) y a continuación para el año entero ($/hr × hrs/helada × heladas/año). Los costes variables que dependen de la duración de la helada son la mano de obra de vigilancia (12 $ /hr) y el consumo eléctrico (20 $ /hr). El cargo horario de la mano de obra por defecto asume que se paga una prima por nocturnidad. Los cargos por la electricidad dependen del tamaño del ventilador y variarán ampliamente según la localización. El usuario debe especificar, si es necesario, una categoría opcional "otros conceptos". Los costes variables totales anuales relacionados con las horas de protección se estiman en 367 $. Esta cantidad es el producto de 32 $ /hr × 5,5 hrs/heladas × 2,1 heladas/año; los últimos dos elementos provienen de la Inicialización.

Resumen del coste total anual

La sección final de la hoja de presupuesto (Figura 2.3.b) resume los costes totales anuales de la protección contra las heladas para una plantación de manzanos de 10 ha. Se presentan los pagos totales anuales, seguidos por los costes totales después de impuestos, ambos como valores presentes anualizados. Los pagos anualizados dan una idea del flujo de caja, mientras que los costes después de impuestos miden el coste efectivo real de la protección contra las heladas.

Los pagos totales anuales de la protección contra las heladas con ventiladores eléctricos en esta explotación hipotética de 10 ha son de 6 514 $, medidos en

dólares de valor presente anualizado. Este pago es la suma del pago medio anual del equipo y del pago medio variable anual.

El pago medio anual del equipo depende de si los costes de adquisición del equipo han sido autofinanciados o financiados con deuda. Si el coste total de adquisición del capital supera el umbral de autofinanciación especificado en la Inicialización, entonces los costes anualizados igualan la suma del desembolso inicial divido por la vida del equipo, más el pago del principal y el interés (P&I) del capital prestado. Los pagos con cuota anual constante implican que el pago anual por el principal y el interés (P&I) es el valor anualizado (i.e. promedio financiero). Si el equipo comprado es autofinanciado, entonces los costes medios anuales del equipo se igualan al gasto lineal de depreciación (i.e. coste total de adquisición divido por la vida esperada). En este ejemplo, el coste de compra de los ventiladores eléctricos excede el umbral por defecto de la Inicialización de 2 000 $, por ello los pagos anualizados por el equipo son iguales a 3 104 $.

El pago variable medio anual es igual al pago constante del principal y el interés correspondiente a una línea de crédito a un año. Se recuerda el supuesto de que los gastos variables son financiados durante una parte del año fija, específica de cada usuario (i.e. el valor medio es una fracción del año específica para cada usuario) En este ejemplo se utiliza el valor medio por defecto incluido en la Inicialización del 50%. Los costes medios variables anuales son iguales a 3 409 $ (i.e. 3 343 $ en capital más 66 $ en interés).

El coste total anual después de impuestos de la protección contra las heladas con ventiladores eléctricos en esta plantación de frutales de 10 ha es de 4 681 $ de valor presente anualizado. Es decir, el coste real de este método de protección es 1 833 $ menos que los pagos anualizados porque se supone que los costes del equipo, los costes variables y los costes del interés son todos deducibles a un tipo del 20% (ver datos de la Inicialización). De forma más general, la relación entre el Coste Total Medio Anual Después de Impuestos y el Pago Total Medio Anual disminuye cuando los costes del capital son una parte más pequeña de los costes totales. Esta relación general se debe a la pérdida del beneficio después de impuestos de las compras del equipo.

Al igual que en el cálculo de los pagos, el coste total medio anual después de impuestos es igual a la suma de los costes medios anuales después de impuestos de los equipos más los costes variables medios anuales después de impuestos. Los cálculos para ambos componentes de los costes dependen de si el usuario respondió “Sí” o “No” al carácter deducible de los intereses, el equipo y los costes variables. El coste medio anual después de impuestos del equipo depende todavía más de si el equipo fue financiado a débito.

El coste anual medio de los equipos después de impuestos de los ventiladores eléctricos es este ejemplo se estima que es de 1 954 $. Este coste está calculado basándose en el hecho que los costes totales del equipo superan el umbral de autofinanciación (2 000 $) estipulado en la Inicialización y tanto los costes del capital como de los intereses han sido estipulados como deducibles de impuestos. El cálculo condicional del coste después de impuestos utilizado en este ejemplo implica la primera de cuatro alternativas de cálculo[6].

1. Si tanto el coste del capital como los intereses son deducibles de impuestos, el coste medio anual después de impuestos es:
   (1-*TR*) × (VP anualizado del interés + depreciación anual)
   donde *TR* es el tipo impositivo; VP anualizado del interés *es igual* al valor presente neto del flujo de pagos por intereses dividido por el VP del factor de *anualidad*; y la *depreciación anual* se calcula como depreciación lineal. Los tres cálculos condicionales alternativos restantes se detallan aquí para completar las opciones. Todas asumen que la tecnología de protección contra las heladas se financia a débito.
2. Si el coste del capital no es deducible pero el interés si que lo es, el coste anual medio después de impuestos es:
   (1-*TR*) × VP anualizado del interés + depreciación anual.
3. Si el coste de capital es deducible pero los intereses no lo son, el coste medio anual después de impuestos es:
   (1-*TR*) × depreciación anual + VP anualizado del interés.
4. En el caso de que ni el capital ni los costes del interés sean deducibles, los costes medios anuales después de impuestos igualan a los pagos medios anuales del equipo. Observa que si el umbral de autofinanciación no es superado en ninguno de los cuatro cálculos realizados, el coste del equipo anual medio simplemente iguala al gasto de depreciación lineal.

Los costes variables anuales medios después de impuestos para los ventiladores de motor eléctrico se estiman en 2 728 $. Este coste se calcula de una manera condicional similar al coste del equipo después de impuestos, aunque la autofinanciación no es un problema. El cálculo del coste condicional después de impuestos utilizado en esta ilustración implica la primera de las cuatro alternativas de cálculo.

1. Si tanto el coste variable como el interés son deducibles:
   (1-*TR*) × pago del coste variable.
2. Si los costes variables no son deducibles pero si que lo es el interés:
   (1-*TR*) × VP anualizado del interés + costes variables totales.

6. Aunque hay cuatro combinaciones de condiciones lógicas, no todas son apropiadas.

3. Si los costes variables son deducibles pero no lo es el interés:
   (1-*TR*) × costes variables totales + VP anualizado del interés .
4. En el caso de que ni los costes variables ni los intereses sean deducibles:
   coste variable medio anual.

Una vez completado cada presupuesto, el usuario debe presionar el botón de continuar para seguir con el presupuesto siguiente entre los estipulados en la hoja "SelecciónTec". Una vez se ha completado el último presupuesto y se ha presionado el botón continuar, el usuario es conducido al primero de los dos informes de resultados: Eficacia en costes.

Eficacia en costes

Se necesitan por lo menos 20 años de datos de temperaturas mínimas y máximas para analizar el riesgo de daño por heladas. El usuario tiene que inicializar el programa con una estimación del número esperado o típico de eventos de heladas y de su duración. A continuación la decisión económica sigue por defecto el método de mayor eficacia en costes (i.e. de menor coste) de alcanzar un nivel dado de protección. La eficacia en costes asume que el número de heladas, su duración y la extensión del daño se conocen con certidumbre, probablemente a un nivel medio o esperado. Este ejemplo se basa en el número medio de eventos y su duración generados por el calculador de daño durante el paso de inicialización.

Hay dos tablas de resultados relacionadas con la eficacia en costes. La primera tabla en la hoja 'InformeCostes' es la Tabla 2.1. Esta tabla ordena cada uno de los nueve métodos de protección contra las heladas en orden ascendente del *Valor Presente Anualizado del Coste Después de Impuestos de la Protección contra las Heladas por* °C, sin tener en cuenta la cantidad de protección. La última columna indica el coste anual después de impuestos por grado de protección, lo cual destaca el hecho de que un método de menor coste puede ser, en realidad, una forma cara de alcanzar niveles más altos de protección contra las heladas. Dicho de otra forma, no todos los métodos proporcionan la misma cantidad de protección; el menor coste de protección anualizado no es necesariamente el mejor modo de discriminar entre las tecnologías alternativas.

La Tabla 2.2, que se corresponde con la segunda tabla de la hoja 'InformeCostes', lista los *métodos eficaces en costes de alcanzar la protección mínima, ordenados según los costes anualizados después de impuestos*. Esta tabla presenta una forma más completa de evaluar la eficacia en costes de los nueve métodos diferentes de protección contra las heladas. Los costes anualizados después de impuestos para todos los métodos que proporcionan una cantidad mínima de protección están ordenados en orden ascendente. Por ejemplo, todos

TABLA 2.1

VP anualizado de los costes después de impuestos de la protección contra las heladas por °C

PROTECCION REAL °C	METODO DE PROTECCION CONTRA LAS HELADAS	VP ANUAL DE LOS COSTES DESPUES DE IMPUESTOS	VP ANUAL DE LOS COSTES DESPUES DE IMPUESTOS POR GRADO DE PROTECCION
2	CIVent	3 788 $	1 894 $
2	VentElec	4 681 $	2 341 $
6	Aspersores	4 787 $	798 $
6	CIVent+Aspersores	8 393 $	1 399 $
6	VentElec+Aspersores	9 389 $	1 565 $
3	CIVent+Estufas	9 885 $	3 295 $
3	VentElec+Estufas	10 531 $	3 510 $
3	EstufasFuelLíquido	10 734 $	3 578 $
4	EstufasFuelSólido	29 772 $	7 443 $

CLAVE: CIVent = ventilador con motor de combustión interna. VentElec = ventilador con motor eléctrico. EstufasFuelLíquido = estufas de combustible líquido. EstufasFuelSolído = Estufas de combustible sólido.

los métodos ofrecen por lo menos 1 °C o 2 °C de protección. Sin embargo, solo siete métodos ofrecen por lo menos 3 °C de protección, cuatro protegen frente a una helada de 4 °C, y únicamente tres ofrecen 5 °C o 6 °C de protección.

Los ventiladores con motor de combustión interna (CIVents) se muestran como los más eficaces en costes pero proporcionan únicamente 2 °C de protección. Este método tiene un coste esperado anualizado después de impuestos de 3788 $. Los ventiladores con motor eléctrico (que también ofrecen una protección de 2°C) están muy cerca, en segundo lugar, con un coste de 4681 $, seguidos de cerca por los aspersores (6 °C de protección) con 4787 $. La proximidad de los aspersores a los CIVent de menor coste llama la atención sobre una consideración importante cuando utilizamos la tabla de eficacia en costes. A pesar de que la naturaleza estocástica de la protección contra las heladas está ausente de la eficacia en costes, sugiere una intuición parcial pero decisiva sobre la gestión del riesgo. Por menos de 1000 $ /año, los aspersores ofrecen el triple de protección que los CIVents. A menos que el usuario esté muy seguro de que las heladas raramente exceden los 2 °C, la tecnología apropiada basada en una combinación de los costes y de la protección pueden ser los aspersores, no los CIVent de menor coste. El usuario debería revisar todos los aspectos de esta segunda tabla para tomar la mejor decisión económica posible, dada la escasa información.

TABLA 2.2

Métodos eficaces en costes de alcanzar una protección mínima, ordenados por los costes anualizados después de impuestos

PROTECCION MINIMA (°C)	PROTECCION REAL (°C)	METODO DE PROTECCION CONTRA LAS HELADAS	VP ANUAL DE LOS COSTES DESPUES DE IMPUESTOS
1	2	CIVent	3 788 $
	2	VentElec	4 681 $
	6	Aspersores	4 787 $
	6	CIVent+Aspersores	8 393 $
	6	VentElec+Aspersores	9 389 $
	3	CIVent+Estufas	9 885 $
	3	VentElec+Estufas	10 531 $
	3	EstufasFuelLíquido	10 734 $
	4	EstufasFuelSólido	29 772 $
2	2	CIVent	3 788 $
	2	VentElec	4 681 $
	6	Aspersores	4 787 $
	6	CIVent+Aspersores	8 393 $
	6	VentElec+Aspersores	9 389 $
	3	CIVent+Estufas	9 885 $
	3	VentElec+Estufas	10 531 $
	3	EstufasFuelLíquido	10 734 $
	4	EstufasFuelSólido	29 772 $
3	6	Aspersores	4 787 $
	6	CIVent+Aspersores	8 393 $
	6	VentElec+Aspersores	9 389 $
	3	CIVent+Estufas	9 885 $
	3	VentElec+Estufas	10 531 $
	3	EstufasFuelLíquido	10 734 $
	4	EstufasFuelSólido	29 772 $
4	6	Aspersores	4 787 $
	6	CIVent+Aspersores	8 393 $
	6	VentElec+Aspersores	9 389 $
	4	EstufasFuelSólido	29 772 $
5	6	Aspersores	4 787 $
	6	CIVent+Aspersores	8 393 $
	6	VentElec+Aspersores	9 389 $
6	6	Aspersores	4 787 $
	6	CIVent+Aspersores	8 393 $
	6	VentElec+Aspersores	9 389 $

CLAVE: CIVent = ventilador con motor de combustión interna. VentElec = ventilador con motor eléctrico. EstufasFuelLíquido = estufas de combustible líquido. EstufasFuelSolído = Estufas de combustible sólido.

Si la helada y la duración han sido datos de entrada en la Inicialización del calculador de daño, el usuario necesita presionar el botón "Ir a informe de riesgo" localizado cerca de la primera tabla. Observe que esta opción esta disponible sin examinar los resultados de la eficacia en costes. La siguiente discusión del riesgo empieza con una visión conceptual de la gestión del riesgo ya que ésta es la base de las decisiones sobre la adopción de la protección contra las heladas. La discusión viene seguida por detalles que ilustran la elección que minimiza el riesgo entre las nueve alternativas consideradas en este análisis.

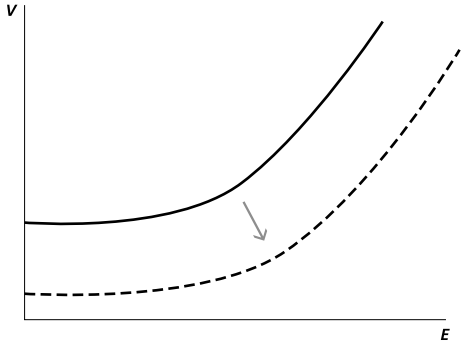
Riesgo

La toma de decisiones en contexto de incertidumbre tiene una extensa tradición en economía agraria. En el centro de la literatura sobre el riesgo está el problema de la elección entre acciones o carteras alternativas arriesgadas, ya sea elegir rotaciones de cultivos diferentes o estrategias de protección que maximicen las ganancias esperadas, al tiempo que se minimizan los niveles aceptables de riesgo. Si se supone que existe una distribución de probabilidad de los ingresos para todas las opciones y esta distribución puede ser definida adecuadamente en términos de sus dos primeros momentos [i.e. el ingreso medio o esperado (E) y la varianza asociada (V)], entonces la elección entre acciones alternativas se puede conceptualizar como un conflicto entre la esperanza de ingreso neto (normalmente representada en el eje de abscisas) y la varianza del ingreso neto (normalmente representada en el eje de ordenadas). Los riesgos más elevados implican una mayor variabilidad de los ingresos, lo cual requiere unos resultados esperados superiores para justificar el riesgo. El conjunto de las denominadas decisiones eficientes en riesgo descansa en la frontera media-varianza (E-V) que está definida por la mínima varianza (o desviación típica) para cada nivel de ingreso esperado. Como se muestra en la figura 2.4, la frontera E-V crece a una tasa creciente (i.e. las primera y segunda derivadas son positivas en el primer cuadrante). Las técnicas de protección con puntos situados por encima de esta frontera son dominadas por métodos situados sobre la frontera eficiente en riesgo. Los métodos por encima de la frontera E-V representan un mayor riesgo (i.e. varianza) para un nivel dado de ingreso esperado o menos ingreso para un mismo nivel de riesgo.

La decisión óptima a lo largo de esta frontera varía de una empresa a otra, de acuerdo con las preferencias específicas frente al riesgo de cada empresa, que son una función del ingreso esperado y la varianza. Los economistas han dedicado esfuerzos considerables al problema de solicitar y especificar la función de preferencias frente al riesgo de los individuos, con escaso éxito. La incapacidad

FIGURA 2.4

Frontera hipotética *E-V* sin protección (—) y con protección contra heladas (– –)



para especificar la función de preferencias frente al riesgo para cada posible agricultor sencillamente significa que el marco impide determinar una elección óptima. No obstante, el marco *E-V* simplifica las elecciones enfrentando al agente decisor sólo con aquellas eficientes situadas sobre la frontera; todas las restantes son inferiores para la empresa maximizadora de beneficios.

La protección contra heladas se incluye dentro del marco *E-V* de una manera directa. La protección eleva la temperatura, reduce los daños y por tanto incrementa la cosecha esperada y reduce la variabilidad de los rendimientos. Si todo lo demás se mantiene constante, estos beneficios físicos se traducen en un incremento del ingreso esperado y una reducción de la variación del ingreso (i.e. los beneficios de la protección contra heladas). Si la mejora de rendimientos esperados genera beneficios económicos que superan a los costes anuales de protección, la frontera *E-V* con protección estará situada por debajo de la correspondiente a sin protección. Por consiguiente, la adopción de la protección contra heladas ofrece la posibilidad de desplazar la frontera eficiente en riesgo *E-V* hacia abajo y a la derecha, si se cumple que los beneficios netos (i.e. beneficios menos costes) son positivos. La decisión de adoptar un método requiere que se contrasten los beneficios netos aleatorios de la empresa agraria sin protección frente a los beneficios netos aleatorios con protección.

Al medir los beneficios netos de la protección frente a heladas se deben tener en cuenta dos manifestaciones del riesgo. Existe un riesgo en los rendimientos atribuible a la naturaleza estocástica de la meteorología (temperatura, *T*) durante

los diferentes estadios de crecimiento de la planta. Esto es suficiente para hacer aleatorios los ingresos (i.e. los beneficios brutos) derivados de la protección. También existe riesgo asociado a los costes de la protección contra heladas, que incluye tanto los costes anualizados de adquisición como los costes anuales de funcionamiento. Los costes anuales de funcionamiento se relacionan con el número y duración de los eventos de heladas, que son ambos aleatorios y, a su vez, funciones de T. Se recuerda que el coste variable de la protección consta de tres partes: costes variables no relacionados con los eventos; costes variables relacionados con los eventos; y costes variables relacionados con la duración de los eventos. Por consiguiente, tanto los beneficios como los costes son funciones estocásticas de la variable aleatoria, la temperatura.

La pérdida de rendimiento esperada es una función de la temperatura, en la que la probabilidad de una temperatura en particular es la ponderación asignada al daño asociado sobre el cultivo. Se puede pensar en dos tipos de daño: pérdida total si la temperatura, T, cae por debajo de T_{100} o una función de pérdida continuamente creciente a medida que la temperatura cae por debajo de T_0, hasta que se produce la pérdida total de la cosecha. Con independencia del tipo de función de daño, se deben medir primero los daños esperados y las varianzas asociadas con y sin protección frente a heladas. La diferencia entre el rendimiento máximo esperado (Y) sin protección, $Y(T)$, y con protección, $Y_z(T)$, varía según la tecnología de protección (z).

Por lo tanto, $[Y(T) - Y_z(T)]$ es el vector de daños estocásticos sobre los rendimientos y $[Y_z(T) - Y(T)]$ es el vector de beneficios estocásticos sobre los rendimientos. El máximo de beneficios potenciales sobre los rendimientos se corresponde con el subconjunto de las z tecnologías que ofrezcan la mayor elevación en la temperatura.

Los beneficios estocásticos sobre los rendimientos se traducen en beneficios netos económicos en dos pasos. Primero, los beneficios netos (NB) sin protección se definen como $BN = P * Y(T)$, donde P es el precio del cultivo neto de todos los costes de producción excepto los costes de protección. Después, el vector de beneficios netos con protección (BN_z) precisa un cálculo similar, además del reconocimiento de que los costes de funcionamiento de los diferentes métodos de protección contra heladas dependen de la frecuencia y duración de las heladas, cada una de las cuales es función de T. Por lo tanto, el coste de protección específico para cada método puede ser escrito como $C_z(T)$. El vector de beneficios netos estocásticos con protección se define como $BN_z = P\,[Y_z(T) - Y(T) - C_z(T)]$. El método (o métodos) de protección contra heladas que alcance el mayor beneficio neto esperado y menor varianza es eficiente en riesgo.

No es necesario estudiar la correlación o covarianza entre los elementos del riesgo (i.e. rendimiento, eventos y duración) para medir el riesgo compuesto. En cambio, el riesgo puede ser medido directamente a partir del flujo de beneficios netos. No obstante, la naturaleza de la protección contra heladas plantea retos especiales a la medición del riesgo asociado. La función de beneficios netos está truncada inferior y superiormente, y probablemente no se trata de una distribución normal[7]. Un examen más cercano del proceso de protección contra heladas revela que no es posible simplemente asumir que los beneficios netos se distribuyen normalmente y quedan caracterizados adecuadamente por los momentos primero y segundo (i.e. la media y la desviación típica).

La decisión de comenzar la protección en un día dado debe ser tomada antes de observar la helada. Esto es, la protección empieza con anticipación a los eventos de heladas - aproximadamente a +1 ºC por encima de la temperatura crítica específica para el estadio de crecimiento (T_0) - aunque la temperatura no continuase bajando y la protección no fuese necesaria. Esta consideración significa que los eventos de helada están definidos por $T \leq (T_o + 1\ ^\circ C)$, incluso aunque el daño sin la protección pueda no ocurrir. De forma alternativa, la protección puede ser inadecuada y, o bien pueda ocurrir algún daño a los cultivos o bien la helada sea tan severa ($T \leq T_{100}$) que se pierda el cultivo completo, pese a los esfuerzos de protección. Por lo tanto, se puede pensar que los beneficios netos de la protección contra las heladas caen en dos categorías: pérdidas y ganancias, ambas con distribuciones truncadas.

Las pérdidas ocurren siempre que los costes anuales superen a los beneficios. La pérdida económica potencial máxima para una tecnología de protección dada ocurre en años de condiciones meteorológicas extremas en los que la protección se ha implementado pero sin beneficios por compensación en la mejora de rendimientos. Las pérdidas económicas también ocurren en aquellos años en los que los beneficios de la protección (el valor del incremento de cosecha) son insuficientes para compensar los costes anualizados de adquisición más los de funcionamiento. Las pérdidas también ocurren en aquellos años en los que la temperatura nunca baja de los niveles críticos, $T > (T_o + 1\ ^\circ C)$, los costes de adquisición del equipo están presentes porque éste debe ser pagado se use o no, y los costes variables no relacionados con el número de heladas (i.e. costes de instalación) también se han de pagar. Las ganancias en beneficios netos para cualquier método están truncadas

7. No está claro qué distribución caracteriza mejor la función de beneficios netos. Pocas veces existen datos climáticos suficientes para estimar la distribución subyacente.

superiormente de manera similar en el valor de la máxima ganancia potencial de rendimiento, menos los costes anuales. Los máximos beneficios netos para cualquier método de protección dado ocurren siempre que el rendimiento sin protección sea cero (daño total al cultivo) pero el máximo rendimiento potencial sea alcanzado como consecuencia de la protección.

La naturaleza truncada de las pérdidas y ganancias de los beneficios netos, combinada con el hecho de que es dudoso si la función de beneficios netos que resulta de la protección contra las heladas se distribuye normalmente, se traduce en una tabla *E-V* estándar inapropiada para los agricultores que han de evaluar el conflicto entre ingreso esperado y el riesgo asociado.

La caracterización de la probabilidad de una ganancia o pérdida incremental, en conjunción con la media global, proporciona una mejor herramienta para la toma de decisiones. En consecuencia, el enfoque adoptado es presentar la media global o beneficios netos esperados y tres parámetros adicionales para las pérdidas y ganancias. Las pérdidas se caracterizan por la probabilidad de pérdida, la pérdida esperada (media), y la pérdida máxima. Las ganancias se caracterizan de forma similar por su probabilidad, media y máxima. Estos elementos de una tabla de riesgo de la protección contra las heladas permiten al usuario juzgar los méritos de las inversiones de riesgo alternativas de forma análoga a una tabla *E-V*. El agente decisor individual posee toda la información esencial para evaluar el beneficio neto esperado global a el riesgo de pérdida o ganancia, dadas sus preferencias por el riesgo.

El conflicto entre el valor presente esperado de los beneficios netos después de impuestos y el riesgo asociado con ese resultado se resume en la Tabla 2.3, que se corresponde con la primera tabla de la hoja 'InformeRiesgos'. Los métodos de protección contra las heladas están ordenados según el valor presente esperado de los beneficios netos anuales. Se incluyen las probabilidades porcentuales asociadas de pérdidas y ganancias, los valores presentes medios de pérdidas y ganancias, y los valores presentes máximos de pérdidas y ganancias. Comenzamos la discusión de esta tabla con el examen de los elementos de riesgo asociados a la tecnología que hemos utilizado en el ejemplo, ventiladores eléctricos, y posteriormente examinando las implicaciones acerca del riesgo global con respecto a los nueve métodos de protección contra las heladas.

La naturaleza truncada de los beneficios netos después de impuestos se puede ver en el examen de los beneficios netos después de impuestos detallados año a año con y sin protección (no mostrados en la Tabla 2.3). Los beneficios netos anuales máximos sin protección son de 110 000 $ bajo los supuestos especificados en los datos de Inicialización, los 30 años de datos meteorológicos y las estimaciones de

TABLA 2.3

Métodos de protección contra heladas ordenados según el valor presente esperado de los beneficios netos anuales y las probabilidades porcentuales asociadas de pérdidas y ganancias, los valores presentes medios de pérdidas y ganancias, y los valores presentes máximos de pérdidas y ganancias

Grados de protección	METODO	Valor presente esperado de los beneficios netos anuales	Probabilidad de pérdidas	Valor presente medio anual de pérdidas	Valor presente máximo anual de pérdidas	Probabilidad de valor presente anual de ganancias	Valor presente medio anual de ganancias	Valor presente máximo anual de ganancias
°C		$	%	$	$	%	$	$
6	Aspersores	30 172	53,3	-4 591	-4 830	46,7	69 901	105 299
2	CIVent	27 712	56,7	-3 596	-4 768	43,3	68 653	106 346
2	VentElec	26 797	56,7	-4 528	-5 632	43,3	67 760	105 409
6	CIVent+Aspersores	26 567	56,7	-7 652	-8 474	43,3	71 314	101 770
6	VentElec+Aspersores	25 949	56,7	-8 527	-9 043	43,3	71 034	101 043
3	CIVent+Estufas	22 207	63,3	-7 468	-19 209	36,7	73 463	101 303
3	VentElec+Estufas	21 560	63,3	-8 243	-19 188	36,7	73 038	100 520
3	EstufasFuelLíquido	21 357	63,3	-7 341	-26 421	36,7	70 928	101 102
4	EstufasFuelSólido	2 319	70,0	-17 309	-112 805	30,0	48 118	89 494

Clave: CIVent = ventilador con motor de combustión interna. VentElec = ventilador con motor eléctrico. EstufasFuelLíquido = estufas de combustible líquido. EstufasFuelSolído = Estufas de combustible sólido.

cosecha derivadas del calculador de daños. Los beneficios netos esperados sin protección equivalen a 74 242 $, con una desviación típica de 48 257 $.

La Tabla 2.3 muestra que la protección proporcionada por los ventiladores eléctricos, la tecnología del ejemplo, se estima en 2º C, lo cual genera unos beneficios esperados adicionales de 26 797 $ - el tercer mayor valor presente de los beneficios netos anuales. La desviación típica de los beneficios netos adicionales, que no se muestra en la Tabla 2.3, es de 45 640 $.

Un examen más detallado de la serie anual de los beneficios netos después de impuestos de los ventiladores eléctricos revela que es más probable una pérdida que una ganancia. Las pérdidas ocurren en 17 de los 30 años (i.e. el 57 % de las veces), aunque la pérdida media es sólo -4 528 $, siendo la pérdida máxima -5 632 $. En siete de los 30 años la protección no se aplicó, con una pérdida anual de -4 362 $; a pesar de esto, los costes de los equipos después de impuestos anualizados (1 954 $) más los pagos anualizados de principal e interés sobre los costes variables no relacionados con los eventos (2 408 $) se tenían que pagar. La protección se inició en nueve años, aunque no habría ocurrido ningún daño incluso sin protección.

El resultado fue una pérdida después de impuestos de hasta -4 762 $ en estos nueve años. Por último, la protección se implementó pero no hizo bien en un año, aunque se produjeron seis eventos de heladas. La temperatura bajó hasta el punto de matar a la planta, con o sin protección, eliminando cualquier posibilidad de beneficios sobre la cosecha. En ese año, el valor presente anualizado del coste de la protección fue -5 362 $, la suma de todos los costes variables más el coste del capital anualizado.

Volviendo al lado de las ganancias de la protección, los ventiladores eléctricos proporcionaron beneficios netos positivos después de impuestos el 43 % del tiempo. Pero estos beneficios netos fueron elevados, promediando 67 760 $ y alcanzando un máximo de 105 409 $ - sólo 4 591 $ por debajo del beneficio potencial máximo. Estos resultados sugieren que los beneficios esperados de los ventiladores eléctricos están asociados con el riesgo de pérdidas relativamente pequeñas pero también a grandes ganancias potenciales. Los ventiladores eléctricos están relativamente libres de riesgo, a pesar de que el 53 % de las veces la protección no es necesaria y un 3 % no es suficientemente eficaz en la consecución de beneficios netos económicos. No obstante, los ventiladores eléctricos ofrecen unos beneficios netos positivos suficientemente grandes en la protección contra las heladas el 47 % restante del tiempo como para compensar lo que cuestan.

Antes de comparar el riesgo entre todos los métodos de protección, resulta formativo detallar los cálculos de los beneficios netos. Primero, no todos los beneficios netos son después de impuestos, a menos que los costes del capital y los intereses se hayan definido en la hoja de Inicialización como no deducibles. Segundo, todos los costes y beneficios se expresan en valor presente anualizado. El valor presente anualizado es el equivalente financiero de los valores medios anuales expresado en unidades monetarias actuales (i.e. eliminando el valor temporal del dinero). La anualización permite comparar inversiones con vidas diferentes, como es el caso de la protección frente a heladas.

El valor presente anualizado de los beneficios netos después de impuestos se calcula como el valor presente anualizado de los ingresos menos el valor presente anualizado de los costes de los equipos después de impuestos menos el valor presente anualizado de los costes variables después de impuestos. El valor presente anualizado de los ingresos se calcula como producto del precio neto sin protección contra las heladas por el rendimiento por ha por el número de ha en la explotación. El valor presente anualizado del coste de los equipos se calcula como en la sección después de impuestos de los presupuestos. El valor presente anualizado de los costes variables incluye los costes variables no relacionados con los eventos, los costes variables relacionados con el número de eventos y los costes variables relacionados con la duración media de los eventos. Estas dos

últimas categorías de costes variables se diferencian del cálculo de presupuestos porque el número y duración de los eventos son específicos de cada año. Recuerde que los presupuestos se elaboraron sobre el promedio de número y duración de los eventos a lo largo de las series de datos meteorológicos utilizadas en el calculador de daños. En consecuencia, los costes variables específicos de cada año incluyen la suma de los tres pagos variables y del préstamo operativo o línea de crédito asociados. El uso de tasas de interés reales (i.e. libres de inflación) hace que los costes agregados especificados para cada año sean completamente equivalentes al valor presente anualizado de los costes.

Cada año de los datos meteorológicos es tratado como si fuera una observación única y periódica de rendimientos, número de eventos y duración, a lo largo de la vida útil del método específico de protección contra las heladas que se está analizando. Por tanto, el valor presente de los beneficios netos después de impuestos correspondiente a una observación en particular (año) es el valor presente anualizado de los beneficios netos a lo largo de la vida útil de ese método de protección. Esta simplificación analítica evita el problema de sustituir diferentes equipos de protección en momentos del tiempo diferentes a lo largo de la duración de los datos meteorológicos empleados en el calculador de daño. Dado que cada valor presente de los beneficios netos es anualizado, el promedio del valor presente de los beneficios netos a lo largo de todos los años de datos meteorológicos se calcula como la media simple. De aquí se sigue que el beneficio neto esperado adicional de 26 797 $ generado por los ventiladores eléctricos es la media simple de los 30 valores presentes anualizados de beneficios netos después de impuestos. El valor presente esperado de los beneficios netos después de impuestos para los ventiladores eléctricos se calcula de manera similar, salvo que cada observación deberá reflejar el valor presente anualizado de los beneficios netos para equipos que duran 15 años, en vez de, por ejemplo, una vida de 10 años que es la que cabe esperar de los estufas de combustibles sólidos.

Volviendo a la Tabla 2.3, los aspersores (6ºC) ofrecen el valor presente medio de beneficios netos más elevado, igual a 30 172 $, 3 375 $ más que los ventiladores eléctricos (2ºC). La magnitud de las ganancias y pérdidas potenciales con los aspersores difieren algo de la de los ventiladores eléctricos, aunque las probabilidades de ganancia o pérdida de uno y otro sistema están dentro de un margen del 3 %. Los aspersores tienen una pérdida esperada ligeramente superior (i.e. -4 591 $ frente a -4 528 $), aunque este método de protección está expuesto a una pérdida anual máxima que es un 16 % inferior a la de los ventiladores eléctricos (-4 830 $ frente a -5 632 $). La esperanza de ganancia anual es de 83 516 $, unos 1 400 $ mayor que la de los ventiladores eléctricos. Esta ganancia superior se debe

en parte a los 4ºC adicionales de protección ofrecida por los aspersores y en parte a la diferente estructura de costes. La protección adicional de 4ºC fue necesaria en sólo dos años, pero proporcionó una cantidad adicional de manzanas de 24 t/ha. La ganancia anual máxima posible es similar entre las dos tecnologías. Los aspersores presentan un beneficio neto esperado más alto ante riesgos similares con relación a los ventiladores eléctricos, obteniendo pérdidas esperadas similares en los años de pérdidas y ganancias esperadas algo superiores en los años de ganancias.

Puede que una comparación más interesante sea entre estufas de combustibles sólidos (4ºC), el método de protección menos atractivo, y los aspersores (6ºC). Aunque las estufas de combustible sólido ofrecen sólo 2ºC menos de protección, proporcionan menos de la décima parte de beneficios netos anuales esperados (2 319 $). Las estufas de combustible sólido presentan mayores riesgos en el sentido de las pérdidas, pero los riesgos son similares en el sentido de las ganancias. Las estufas de combustible sólido muestran una mayor probabilidad de pérdida (70,0 % frente a 56,7 %) y generan una pérdida anual media de 17 309 $ en contraste con 4 591 $. Volviendo a las ganancias, las estufas de combustible sólido tienen una probabilidad de ganancia un 17 % más baja (30,0 frente a 46,6 %) y la ganancia esperada es más o menos la mitad que la de los aspersores (e.g. 48 118 $ frente a 69 901 $). La ganancia máxima anual también es menor.

El examen de los seis métodos de protección restantes muestra variaciones de la discusión previa acerca del resultado esperado frente al riesgo de pérdida o ganancia. Se debe prestar una atención particular al riesgo de pérdida ya que puede tener un impacto negativo serio sobre el estado financiero del agricultor en un año dado o sobre la capacidad de generar suficientes recursos de caja para el pago de la deuda asociada con la protección contra heladas. Esta observación es particularmente cierta cuando las pérdidas son más frecuentes que las ganancias.

La Tabla 2.4 registra la segunda tabla de la hoja 'InformeRiesgos'. Muestra el riesgo relativo asociado a los métodos capaces de proporcionar 1º, 2º, ..., 6ºC de protección. Los métodos de protección contra heladas que consiguen la protección mínima son ordenados en orden descendente según el valor presente esperado de los beneficios netos anuales y el riesgo asociado de pérdidas o ganancias anuales capturado por la probabilidad (las medias y los máximos de pérdidas y ganancias). Las Tablas 2.3 y 2.4 refuerzan una característica importante de la toma de decisiones en contexto de riesgo. Aunque resulta tentador y usual pensar en términos de alcanzar una cantidad dada de protección, semejante enfoque de la decisión de adopción es generalmente erróneo. Incluso si el agricultor hipotético opera en una zona en la que una protección de 2ºC resulta inadecuada para evitar todos los daños, podría ser que una tecnología de 2ºC (CIVents) fuese la inversión preferida.

TABLA 2.4

Métodos de protección contra heladas que consiguen la protección mínima ordenados según el valor presente esperado de los beneficios netos anuales (i.e. el riesgo asociado de pérdidas o ganancias anuales)

Protección mínima (°C)	METODO	Valor presente esperado de los beneficios netos anuales	Probabilidad de pérdidas	Valor presente medio anual de pérdidas	Valor presente máximo anual de pérdidas	Probabilidad de valor presente anual de ganancias	Valor presente medio anual de ganancias	Valor presente máximo anual de ganancias
		$	%	$	$	%	$	$
1,0	Aspersores	30 172	53,3	-4 591	-4 830	46,7	69 901	105 299
	CIVent	27 712	56,7	-3 596	-4 768	43,3	68 653	106 346
	VentElec	26 797	56,7	-4 528	-5 632	43,3	67 760	105 409
	CIVent+Aspersores	26 567	56,7	-7 652	-8 474	43,3	71 314	101 770
	VentElec+Aspersores	25 949	56,7	-8 527	-9 043	43,3	71 034	101 043
	CIVent+Estufas	22 207	63,3	-7 468	-19 209	36,7	73 463	101 303
	VentElec+Estufas	21 560	63,3	-8 243	-19 188	36,7	73 038	100 520
	EstufasFuelLíquido	21 357	63,3	-7 341	-26 421	36,7	70 928	101 102
	EstufasFuelSólido	2 319	70,0	-17 309	-112 805	30,0	48 118	89 494
2,0	Aspersores	30 172	53,3	-4 591	-4 830	46,7	69 901	105 299
	CIVent	27 712	56,7	-3 596	-4 768	43,3	68 653	106 346
	VentElec	26 797	56,7	-4 528	-5 632	43,3	67 760	105 409
	CIVent+Aspersores	26 567	56,7	-7 652	-8 474	43,3	71 314	101 770
	VentElec+Aspersores	25 949	56,7	-8 527	-9 043	43,3	71 034	101 043
	CIVent+Estufas	22 207	63,3	-7 468	-19 209	36,7	73 463	101 303
	VentElec+Estufas	21 560	63,3	-8 243	-19 188	36,7	73 038	100 520
	EstufasFuelLíquido	21 357	63,3	-7 341	-26 421	36,7	70 928	101 102
	EstufasFuelSólido	2 319	70,0	-17 309	-112 805	30,0	48 118	89 494
3,0	Aspersores	30 172	53,3	-4 591	-4 830	46,7	69 901	105 299
	CIVent+Aspersores	26 567	56,7	-7 652	-8 474	43,3	71 314	101 770
	VentElec+Aspersores	25 949	56,7	-8 527	-9 043	43,3	71 034	101 043
	CIVent+Estufas	22 207	63,3	-7 468	-19 209	36,7	73 463	101 303
	VentElec+Estufas	21 560	63,3	-8 243	-19 188	36,7	73 038	100 520
	EstufasFuelLíquido	21 357	63,3	-7 341	-26 421	36,7	70 928	101 102
	EstufasFuelSólido	2 319	70,0	-17 309	-112 805	30,0	48 118	89 494
4,0	Aspersores	30 172	53,3	-4 591	-4 830	46,7	69 901	105 299
	CIVent+Aspersores	26 567	56,7	-7 652	-8 474	43,3	71 314	101 770
	VentElec+Aspersores	25 949	56,7	-527	-9 043	43,3	71 034	101 043
	EstufasFuelSólido	2 319	70,0	-17 309	-112 805	30,0	48 118	89 494
5,0	Aspersores	30 172	53,3	-4 591	-4 830	46,7	69 901	105 299
	CIVent+Aspersores	26 567	56,7	-7 652	-8 474	43,3	71 314	101 770
	VentElec+Aspersores	25 949	56,7	-8 527	-9 043	43,3	71 034	101 043
6,0	Aspersores	30 172	53,3	-4 591	-4 830	46,7	69 901	105 299
	CIVent+Aspersores	26 567	56,7	-7 652	-8 474	43,3	71 314	101 770
	VentElec+Aspersores	25 949	56,7	-8 527	-9 043	43,3	71 034	101 043

Clave: CIVent = ventilador con motor de combustión interna. VentElec = ventilador con motor eléctrico. EstufasFuelLíquido = estufas de combustible líquido. EstufasFuelSolído = Estufas de combustible sólido.

Los aspersores dominan a los restantes métodos de protección contra las heladas si sólo se tiene en cuenta el valor presente de los beneficios netos esperados. Los aspersores alcanzan 2 460 $ más de valor presente de los beneficios netos esperados que la siguiente tecnología, CIVents. No obstante, la consideración de la exposición al riesgo hace que la decisión sea más ambigua. Se tiene que tener en cuenta que los aspersores tienen una pérdida esperada un 25% superior y una pérdida máxima ligeramente superior. Estos dos factores son favorables a los CIVents. Los aspersores tienen un valor presente medio de ganancias ligeramente más alto, pero los CIVents tienen una ganancia máxima potencial mayor. La probabilidad de pérdidas (ganancias) es el 3% menor (mayor) para los aspersores.

El principal aspecto negativo de los aspersores es el elevado valor presente esperado de la pérdida anual. Este aspecto del riesgo financiero podría ser un elemento importante para un agricultor particularmente sensible a un flujo de caja negativo en un año dado. El agricultor individual debe evaluar si esta exposición financiera adversa es aceptable o demasiado arriesgada, dado el conflicto que se presenta. Si se considera inaceptable, los aspersores podrían resultar menos atractivos que los CIVents. Se recuerda que el conflicto numérico entre el valor presente esperado de los beneficios netos anuales y las pérdidas medias y máximas es único para cada aplicación.

En resumen, el análisis del riesgo presentado aquí se diferencia del análisis de eficacia en costes, en el cual los métodos eran ordenados conforme al coste mínimo anualizado después de impuestos. Para una explotación hipotética, los CIVents (2 ºC) eran el método de protección de mínimo coste. Los aspersores ocuparon la tercera posición, con un coste anual superior en un 25% al de los CIVents. Sobre una base de protección por grado de temperatura, los aspersores ocuparon el primer lugar, con 789 $/grado. Esta observación resalta la importancia del conflicto entre los beneficios económicos de la protección, el nivel y la estructura de los costes de la protección, y el riesgo de la protección inadecuada. Si el usuario se viese obligado a tomar una decisión basándose sólo en la eficacia en costes después de impuestos debido a la no disponibilidad de suficientes datos meteorológicos para examinar el riesgo, la consideración del nivel de conflicto entre el coste y los grados de protección (como aproximación a los beneficios) puede reducir los errores en la decisión. Una consideración de este tipo conduciría a la elección de los aspersores como preferidos a los CIVents, incluso aunque los aspersores son menos eficaces en costes. No obstante, los aspersores proporcionan una protección tres veces superior (6 ºC frente a 2 ºC). Se ha de tener en cuenta que esta visión ligeramente ampliada de la eficacia en costes se acerca más a la elección de los aspersores que la que surgía del análisis del riesgo.

Otros métodos de protección

Las hojas de presupuesto de muestra para los otros ocho métodos de protección contra las heladas se incluyen en el Apéndice. Todas las hojas de presupuesto se refieren a la protección de una plantación de 10 ha de manzano cv. Golden Delicious, que fue utilizada como ejemplo en el Capítulo 2. En el principio del Apéndice se presenta un listado de las hojas de presupuesto por método de protección.

REFERENCIAS

Haan, C.T. 1979. Risk analysis in environmental modifications. pp. 30–51, *in*: B.J. Barfield & J.F. Gerber (eds). *Modification of the Aerial Environment of Crops*. American Society of Agricultural Engineering (ASAE), Monograph No.2. St Joseph, Michigan: ASAE.

ANEXO

EJEMPLOS DE HOJAS DE CÁLCULO DE PRESUPUESTOS

Se presentan ejemplos de presupuestos para varios métodos de protección. Los presupuestos se han desarrollado para la protección de 10 ha de manzanos (cv. Delicious) que se ha utilizado como ejemplo en el capítulo 2. Las tablas incluyen los siguientes presupuestos:

Sección superior del presupuesto de estufas de combustible sólido	Fig. A.1a
Sección inferior del presupuesto de estufas de combustible sólido	Fig. A.1b
Sección superior del presupuesto de estufas de combustible líquido	Fig. A.2a
Sección inferior del presupuesto de estufas de combustible líquido	Fig. A.2b
Sección superior del presupuesto de aspersores	Fig. A.3a
Sección inferior del presupuesto de aspersores	Fig. A.3b
Sección superior del presupuesto de ventiladores eléctricos y de estufas	Fig. A.4a
Sección inferior del presupuesto de ventiladores eléctricos y de estufas	Fig. A.4b
Sección superior del presupuesto de ventiladores eléctricos y aspersores	Fig. A.5a
Sección inferior del presupuesto de ventiladores eléctricos y aspersores	Fig. A.5b
Sección superior del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna	Fig. A.6a
Sección inferior del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna	Fig. A.6b
Sección superior del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna y estufas	Fig. A.7a
Sección intermediaria del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna y estufas	Fig. A.7b
Sección inferior del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna y estufas	Fig. A.7c
Sección superior del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna y aspersores	Fig. A.8a
Sección inferior del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna y aspersores	Fig. A.8b

FIGURA A.1a

A Sección superior del presupuesto de estufas de combustible sólido

Protección contra las Heladas con Estufas con Fuel Sólido

Datos de Inicialización

Leyenda

Entrada de Usuario (no necesariamente obligatorio)

Por Defecto (bloqueado)

Entrada de Usuario requerida

Vacuno (requerido)

Cálculos totales (requerido)

Nombre de la Explotación	Ricks Farm
Nombre del agricultor	Rick
Cultivo Perenne (nombre)	Manzano 'Golden Delicious'
Fecha del Análisis (dd/mm/aa)	11-ene-04
Área Total de la Explotación a Proteger (ha)	10
Número Promedio de Heladas por año	2,1
Duración Media de las Heladas (h)	5,5
Símbolo de la Divisa (por defecto $)	$
Tipo de Cambio de Divisa a EUS	1,00

DATOS ESPECÍFICOS DE LAS ESTUFAS CON FUEL SÓLIDO

M_C - Masa por unidad (kg H^{-1}).....	3,5
E_C - Producción de energía (MJ kg^{-1})...	33,4
F_C - Consumo de Fuel (kg h^{-1} H^{-1})	0,30
E_R - Requerimiento de Energía (W m^{-2}).....	140
H_H = Estufas por hectárea (H ha^{-1}).....	503
Número de Estufas en la Explotación.....	5030
Protección del método (°C).....	4

$$H_H = \frac{(E_R / E_C)}{F_C}(3.6 \times 10^7)$$

Costes de Adquisición del Equipo

Costes de Adquisición del Equipo	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Equipo de Protección	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	5
Encendido	40,00		20		800
b. Equipo de Seguimiento	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	5
Alarma de Helada	170,00		1		170
Termómetro de Mínima	16,00		2		32
c. Otros conceptos (Opcional)		$/unidad		unidades	5
Otras Unidades					
Coste Total del Equipo					1002

Estimación de la vida del Equipo (años)	15

FIGURA A.1b

Sección inferior del presupuesto de estufas de combustible sólido

Costes Variables Anuales

Costes (no relacionados con las heladas)		Valor Conocido		Valor Conocido	
a. Otros Conceptos (Opcional)		$/concepto		conceptos	$/año
Otros Conceptos					
					$/año
Costes Variables Anuales (no relacionado con las heladas)					0

Costes (relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/helada	h/helada	$/helada
Colocación, Arranque y Parada	12,00		50,00		600
Eliminación de Residuos	8,00		20,00		160
b. Fuel	$/Litro	$/Litro	Litros/helada	Litros/helada	$/helada
Fuel para Antorchas	0,40		80,00		32
c. Otros Conceptos (Opcional)		$/concepto		conceptos/helada	$/helada
Otros conceptos					
					$/helada
Costes Variables por Heladas					792
Costes Anuales Relacionados con las Heladas					1636,8

Costes (relacionados con las horas de protección	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Antorchas	$/unidad	$/h	(l/h)/ha	(l/h)/ha	$/h
Coste de la Estufa por hora	5,00		604,00		3020
b. Mano de Obra	$/h	$/h	h/h	h/h	$/h
Vigilancia por hora	12,00		1,00		12,00
c. Otros Conceptos (Opcional)	$/helada	$/concepto		conceptos/h	$/h
					$/h
Coste Total por hora					3032,00
Horas por año					11
Costes Anuales Relacionados con las horas					34767

Resumen de los Costes Anuales Totales

Cobros de los Costes Anuales Totales (Valores Presentes Anualizados)	37199	$
1. Cobros de los Costes Anuales de los Equip	67	$
2. Cobros de los Costes Anuales de los Equip	37132	$
Cobros de los Costes Anuales Totales después de Impuestos (Annualized Present Value)	29772	$
1. Costes anuales de los Equipos después de Impuestos	67	$
2. Costes Variables después de Impuestos	29705	$

Continuar

FIGURA A.2a

Sección superior del presupuesto de estufas de combustible líquido

Protección contra las Heladas con Estufas con Fuel Líquido

Datos de Inicialización

Leyenda

- Entrada de Usuario(no necesariamente obligatorio)
- Por Defecto (bloqueado)
- Entrada de Usuario Requerida
- Vinculado (bloqueado)
- Calculos Totales (bloqueado)

Nombre de la Explotación	Ricks Farm
Nombre del agricultor	Rick
Cultivo perenne (nombre)	Manzanos 'Golden Delicious'
Fecha del Análisis (dd/mm/aa)	11-ene-04
Area Total de la Explotación a Proteger (ha)	10
Número Promedio de Heladas por año	2,1
Duración Media de las Heladas (h)	5,5
Símbolo de la Divisa (por defecto $)	$
Tipo de Cambio de Divisa a EU$	1,00

DATOS ESPECÍFICOS DE LAS ESTUFAS CON FUEL LÍQUIDO

E_O - Producción de energía (MJ l^{-1})	38,0
F_C - Consumo de Fuel (l h^{-1} H^{-1})	1,4
E_R - Requerimientos de Energía (W m^{-2})	140,0
H_N = Estufas por hectárea (H ha^{-1})	98
Número de Estufas en la explotación	980
Protección del método (°C)...............	3

$$H_N = \frac{(E_R / E_O)}{F_C}(3.6\times10^{1})$$

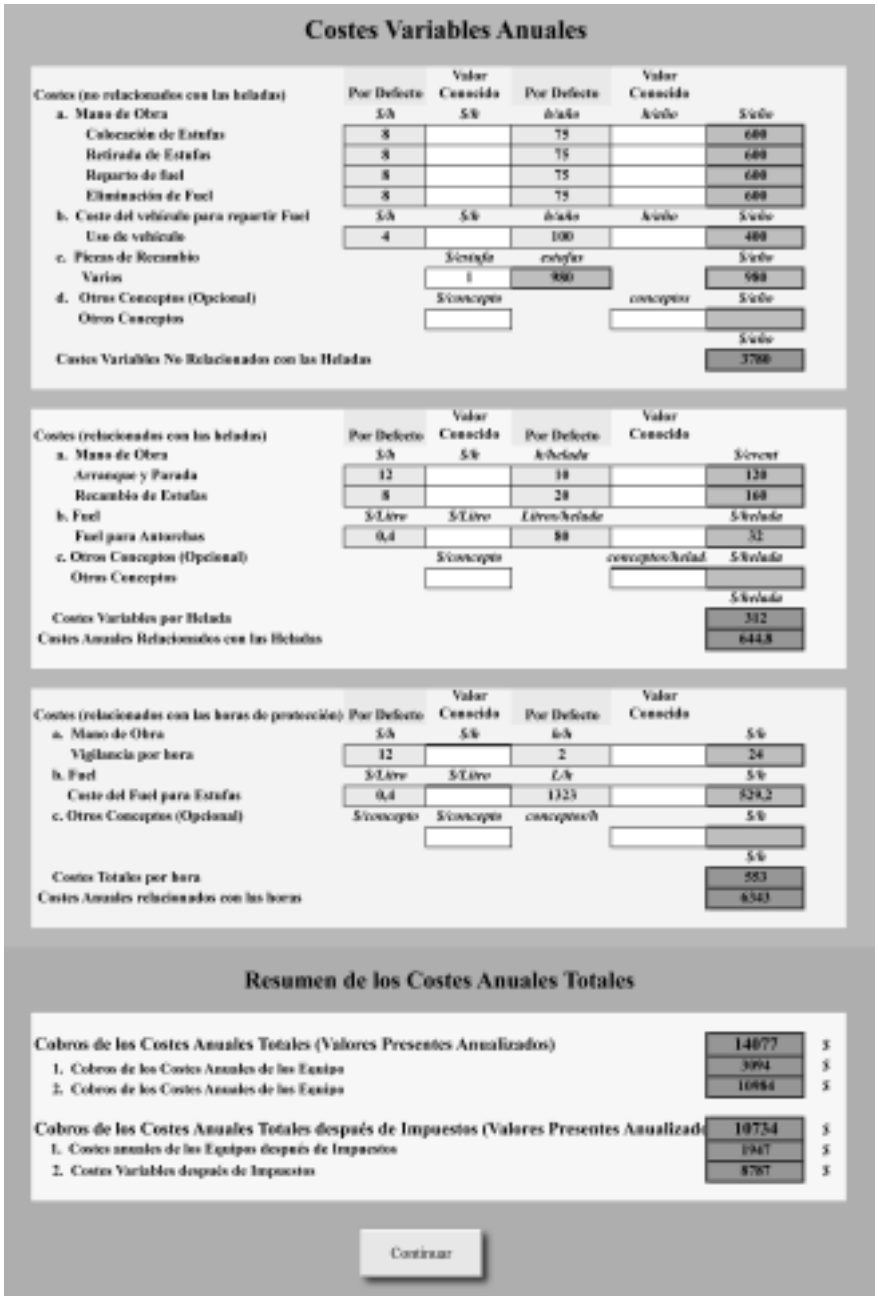
Costes de Adquisición del Equipo

Costes de Adquisición del Equipo	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Equipo de Protección	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Estufas	25		980		24500
Bidón de Fuel	600		2		1200
Bomba de Fuel	200		2		400
Tanque de Reserva	2000		1		2000
Encendido	40		20		800
b. Equipo de Seguimiento	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Alarma de Helada	170		1		170
Termómetro de Mínima	16		2		32
c. Otros Conceptos (Opcional)		$/unidad		unidades	$
Otras unidades					
Costes de Adquisición del Equipo					29102

Estimación de la vida del Equipo (años)	15

FIGURA A.2b

Sección inferior del presupuesto de estufas de combustible líquido



Costes Variables Anuales

Costes (no relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
Colocación de Estufas	8		75		600
Retirada de Estufas	8		75		600
Reparto de fuel	8		75		600
Eliminación de Fuel	8		75		600
b. Coste del vehículo para repartir Fuel	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
Uso de vehículo	4		100		400
c. Piezas de Recambio		$/estufa	estufas		$/año
Varios		1	980		980
d. Otros Conceptos (Opcional)		$/concepto		concepto	$/año
Otros Conceptos					
					$/año
Costes Variables No Relacionados con las Heladas					3780

Costes (relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/helada		$/evento
Arranque y Parada	12		10		120
Recambio de Estufas	8		20		160
b. Fuel	$/Litro	$/Litro	Litros/helada		$/helada
Fuel para Antorchas	0,4		80		32
c. Otros Conceptos (Opcional)		$/concepto		conceptos/helad.	$/helada
Otros Conceptos					
					$/helada
Costes Variables por Helada					312
Costes Anuales Relacionados con las Heladas					644,8

Costes (relacionados con las horas de protección)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/h		$/h
Vigilancia por hora	12		2		24
b. Fuel	$/Litro	$/Litro	L/h		$/h
Coste del Fuel para Estufas	0,4		1323		529,2
c. Otros Conceptos (Opcional)	$/concepto	$/concepto	conceptos/h		$/h
					$/h
Costes Totales por hora					553
Costes Anuales relacionados con las horas					6343

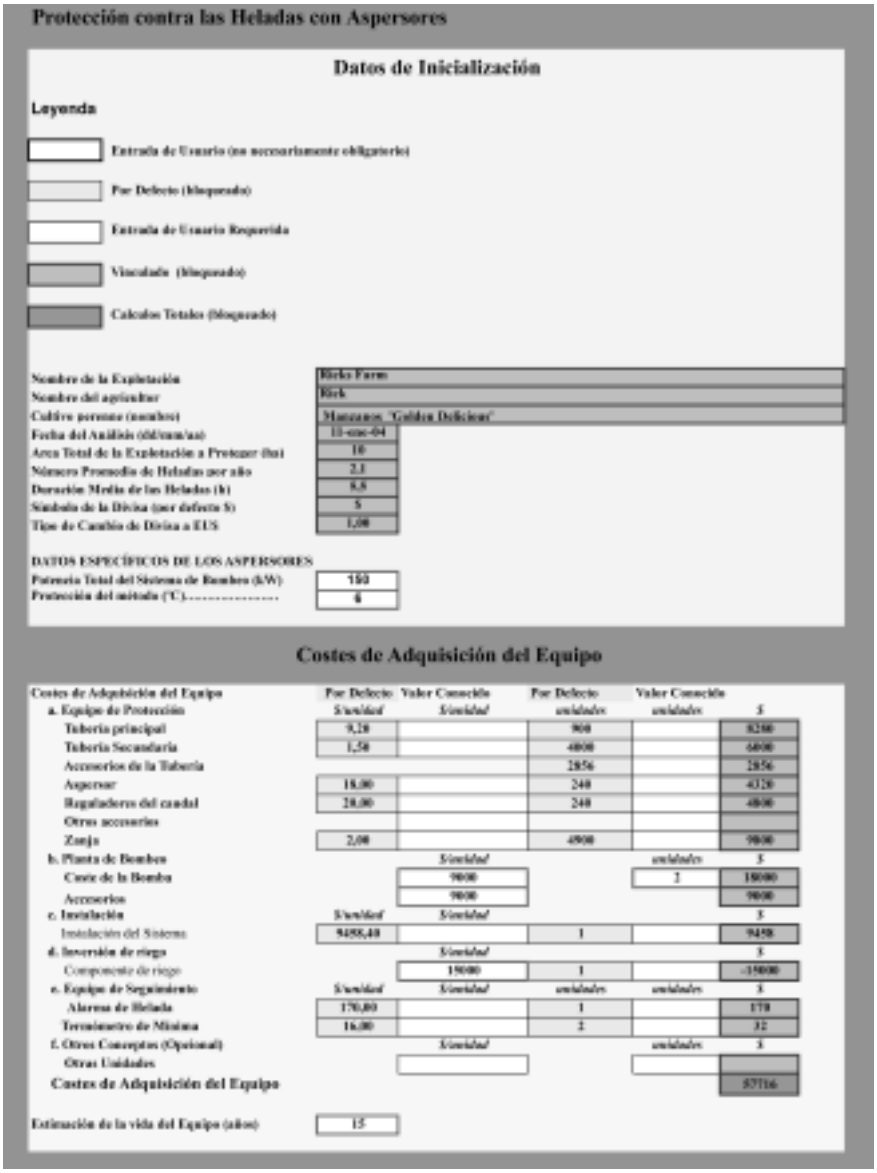
Resumen de los Costes Anuales Totales

Cobros de los Costes Anuales Totales (Valores Presentes Anualizados)	14077	$
1. Cobros de los Costes Anuales de los Equipo	3094	$
2. Cobros de los Costes Anuales de los Equipo	10984	$
Cobros de los Costes Anuales Totales después de Impuestos (Valores Presentes Anualizado	10734	$
1. Costes anuales de los Equipos después de Impuestos	1947	$
2. Costes Variables después de Impuestos	8787	$

Continuar

FIGURA A.3a

Sección superior del presupuesto de aspersores



Protección contra las Heladas con Aspersores

Datos de Inicialización

Leyenda

Entrada de Usuario (no necesariamente obligatorio)

Por Defecto (bloqueado)

Entrada de Usuario Requerida

Vinculado (bloqueado)

Cálculos Totales (bloqueado)

Nombre de la Explotación	Birks Farm
Nombre del agricultor	Birk
Cultivo perenne (nombre)	Manzanos 'Golden Delicious'
Fecha del Análisis (dd/mm/aa)	11-ene-04
Area Total de la Explotación a Proteger (ha)	10
Número Promedio de Heladas por año	2,1
Duración Media de las Heladas (h)	8,8
Simbolo de la Divisa (por defecto $)	$
Tipo de Cambio de Divisa a EUS	1,00

DATOS ESPECÍFICOS DE LOS ASPERSORES

Potencia Total del Sistema de Bombeo (kW)	150
Protección del método (°C).....	4

Costes de Adquisición del Equipo

Costes de Adquisición del Equipo	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
a. Equipo de Protección					
Tubería principal	9,20		900		8280
Tubería Secundaria	1,50		4000		6000
Accesorios de la Tubería			2856		2856
Aspersor	18,00		240		4320
Reguladores del caudal	20,00		240		4800
Otros accesorios					
Zanja	2,00		4900		9800
b. Planta de Bombeo		$/unidad		unidades	$
Coste de la Bomba		9000		2	18000
Accesorios		9000			9000
c. Instalación	$/unidad	$/unidad			$
Instalación del Sistema	9450,40		1		9450
d. Inversión de riego		$/unidad			$
Componente de riego		15000	1		-15000
e. Equipo de Seguimiento	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Alarma de Helada	170,00		1		170
Termómetro de Mínima	16,00		2		32
f. Otros Conceptos (Opcional)		$/unidad		unidades	$
Otras Unidades					
Costes de Adquisición del Equipo					57716

Estimación de la vida del Equipo (años)	15

FIGURA A.3b

Sección inferior del presupuesto de aspersores

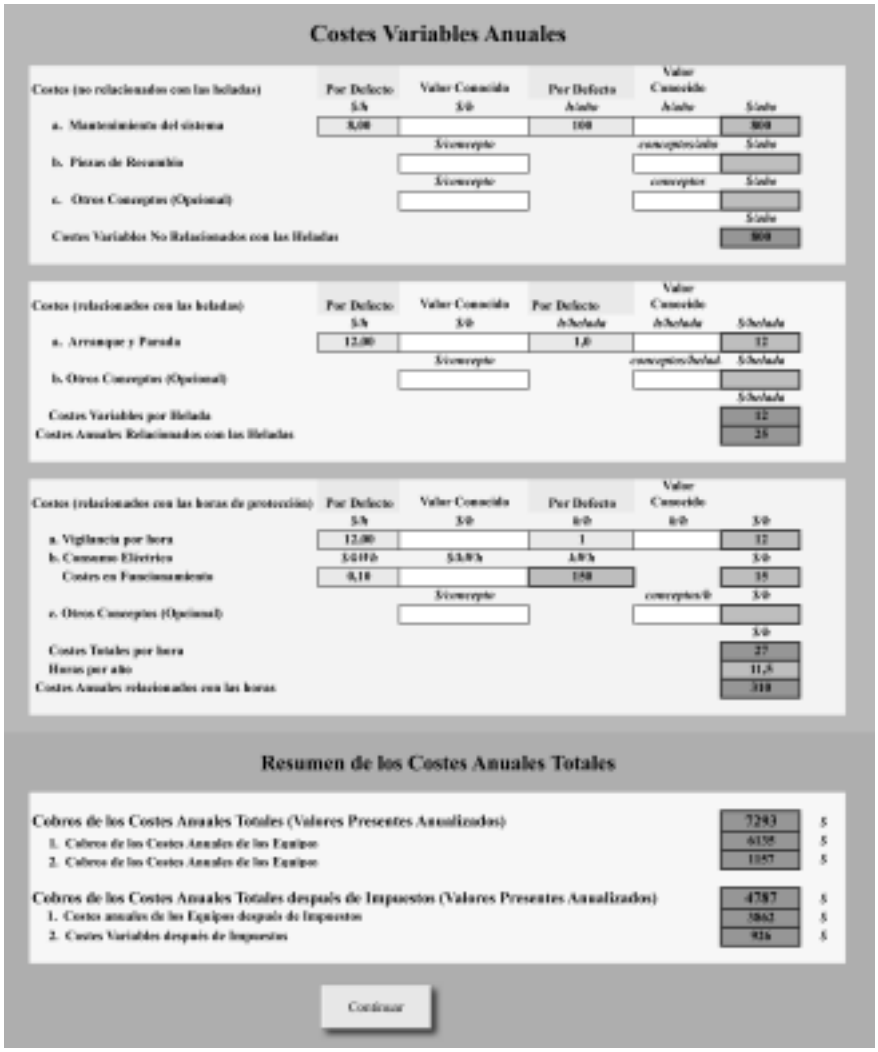
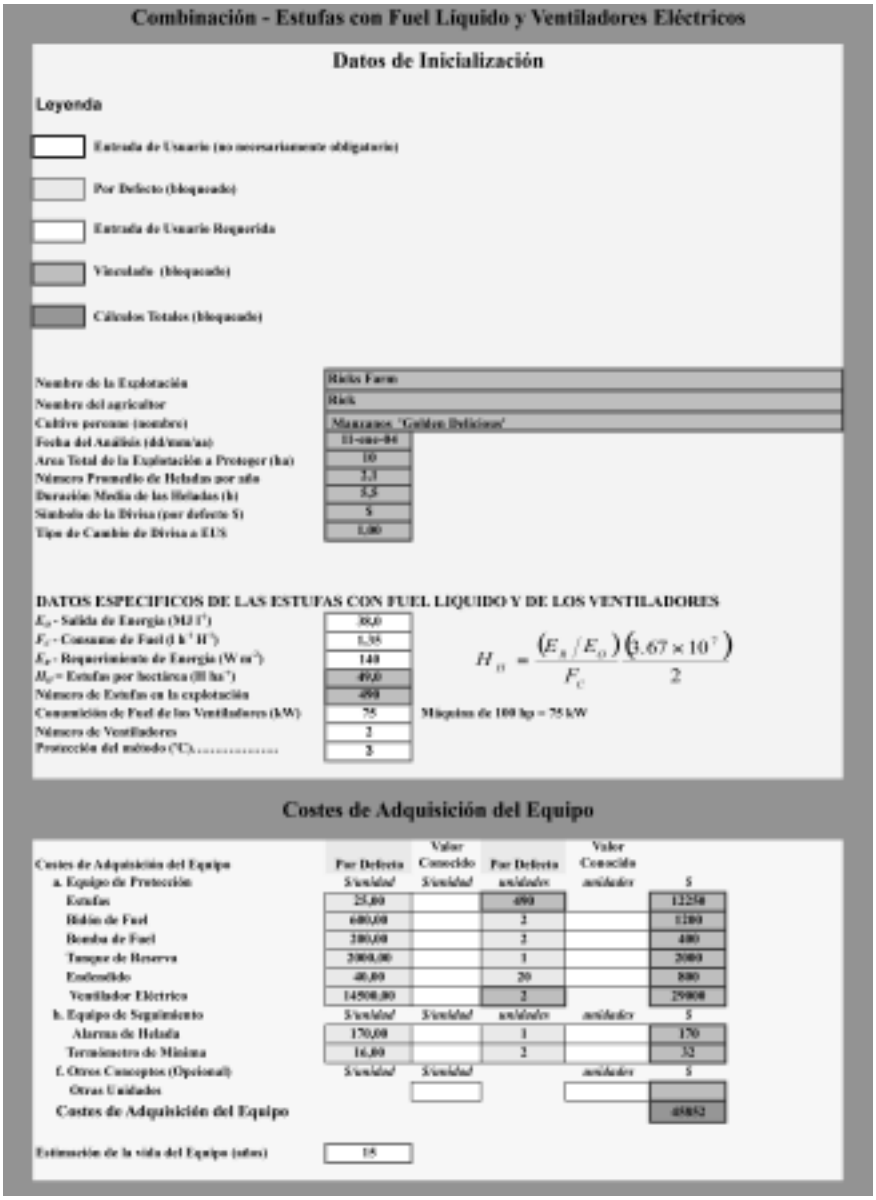


FIGURA A.4a

Sección superior del presupuesto de ventiladores eléctricos y de estufas



Combinación - Estufas con Fuel Líquido y Ventiladores Eléctricos

Datos de Inicialización

Leyenda

Entrada de Usuario (no necesariamente obligatoria)

Por Defecto (bloqueado)

Entrada de Usuario Requerida

Vinculado (bloqueado)

Cálculos Totales (bloqueado)

Nombre de la Explotación	Ricks Farm
Nombre del agricultor	Rick
Cultivo perenne (nombre)	Manzanos 'Golden Delicious'
Fecha del Análisis (dd/mm/aa)	11-ene-04
Area Total de la Explotación a Proteger (ha)	10
Número Promedio de Heladas por año	2,1
Duración Media de las Heladas (h)	5,5
Símbolo de la Divisa (por defecto $)	$
Tipo de Cambio de Divisa a EUS	1,00

DATOS ESPECIFICOS DE LAS ESTUFAS CON FUEL LIQUIDO Y DE LOS VENTILADORES

E_O - Salida de Energía (MJ l^{-1})	88,0
F_C - Consumo de Fuel (l h^{-1} H^{-1})	1,35
E_R - Requerimiento de Energía (W m^{-2})	140
H_O = Estufas por hectárea (H ha^{-1})	49,0
Número de Estufas en la explotación	490
Conumición de Fuel de los Ventiladores (kW)	75
Número de Ventiladores	2
Protección del método (°C).....	3

$$H_O = \frac{(E_R / E_O)(3.67 \times 10^7)}{F_C} \frac{}{2}$$

Máquina de 100 hp = 75 kW

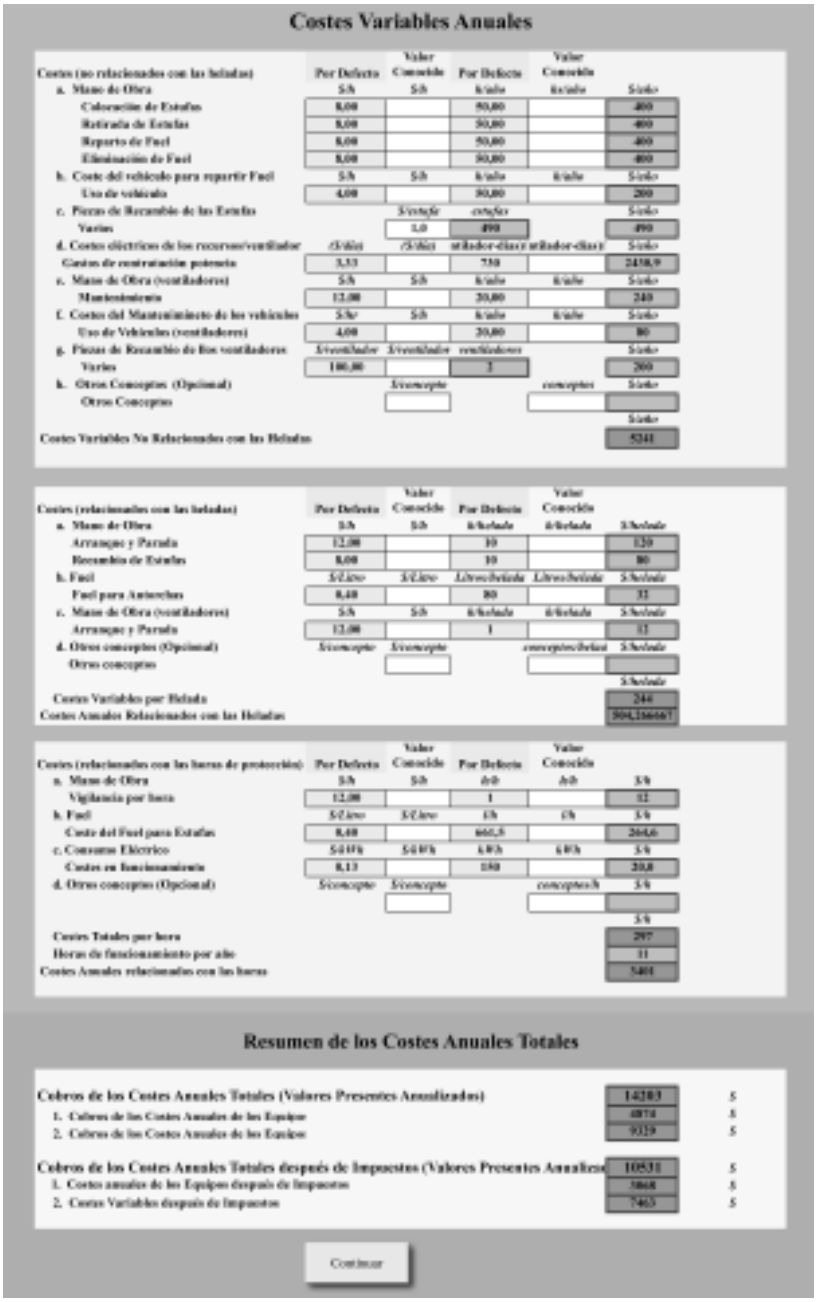
Costes de Adquisición del Equipo

Costes de Adquisición del Equipo	Por Defecto $/unidad	Valor Conocido $/unidad	Por Defecto unidades	Valor Conocido unidades	$
a. Equipo de Protección					
Estufas	25,00		490		12250
Bidón de Fuel	600,00		2		1200
Bomba de Fuel	200,00		2		400
Tanque de Reserva	2000,00		1		2000
Encendido	40,00		20		800
Ventilador Eléctrico	14500,80		2		29008
b. Equipo de Seguimiento	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Alarma de Helada	170,00		1		170
Termómetro de Mínima	16,00		2		32
f. Otros Conceptos (Opcional)	$/unidad	$/unidad		unidades	$
Otras Unidades					
Costes de Adquisición del Equipo					45852

Estimación de la vida del Equipo (años) 15

FIGURA A.4b

Sección inferior del presupuesto de ventiladores eléctricos y de estufas



Costes Variables Anuales

Costes (no relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
Colocación de Estufas	8,00		50,00		400
Retirada de Estufas	8,00		50,00		400
Reparto de Fuel	8,00		50,00		400
Eliminación de Fuel	8,00		50,00		400
b. Coste del vehículo para repartir Fuel	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
Uso de vehículo	4,00		50,00		200
c. Piezas de Recambio de las Estufas		$/estufa	estufas		$/año
Varias		1,0	490		490
d. Costes eléctricos de los recursos/ventilador	c$/día)	c$/día)	ntilador-clase	ntilador-clase	$/año
Gastos de contratación potencia	3,33		730		2438,9
e. Mano de Obra (ventiladores)	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
Mantenimiento	12,00		20,00		240
f. Costes del Mantenimiento de los vehículos	$/hr	$/h	h/año	h/año	$/año
Uso de Vehículos (ventiladores)	4,00		20,00		80
g. Piezas de Recambio de los ventiladores	$/ventilador	$/ventilador	ventiladores		$/año
Varias	100,00		2		200
h. Otros Conceptos (Opcional)		$/concepto		conceptos	$/año
Otros Conceptos					
					$/año
Costes Variables No Relacionados con las Heladas					5241

Costes (relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/helada	h/helada	$/helada
Arranque y Parada	12,00		10		120
Recambio de Estufas	8,00		10		80
b. Fuel	$/Litro	$/Litro	Litros/helada	Litros/helada	$/helada
Fuel para Aniversios	0,40		80		32
c. Mano de Obra (ventiladores)	$/h	$/h	h/helada	h/helada	$/helada
Arranque y Parada	12,00		1		12
d. Otros conceptos (Opcional)	$/concepto	$/concepto		conceptos/helad	$/helada
Otros conceptos					
					$/helada
Costes Variables por Helada					244
Costes Anuales Relacionados con las Heladas					904,136667

Costes (relacionados con las horas de protección)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/h	h/h	$/h
Vigilancia por horas	12,00		1		12
b. Fuel	$/Litro	$/Litro	l/h	l/h	$/h
Coste del Fuel para Estufas	0,40		660,5		264,6
c. Consumo Eléctrico	$/kWh	$/kWh	kW/h	kW/h	$/h
Costes en funcionamiento	0,13		160		20,8
d. Otros conceptos (Opcional)	$/concepto	$/concepto		conceptos/h	$/h
					$/h
Costes Totales por hora					297
Horas de funcionamiento por año					11
Costes Anuales relacionados con las horas					3404

Resumen de los Costes Anuales Totales

Cobros de los Costes Anuales Totales (Valores Presentes Anualizados)	14383	$
1. Cobros de los Costes Anuales de los Equipos	6874	$
2. Cobros de los Costes Anuales de los Equipos	9329	$
Cobros de los Costes Anuales Totales después de Impuestos (Valores Presentes Anualizados	10531	$
1. Costes anuales de los Equipos después de Impuestos	5868	$
2. Costes Variables después de Impuestos	7465	$

Continuar

FIGURA A.5a

Sección superior del presupuesto de ventiladores eléctricos y aspersores

Combinación - Aspersores y Ventiladores Eléctricos

Datos de Inicialización

Leyenda

- Entrada de Usuario (no necesariamente obligatorio)
- Por Defecto (bloqueado)
- Entrada de Usuario Requerida
- Vinculado (bloqueado)
- Cálculos Totales (bloqueado)

Nombre de la Explotación	Ricks Farm
Nombre del agricultor	Rick
Cultivo perenne (nombre)	Manzanas 'Golden Delicious'
Fecha del Análisis (dd/mm/aa)	11-ene-84
Area Total de la Explotación a Proteger (ha)	10
Número Promedio de Heladas por año	2,1
Duración Media de las Heladas (h)	5,5
Símbolo de la Divisa (por defecto $)	$
Tipo de Cambio de Divisa a EUS	1,00

DATOS DE LOS VENTILADORES Y DE LOS ASPERSORES

Potencia de los ventiladores (kW)	75
Número de ventiladores	2
Potencia total de Bombeo para los Aspersores (	150
Protección del método (°C)----------	4

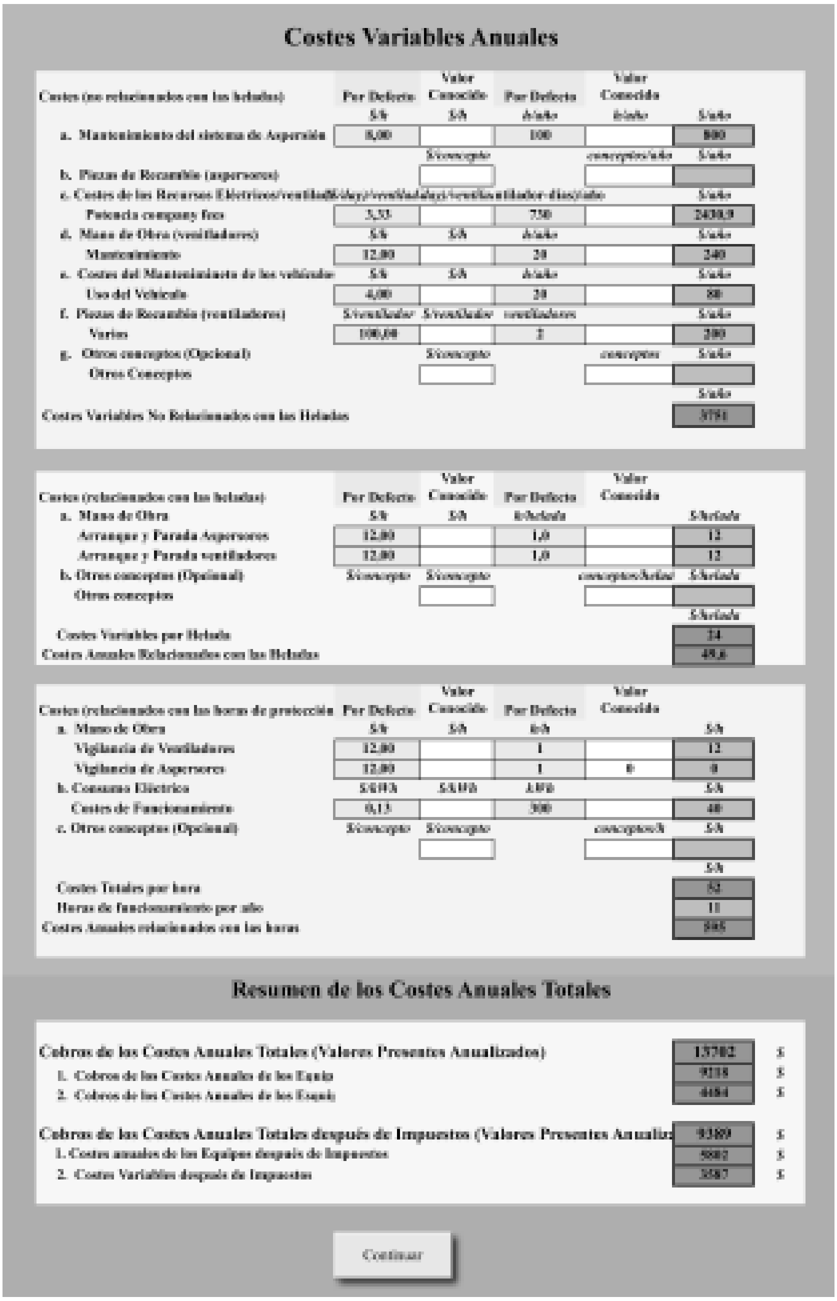
Costes de Adquisición del Equipo

Costes de Adquisición del Equipo	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Equipo del Ventilador	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Ventilador Eléctrico	14500,0		2		29000
b. Equipo del Aspersor	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Tubería principal	9,20		900		8280
Tubería Secundaria	1,50		4000		6000
Tubería terciaria			2856		28560
Aspersores	18,80		240		4320
Reguladores del caudal	20,80		240		4800
Otros accesorios			unidades	unidades	
Zanja	2,00		4900		9800
c. Planta de bombeo		$/unidad		unidades	$
Coste de la bomba		9000		2	18000
Accesorios		9000			9000
d. Instalación	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Instalación del Sistema	9458,40		1		9458,4
e. Inversión de riego		$/unidad			$
Componente de riego		15000	1		-15000
f. Equipo de Seguimiento	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Alarma de Helada	170,00		1		170
Termómetro de Mínima	16,00		2		32
g. Otros Conceptos (Opcional)		$/unidad		unidades	$
Otras Unidades					
Costes de Adquisición del Equipo					86716

Estimación de la vida del Equipo (años)	15

FIGURA A.5b

Sección inferior del presupuesto de ventiladores eléctricos y aspersores



Costes Variables Anuales

Costes (no relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
a. Mantenimiento del sistema de Aspersión	8,00		100		800
		$/concepto		conceptos/año	$/año
b. Piezas de Recambio (aspersores)					
c. Costes de los Recursos Eléctricos/ventilad$/día ventilador-días/año					$/año
Potencia company fees	3,33		730		2430,9
d. Mano de Obra (ventiladores)	$/h	$/h	h/año		$/año
Mantenimiento	12,00		20		240
e. Costes del Mantenimiento de los vehículos	$/h	$/h	h/año		$/año
Uso del Vehículo	4,00		20		80
f. Piezas de Recambio (ventiladores)	$/ventilador	$/ventilador	ventiladores		$/año
Varios	100,00		2		200
g. Otros conceptos (Opcional)		$/concepto		conceptos	$/año
Otros Conceptos					
					$/año
Costes Variables No Relacionados con las Heladas					3751

Costes (relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/helada		$/helada
Arranque y Parada Aspersores	12,00		1,0		12
Arranque y Parada ventiladores	12,00		1,0		12
b. Otros conceptos (Opcional)	$/concepto	$/concepto		conceptos/helad	$/helada
Otros conceptos					
					$/helada
Costes Variables por Helada					24
Costes Anuales Relacionados con las Heladas					49,6

Costes (relacionados con las horas de protección	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/h		$/h
Vigilancia de Ventiladores	12,00		1		12
Vigilancia de Aspersores	12,00		1	0	0
b. Consumo Eléctrico	$/kWh	$/kWh	kWh		$/h
Costes de Funcionamiento	0,13		300		40
c. Otros conceptos (Opcional)	$/concepto	$/concepto		conceptos/h	$/h
					$/h
Costes Totales por hora					52
Horas de funcionamiento por año					11
Costes Anuales relacionados con las horas					595

Resumen de los Costes Anuales Totales

Cobros de los Costes Anuales Totales (Valores Presentes Anualizados)	13702	$
1. Cobros de los Costes Anuales de los Equip	9218	$
2. Cobros de los Costes Anuales de los Equip	4484	$
Cobros de los Costes Anuales Totales después de Impuestos (Valores Presentes Anualiz	9389	$
1. Costes anuales de los Equipos después de Impuestos	5802	$
2. Costes Variables después de Impuestos	3587	$

Continuar

FIGURA A.6a

Sección superior del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna

Protección contra las Heladas con Ventiladores de Combustión Interna

Datos de Inicialización

Leyenda

Entrada de Usuario (no necesariamente obligatoria)

Por Defecto (bloqueado)

Entrada de Usuario Requerida

Vinculado (bloqueado)

Calculos Totales (bloqueado)

Nombre de la Explotación	Ricks Farm
Nombre del agricultor	Rick
Cultivo perenne (nombre)	Manzanas 'Golden Delicious'
Fecha del Análisis (dd/mm/aa)	11-ene-04
Area Total de la Explotación a Proteger (ha)	10
Número Promedio de Heladas por año	2,1
Duración Media de las Heladas (h)	5,5
Símbolo de la Divisa (por defecto $)	$
Tipo de Cambio de Divisa a EUS	1,00

DATOS ESPECÍFICOS DE LOS VENTILADORES

Potencia del ventilador (kW)	93	Máquina de 125 hp = 93 KW
Número de ventiladores	2	
Protección del método (°C).....	2	

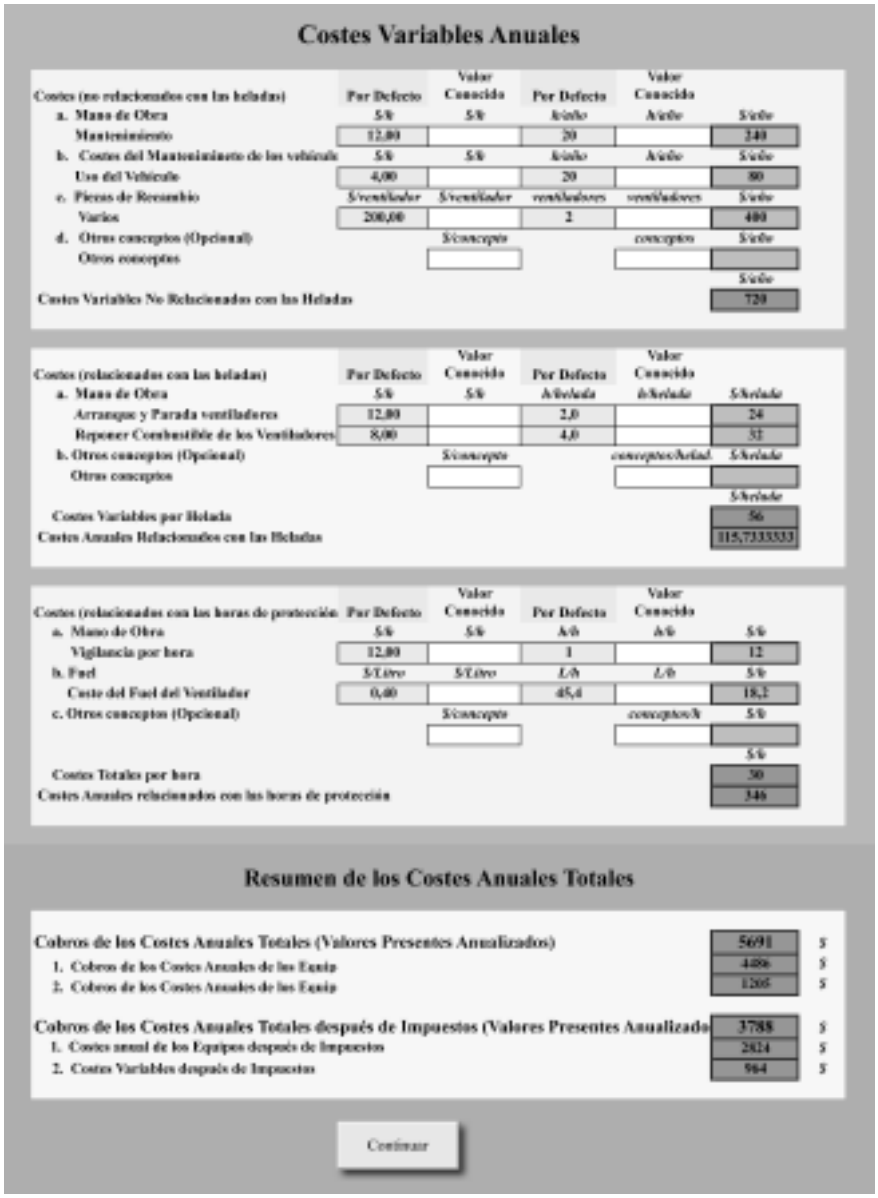
Costes de Adquisición del Equipo

Costes de Adquisición del Equipo	Por Defecto $/unidad	Valor Conocido $/unidad	Por Defecto unidades	Valor Conocido unidades	$
a. Equipo de Protección					
Torre, ventilador, motor, tanque de fuel	21000		2		42000
b. Equipo de Seguimiento					
Alarma de Helada	170,00		1		170
Termómetro de Mínima	16,00		2		32
c. Otros conceptos (Opcional)					
Otras unidades					
Costes de Adquisición del Equipo					42202

Estimación de la vida del Equipo (años)	15

FIGURA A.6b

Sección inferior del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna



Costes Variables Anuales

Costes (no relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
Mantenimiento	12,00		20		240
b. Costes del Mantenimiento de los vehículo	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
Uso del Vehículo	4,00		20		80
c. Piezas de Recambio	$/ventilador	$/ventilador	ventiladores	ventiladores	$/año
Varios	200,00		2		400
d. Otros conceptos (Opcional)		$/concepto		concepto	$/año
Otros conceptos					
					$/año
Costes Variables No Relacionados con las Heladas					720

Costes (relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/helada	h/helada	$/helada
Arranque y Parada ventiladores	12,00		2,0		24
Reponer Combustible de los Ventiladores	8,00		4,0		32
b. Otros conceptos (Opcional)		$/concepto		conceptos/helad.	$/helada
Otros conceptos					
					$/helada
Costes Variables por Helada					56
Costes Anuales Relacionados con las Heladas					115,7333333

Costes (relacionados con las horas de protección	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/h	h/h	$/h
Vigilancia por hora	12,00		1		12
b. Fuel	$/Litro	$/Litro	L/h	L/h	$/h
Coste del Fuel del Ventilador	0,40		45,4		18,2
c. Otros conceptos (Opcional)		$/concepto		concepto/h	$/h
					$/h
Costes Totales por hora					30
Costes Anuales relacionados con las horas de protección					346

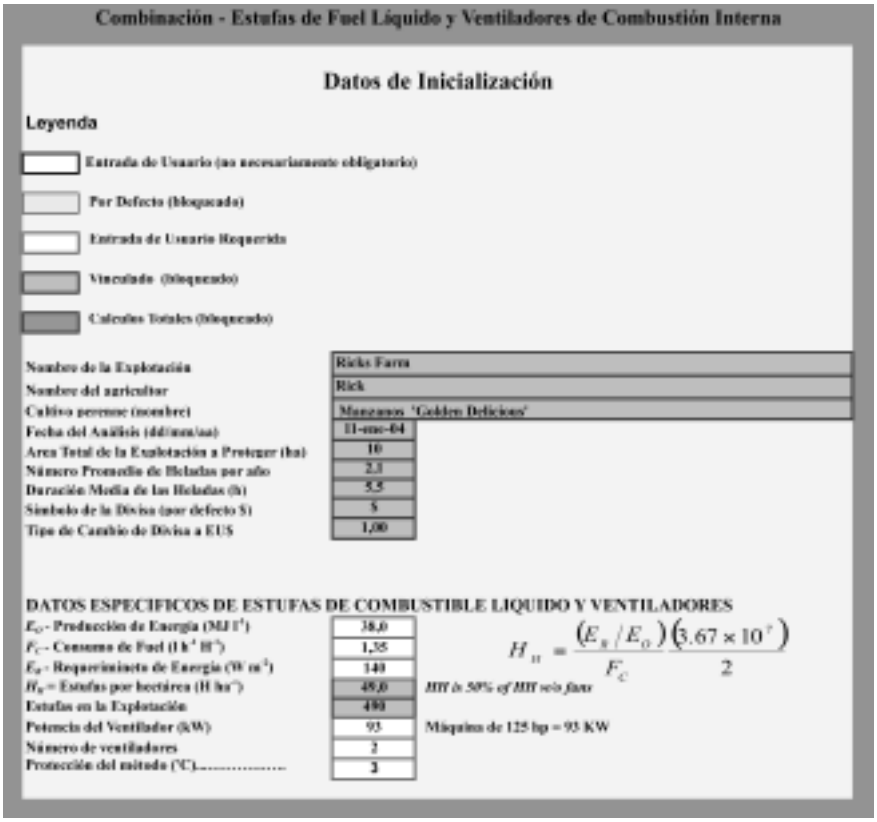
Resumen de los Costes Anuales Totales

Cobros de los Costes Anuales Totales (Valores Presentes Anualizados)	5691	$
1. Cobros de los Costes Anuales de los Equip	4486	$
2. Cobros de los Costes Anuales de los Equip	1205	$
Cobros de los Costes Anuales Totales después de Impuestos (Valores Presentes Anualizado	3788	$
1. Costes anual de los Equipos después de Impuestos	2824	$
2. Costes Variables después de Impuestos	964	$

Continuar

FIGURA A.7a

Sección superior del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna y estufas



Combinación - Estufas de Fuel Líquido y Ventiladores de Combustión Interna

Datos de Inicialización

Leyenda

- Entrada de Usuario (no necesariamente obligatorio)
- Por Defecto (bloqueado)
- Entrada de Usuario Requerida
- Vinculado (bloqueado)
- Cálculos Totales (bloqueado)

Nombre de la Explotación	Ricks Farm
Nombre del agricultor	Rick
Cultivo perenne (nombre)	Manzanos 'Golden Delicious'
Fecha del Análisis (dd/mm/aa)	11-ene-04
Area Total de la Explotación a Proteger (ha)	10
Número Promedio de Heladas por año	2,1
Duración Media de las Heladas (h)	5,5
Símbolo de la Divisa (por defecto $)	$
Tipo de Cambio de Divisa a EUS	1,00

DATOS ESPECIFICOS DE ESTUFAS DE COMBUSTIBLE LIQUIDO Y VENTILADORES

E_O - Producción de Energía (MJ l^{-1})	38,0
F_C - Consumo de Fuel (l h^{-1} H^{-1})	1,35
E_R - Requerimiento de Energía (W m^{-2})	140
H_H = Estufas por hectárea (H ha^{-1})	49,0
Estufas en la Explotación	490
Potencia del Ventilador (kW)	93
Número de ventiladores	2
Protección del mitrado (°C).....	3

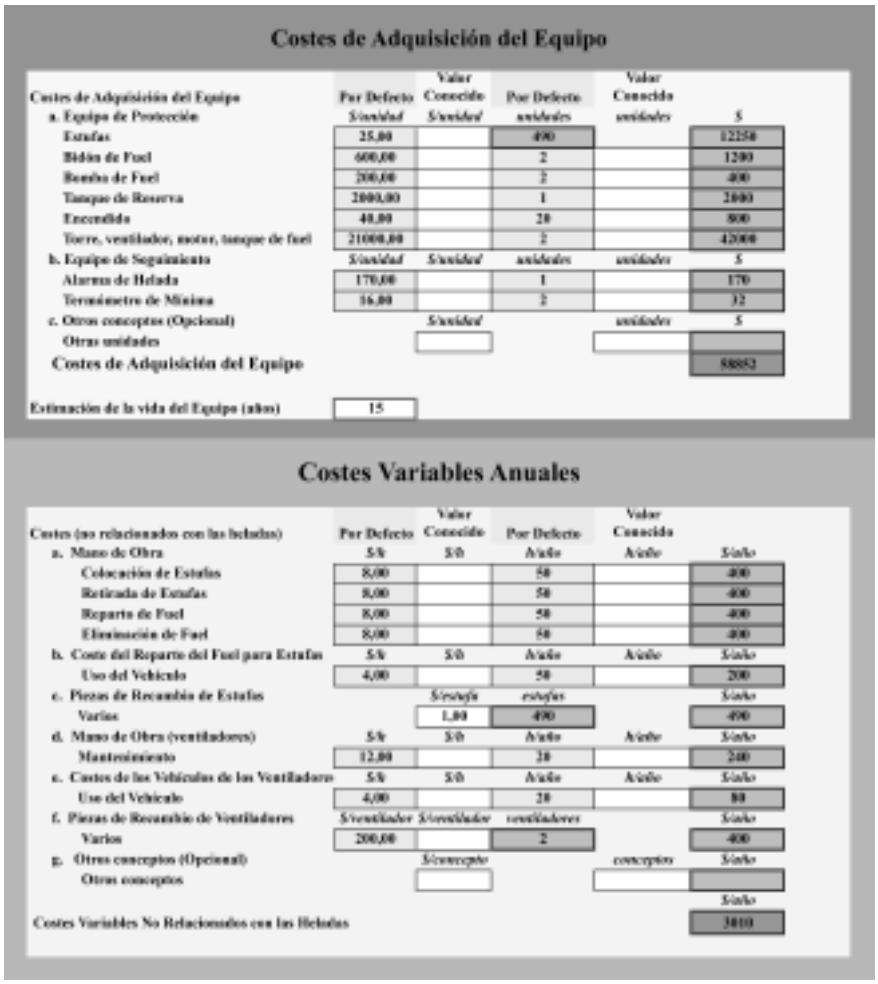
$$H_H = \frac{(E_R / E_O)}{F_C} \frac{(3.67 \times 10^7)}{2}$$

HH is 50% of HH w/o fans

Máquina de 125 hp = 93 KW

FIGURA A.7b

Sección intermediaria del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna y estufas



Costes de Adquisición del Equipo

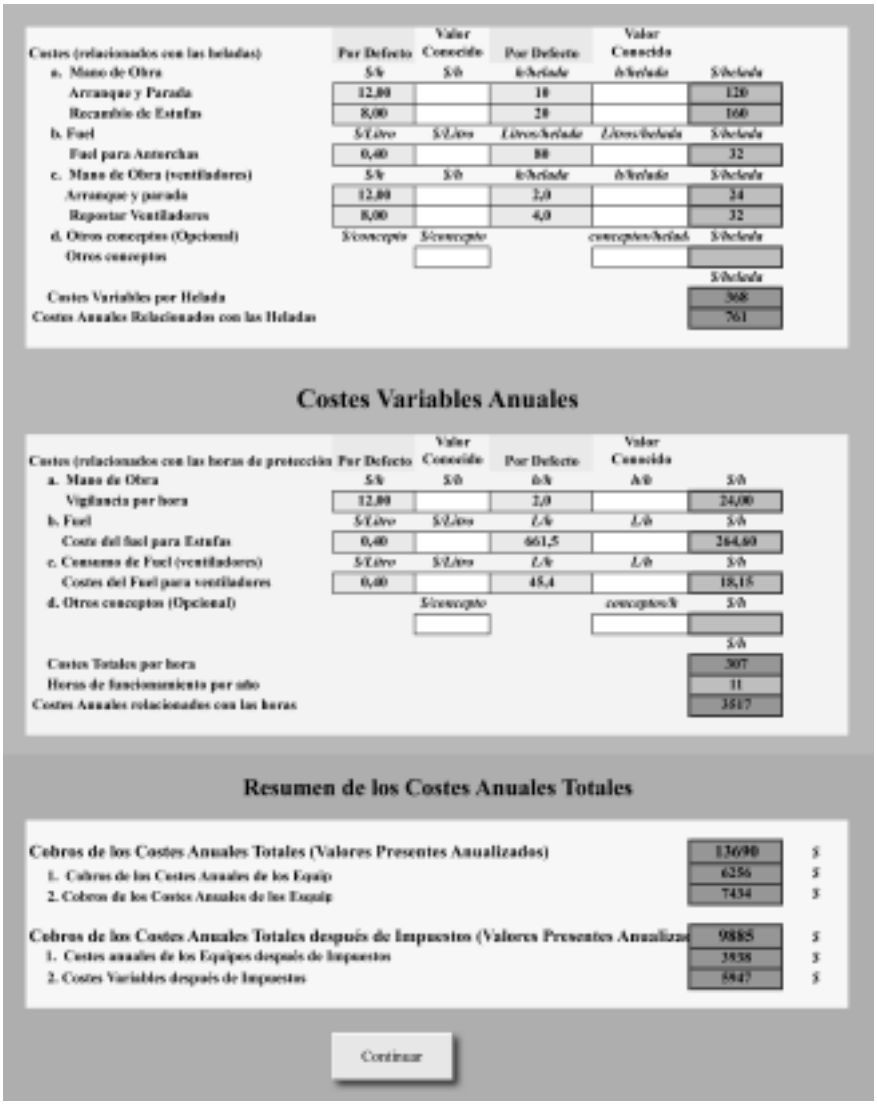
Costes de Adquisición del Equipo	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Equipo de Protección	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Estufas	25,00		490		12250
Bidón de Fuel	600,00		2		1200
Bomba de Fuel	200,00		2		400
Tanque de Reserva	2000,00		1		2000
Encendido	40,00		20		800
Torre, ventilador, motor, tanque de fuel	21000,00		2		42000
b. Equipo de Seguimiento	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Alarma de Helada	170,00		1		170
Termómetro de Mínima	16,00		2		32
c. Otros conceptos (Opcional)		$/unidad		unidades	$
Otras unidades					
Costes de Adquisición del Equipo					58852
Estimación de la vida del Equipo (años)	15				

Costes Variables Anuales

Costes (no relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocida	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
Colocación de Estufas	8,00		50		400
Retirada de Estufas	8,00		50		400
Reparto de Fuel	8,00		50		400
Eliminación de Fuel	8,00		50		400
b. Coste del Reparto del Fuel para Estufas	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
Uso del Vehículo	4,00		50		200
c. Piezas de Recambio de Estufas		$/estufa	estufas		$/año
Varios		1,00	490		490
d. Mano de Obra (ventiladores)	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
Mantenimiento	12,00		20		240
e. Costes de los Vehículos de los Ventiladores	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
Uso del Vehículo	4,00		20		80
f. Piezas de Recambio de Ventiladores	$/ventilador	$/ventilador	ventiladores		$/año
Varios	200,00		2		400
g. Otros conceptos (Opcional)		$/concepto		conceptos	$/año
Otros conceptos					
					$/año
Costes Variables No Relacionados con las Heladas					3010

FIGURA A.7c

Sección inferior del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna y estufas



Costes (relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/helada	h/helada	$/helada
Arranque y Parada	12,00		10		120
Recambio de Estufas	8,00		20		160
b. Fuel	$/Litro	$/Litro	Litros/helada	Litros/helada	$/helada
Fuel para Antorchas	0,40		80		32
c. Mano de Obra (ventiladores)	$/h	$/h	h/helada	h/helada	$/helada
Arranque y parada	12,00		2,0		24
Reportar Ventiladores	8,00		4,0		32
d. Otros conceptos (Opcional)	$/concepto	$/concepto		concepto/helad.	$/helada
Otros conceptos					
					$/helada
Costes Variables por Helada					368
Costes Anuales Relacionados con las Heladas					761

Costes Variables Anuales

Costes (relacionados con las horas de protección	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/h	h/h	$/h
Vigilancia por hora	12,00		2,0		24,00
b. Fuel	$/Litro	$/Litro	L/h	L/h	$/h
Coste del fuel para Estufas	0,40		661,5		264,60
c. Consumo de Fuel (ventiladores)	$/Litro	$/Litro	L/h	L/h	$/h
Costes del Fuel para ventiladores	0,40		45,4		18,15
d. Otros conceptos (Opcional)		$/concepto		concepto/h	$/h
					$/h
Costes Totales por hora					307
Horas de funcionamiento por año					11
Costes Anuales relacionados con las horas					3517

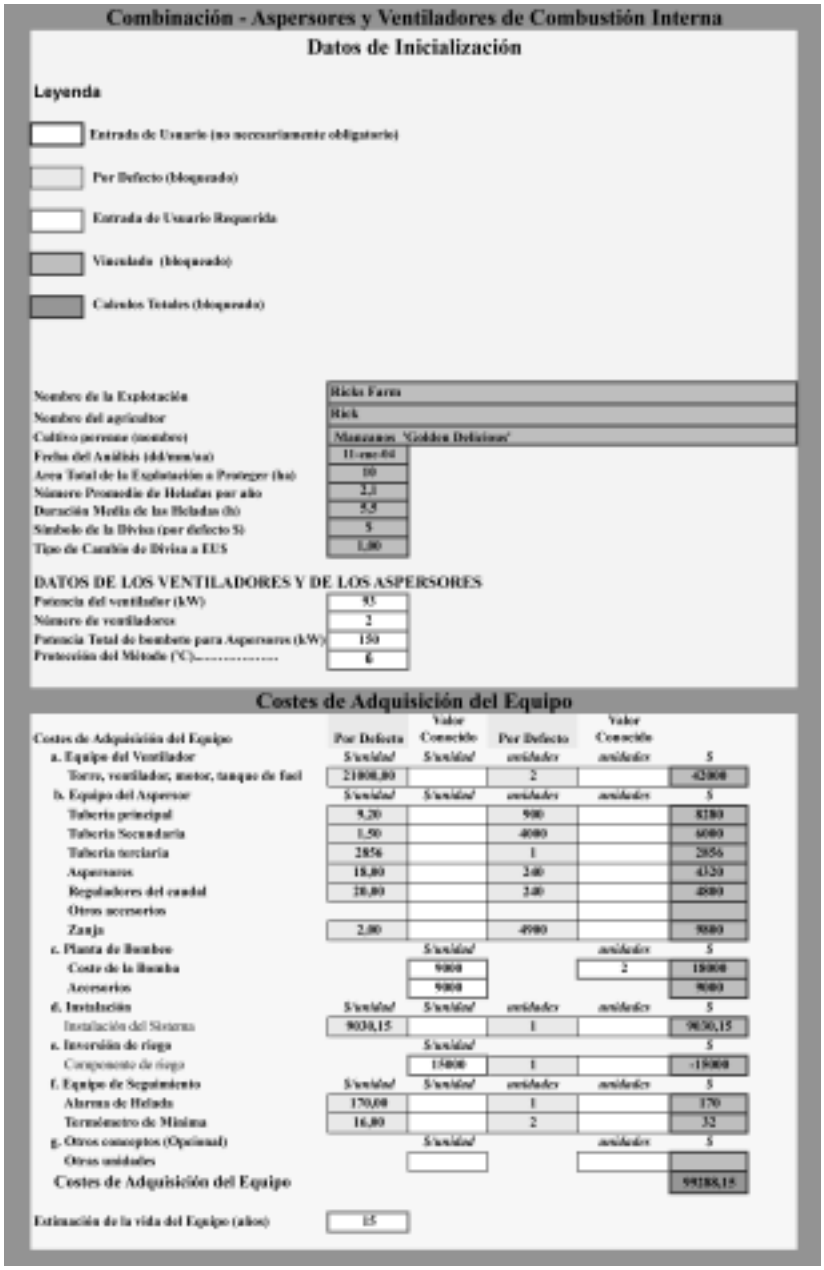
Resumen de los Costes Anuales Totales

Cobros de los Costes Anuales Totales (Valores Presentes Anualizados)	13690	$
1. Cobros de los Costes Anuales de los Equip	6256	$
2. Cobros de los Costes Anuales de los Equip	7434	$
Cobros de los Costes Anuales Totales después de Impuestos (Valores Presentes Anualizad	9885	$
1. Costes anuales de los Equipos después de Impuestos	3938	$
2. Costes Variables después de Impuestos	5847	$

Continuar

FIGURA A.8a

Sección superior del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna y aspersores



Combinación - Aspersores y Ventiladores de Combustión Interna

Datos de Inicialización

Leyenda

- Entrada de Usuario (no necesariamente obligatorio)
- Por Defecto (bloqueado)
- Entrada de Usuario Requerida
- Vinculado (bloqueado)
- Cálculos Totales (bloqueado)

Nombre de la Explotación	Ricks Farm
Nombre del agricultor	Rick
Cultivo perenne (nombre)	Manzanas 'Golden Delicious'
Fecha del Análisis (dd/mm/aa)	11-ene-04
Area Total de la Explotación a Proteger (ha)	10
Número Promedio de Heladas por año	2,1
Duración Media de las Heladas (h)	5,5
Símbolo de la Divisa (por defecto $)	$
Tipo de Cambio de Divisa a EUS	1,00

DATOS DE LOS VENTILADORES Y DE LOS ASPERSORES

Potencia del ventilador (kW)	93
Número de ventiladores	2
Potencia Total de bombeo para Aspersores (kW)	150
Protección del Método (°C)----------	6

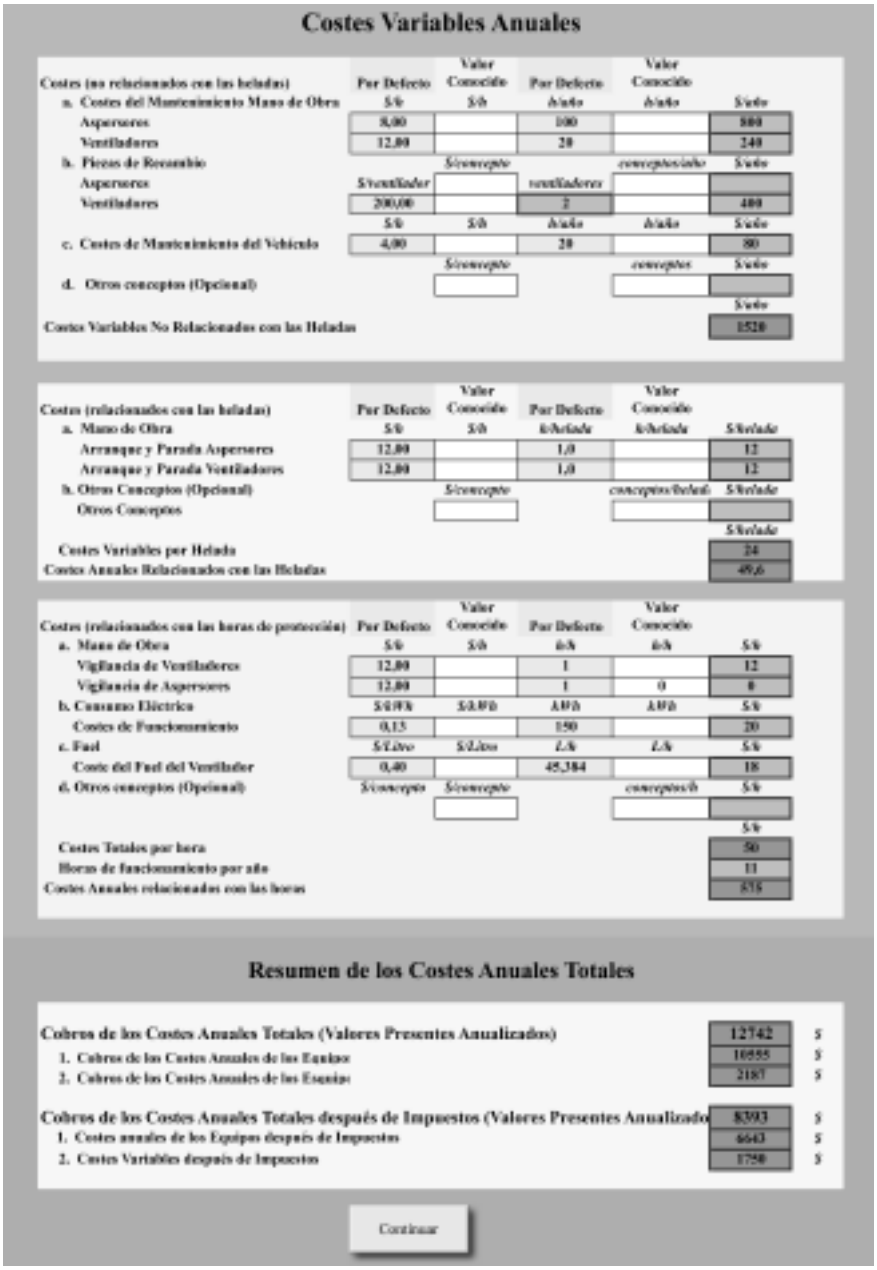
Costes de Adquisición del Equipo

Costes de Adquisición del Equipo	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Equipo del Ventilador	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Torre, ventilador, motor, tanque de fuel	21008,80		2		42008
b. Equipo del Aspersor	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Tubería principal	9,20		900		8280
Tubería Secundaria	1,50		4000		6000
Tubería terciaria	2856		1		2856
Aspersores	18,80		240		4320
Reguladores del caudal	20,80		240		4800
Otros accesorios					
Zanja	2,00		4900		9800
c. Planta de Bombeo		$/unidad		unidades	$
Coste de la Bomba		9800		2	19600
Accesorios		9800			9800
d. Instalación	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Instalación del Sistema	9030,15		1		9030,15
e. Inversión de riego		$/unidad			$
Componente de riego		15400	1		15400
f. Equipo de Seguimiento	$/unidad	$/unidad	unidades	unidades	$
Alarma de Helada	170,00		1		170
Termómetro de Mínima	16,00		2		32
g. Otros conceptos (Opcional)		$/unidad		unidades	$
Otras unidades					
Costes de Adquisición del Equipo					99188,15

Estimación de la vida del Equipo (años)	15

FIGURA A.8b

Sección inferior del presupuesto de ventiladores con motor de combustión interna y aspersores



Costes Variables Anuales

Costes (no relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Costes del Mantenimiento Mano de Obra	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
Aspersores	8,00		100		800
Ventiladores	12,00		20		240
b. Piezas de Recambio		$/concepto		conceptos/año	$/año
Aspersores	$/ventilador		ventiladores		
Ventiladores	200,00		2		400
	$/h	$/h	h/año	h/año	$/año
c. Costes de Mantenimiento del Vehículo	4,00		20		80
		$/concepto		conceptos	$/año
d. Otros conceptos (Opcional)					
					$/año
Costes Variables No Relacionados con las Heladas					1520

Costes (relacionados con las heladas)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/helada	h/helada	$/helada
Arranque y Parada Aspersores	12,00		1,0		12
Arranque y Parada Ventiladores	12,00		1,0		12
b. Otros Conceptos (Opcional)		$/concepto		conceptos/helada	$/helada
Otros Conceptos					
					$/helada
Costes Variables por Helada					24
Costes Anuales Relacionados con las Heladas					49,6

Costes (relacionados con las horas de protección)	Por Defecto	Valor Conocido	Por Defecto	Valor Conocido	
a. Mano de Obra	$/h	$/h	h/h	h/h	$/h
Vigilancia de Ventiladores	12,00		1		12
Vigilancia de Aspersores	12,00		1	0	0
b. Consumo Eléctrico	$/kWh	$/kWh	kW/h	kW/h	$/h
Costes de Funcionamiento	0,13		150		20
c. Fuel	$/Litro	$/Litro	L/h	L/h	$/h
Coste del Fuel del Ventilador	0,40		45,384		18
d. Otros conceptos (Opcional)	$/concepto	$/concepto		conceptos/h	$/h
					$/h
Costes Totales por hora					50
Horas de funcionamiento por año					11
Costes Anuales relacionados con las horas					838

Resumen de los Costes Anuales Totales

Cobros de los Costes Anuales Totales (Valores Presentes Anualizados)	12742	$
1. Cobros de los Costes Anuales de los Equipos	10555	$
2. Cobros de los Costes Anuales de los Equipos	2187	$
Cobros de los Costes Anuales Totales después de Impuestos (Valores Presentes Anualizados	8393	$
1. Costes anuales de los Equipos después de Impuestos	6643	$
2. Costes Variables después de Impuestos	1750	$

Continuar

SERIE FAO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

1. **Africover: Specifications for geometry and cartography, 2000 (E)**
2. **Terrestrial Carbon Observation: The Ottawa assessment of requirements, status and next steps, 2002 (E)**
3. **Terrestrial Carbon Observation: The Rio de Janeiro recommendations for terrestrial and atmospheric measurements, 2002 (E)**
4. **Organic agriculture: Environment and food security, 2003 (E, S)**
5. **Terrestrial Carbon Observation: The Frascati report on *in situ* carbon data and information, 2002 (E)**
6. **The Clean Development Mechanism: Implications for energy and sustainable agriculture and rural development projects, 2003 (E)***
7. **The application of a spatial regression model to the analysis and mapping of poverty, 2003 (E)**
8. **Land Cover Classification System (LCCS), version 2, 2005 (E)**
9. **Coastal GTOS. Strategic design and phase 1 implementation plan, 2005 (E)**
10. **Frost Protection: fundamentals, practice and economics - Volume I and II + CD, 2005 (E), 2010 (S)**
11. **Mapping biophysical factors that influence agricultural production and rural vulnerability, Geo-spatial Data and Information, by Harri Van Velthuizen "*et al*", ~90 pages 2006 (E)**
12. **Rapid Agriculture Disaster Assessment Routine (RADAR) 2008 (E)**
13. **Disaster risk management systems analysis: A guide book, 2008 (E)**
14. **Improved Adaptive Capacity to Climate Change for Sustainable Livelihoods in the Agriculture Sector, 2008 (E)**

Disponibilidad: 2010

Ar	Árabe	**F**	Francés	**Multil**	Multilingual
C	Chino	**P**	Portugés	*	Agotado
E	Inglés	**S**	Español	**	En preparación

Los documentos técnicos de FAO
están disponibles a través de los agentes de ventas autorizados por FAO o directamente desde:

FAO - Grupo de Ventas y Comercialización
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Roma - Italia

Impreso en papel ecológico

ENVIRONMENT – CLIMATE CHANGE – BIOENERGY – MONITORING AND ASSESSMENT
FAO - ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES MANAGEMENT SERIES

Este volumen revisa los conceptos de probabilidad y riesgo del daño por helada, y utiliza esta información para ayudar al lector a tomar decisiones sobre la protección contra las heladas. Se incluyen, con el libro, programas de ordenador que ayudan a simplificar los cálculos complejos. Los programas están escritos en Microsoft Excel y en el texto se presentan algunos cálculos sencillos. Los programas que se incluyen son TempRisk.xls, FriskS.xls, DEST.xls, y FrostEcon.xls. Estas aplicaciones se utilizan para calcular la probabilidad y el riesgo del daño por helada cuando se ha fijado la sensibilidad al daño, la certidumbre de que un evento con una determinada probabilidad ocurra por lo menos una vez en un periodo de años seleccionado, el riesgo físico de plantar muy temprano o de retrasar la cosecha de los cultivos, el riesgo de daño específico por helada a un frutal o a un viñedo que tiene una sensibilidad a las heladas que cambia según el estado fenológico y para determinar el riesgo económico del daño por helada y la eficacia en costes de los métodos de protección.

Publicaciones de Medio Ambiente, Cambio Climático y Bioenergía
www.fao.org/nr
www.fao.org/climatechange
www.fao.org/bioenergy

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)
www.fao.org