

# 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<sup>1</sup>. De esta manera, el agricultor es capaz de elegir por sí 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<sup>3</sup>. 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<sup>4</sup>.

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 presente 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**

<input type="text"/> Entrada de Usuario (no necesariamente)	<input style="background-color: #cccccc;" type="text"/> Vinculado (bloqueado)
<input style="background-color: #cccccc;" type="text"/> Defecto (bloqueado)	<input style="background-color: #808080;" type="text"/> Cálculos totales (bloqueado)
<input style="border: 1px solid black;" type="text"/> Entrada de Usuario Requerida	

Por favor, introduzca los datos siguientes para inicializar el análisis económico de protección contra las heladas. Se requieren 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	Manzanos 'Golden Delicious'
Fecha del análisis (dd-mm-aa)	11-mar-04
Superficie Total de la Explotación a Proteger (ha)	10,0
Expectativa de rendimiento/ha sin heladas (toneladas/ha)?	25
% Típico 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 para 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.

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**

**Información Financiera**  
 La divisa por defecto es el dolar de EE.UU (\$) . Para cambiarlo a su divisa local, introduzca el símbolo de su divisa (o abreviación) y introduzca el tipo de cambio como divisa local por \$.

Símbolo de la Divisa local (Por defecto \$)

Tipo de cambio por EE.UU \$

**Información sobre Impuestos (Y=SI, N=No)**

¿Es desgravable el impuesto?

¿Son desgravables los impuestos de los costes del equipo?

¿Son desgravables los impuestos de los costes variables?

¿Cuál es su impuesto sobre la renta (%)? What is your income tax rate (%)?

**Información sobre el Préstamo para Bienes de Equipo**

¿Cuál es el desembolso mínimo en bienes de capital que financiaría con capital prestado? Las cantidades por debajo de este umbral se asumen que son compras con dinero propio.  \$

% Desembolso en el equipo que es prestado (por defecto = 70%)  %

% Desembolso inicial  %

Vida del Préstamo (por defecto = 10 años)  años

Tipo de interés real (%)  %

**Información sobre el Préstamo para Cost**

% Crédito que llega a concederse (por defecto = 50%)  %

Tipo de interés real (> = tipo de interés real de los fondos prestados utili.  %

**Tipo de Descuento %**  %

**Información sobre los Ingresos**

Cuál es el PRECIO BRUTO (ingresos) ANTES DE IMPUESTOS que se recibe por onzada (t) de producto?  \$ / t

**Varios**

Índice de Inflación (ingresos y costes)  %

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%<sup>5</sup>. 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'

Con el programa se pueden analizar nueve tecnologías de protección contra las heladas. Introduzca una X en el recuadro junto al método de protección para seleccionar alguno de ellos o todos. Los valores indicativos de protección pueden encontrarse en el libro adjunto. Cuando haya finalizado, pulse el botón "Continuar" en la parte inferior de la hoja para acceder automáticamente al siguiente paso

<input checked="" type="checkbox"/>	Estufas de Fuel Sólido
<input checked="" type="checkbox"/>	Estufas de Fuel Líquido
<input checked="" type="checkbox"/>	Aspersores
<input checked="" type="checkbox"/>	Ventiladores Eléctricos
<input checked="" type="checkbox"/>	Ventiladores Eléctricos con Estufas de Fuel Líquido
<input checked="" type="checkbox"/>	Ventiladores Eléctricos con Aspersores
<input checked="" type="checkbox"/>	Ventiladores de Combustión Interna (CI)
<input checked="" type="checkbox"/>	Ventiladores de Combustión Interna (CI) con Estufas de Fuel Líquido
<input checked="" type="checkbox"/>	Ventiladores de Combustión Interna (CI) con Aspersores

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**

**Legenda**

Entrada de Usuario (no necesariamente obligatoria)

Por Defecto (bloqueado)

Entrada de Usuario Requerida

Vacuata (bloqueado)

Cálculo Totales (bloqueado)

Nombre de la Explotación:

Nombre del agricultor:

Cultivo presente (nombre):

Fecha del Análisis (dd/mm/aa):

Área Total de la Explotación a Proteger (ha):

Número Promedio de Heladas por año:

Duración Media de las Heladas (h):

Símbolo de la Divisa (por defecto \$):

Tasa de Cambio de Divisa a EUR:

**DATOS ESPECÍFICOS DE LOS VENTILADORES**

Potencia de los Ventiladores (KW):  Máquina de 100 hp = 75 kW

Número de Ventiladores:

Protección del estado (C):

**Costes de Adquisición del Equipo**

Costes de Adquisición del Equipo	Valor		Valor	
	Por Defecto	Conocido	Por Defecto	Conocido
	Unidad	Unidad	unidades	unidades
a. Equipo de Protección				3
Ventiladores Eléctricos	1490,00		2	2980
b. Equipo de Seguimiento				3
Alarma de Helada	178,00		1	178
Termómetro de Mistura	16,00		2	32
c. Otros Conceptos (Opcionales)				3
Otras Unidades				
<b>Costes de Adquisición del Equipo</b>				<b>2932</b>
Estimación de la vida del Equipo (años)	18			

FIGURA 2.3b

Sección inferior de la hoja de presupuesto para ventiladores eléctricos

Costes Variables Anuales						
Costes (no relacionados con las heladas)	Valor		Valor		Súbito	
	Por Defecto	Conocido	Por Defecto	Conocido		
<b>a. Costes de Recursos Eléctricos</b>						
Potencia company fees	5,33		739		1400,98	
<b>b. Mano de Obra</b>						
Mantenimiento	5,8	5,8	Arriba		Súbito	
<b>c. Costes del Mantenimiento de los vehículos</b>						
Uso de Vehículo	12,00		20		240	
<b>d. Pizos de Recambio</b>						
Varios	4,00		20		80	
<b>e. Otros Conceptos (Opcionales)</b>						
Otros Conceptos	198,00		2		200	
					Súbito	
					Súbito	
<b>Costes Variables No Relacionados con las Heladas</b>					<b>1950</b>	
<b>Costes (relacionados con las heladas)</b>						
Costes (relacionados con las heladas)	Valor		Valor		Súbito	
	Por Defecto	Conocido	Por Defecto	Conocido		
<b>a. Mano de Obra</b>						
Arranque y Parada Ventiladores	5,8	5,8	Arriba		Súbito	
<b>b. Otros Conceptos (Opcionales)</b>						
Otros Conceptos	12,00		1		12	
					Súbito	
					Súbito	
<b>Costes Variables por Helada</b>					<b>12</b>	
<b>Costes Anuales Relacionados con las Heladas</b>					<b>25</b>	
<b>Costes (relacionados con las horas de protección)</b>						
Costes (relacionados con las horas de protección)	Valor		Valor		Súbito	
	Por Defecto	Conocido	Por Defecto	Conocido		
<b>a. Mano de Obra</b>						
Vigilancia por hora	5,8	5,8	4,8		5,8	
<b>b. Consumo Eléctrico</b>						
Costes en Funcionamiento	12,00		1,8		12	
<b>c. Otros Conceptos (Opcionales)</b>						
Otros Conceptos	3416		14,5		3,8	
					Súbito	
					Súbito	
<b>Costes Totales por hora</b>					<b>11</b>	
<b>Costes Anuales relacionados con las horas</b>					<b>367</b>	
<b>Resumen de los Costes Anuales Totales</b>						
<b>Cobros de los Costes Anuales Totales (Valores Presentes Anualizados)</b>					<b>6514</b>	€
1. Cobros de los Costes Anuales de los Equipos					5904	€
2. Cobros de los Costes Anuales de las Equipos					5409	€
<b>Cobros de los Costes Anuales Totales después de Impuestos (Valores Presentes Anualizados)</b>					<b>4681</b>	€
1. Costes anuales de los Equipos después de Impuestos					1954	€
2. Costes Variables después de Impuestos					2728	€
<input type="button" value="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 ( $\$/hr \times hrs/helada \times heladas/año$ ). 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  $32 \$/hr \times 5,5 hrs/heladas \times 2,1 heladas/año$ ; 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 dividido 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 dividido 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<sup>6</sup>.

1. Si tanto el coste del capital como los intereses son deducibles de impuestos, el coste medio anual después de impuestos es:  
 $(1-TR) \times (VP \text{ anualizado del interés} + \text{depreciación anual})$   
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:  
 $(1-TR) \times VP \text{ anualizado del interés} + \text{depreciación anual}.$
3. Si el coste de capital es deducible pero los intereses no lo son, el coste medio anual después de impuestos es:  
 $(1-TR) \times \text{depreciación anual} + VP \text{ anualizado del interés}.$
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:  
 $(1-TR) \times \text{pago del coste variable}.$
2. Si los costes variables no son deducibles pero si que lo es el interés:  
 $(1-TR) \times VP \text{ anualizado del interés} + \text{costes variables totales}.$

---

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:  
 $(1-TR) \times \text{costes variables totales} + \text{VP anualizado del interés}$  .
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. EstufasFueLSólido = 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	EstufasFueLíquido	10 734 \$	
	4	EstufasFueSólido	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		EstufasFueLíquido	10 734 \$	
4		EstufasFueSólido	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	EstufasFueLíquido	10 734 \$	
	4	EstufasFueSólido	29 772 \$	
	4	6	Aspersores	4 787 \$
		6	CIVent+Aspersores	8 393 \$
		6	VentElec+Aspersores	9 389 \$
4		EstufasFueSólido	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.  
EstufasFueLíquido = estufas de combustible líquido. EstufasFueSólido = 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 está 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.

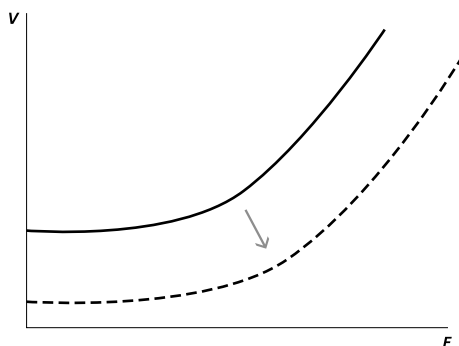
## Riesgo

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<sup>7</sup>. 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  $+1$  °C por encima de la temperatura crítica específica para el estadio de crecimiento ( $T_o$ ) - aunque la temperatura no continuase bajando y la protección no fuese necesaria. Esta consideración significa que los eventos de helada están definidos por  $T \leq (T_o + 1 \text{ °C})$ , 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,  $T > (T_o + 1 \text{ °C})$ , 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	ClVent	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	ClVent+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	ClVent+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	EstufasFueLíquido	21 357	63,3	-7 341	-26 421	36,7	70 928	101 102
4	EstufasFueSólido	2 319	70,0	-17 309	-112 805	30,0	48 118	89 494

Clave: ClVent = ventilador con motor de combustión interna. VentElec = ventilador con motor eléctrico. EstufasFueLíquido = estufas de combustible líquido. EstufasFueSólido = 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 2° 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 (6°C) ofrecen el valor presente medio de beneficios netos más elevado, igual a 30 172 \$, 3 375 \$ más que los ventiladores eléctricos (2°C). 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 4°C adicionales de protección ofrecida por los aspersores y en parte a la diferente estructura de costes. La protección adicional de 4°C 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 (4°C), el método de protección menos atractivo, y los aspersores (6°C). Aunque las estufas de combustible sólido ofrecen sólo 2°C 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 1°, 2°, ..., 6°C 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 2°C resulta inadecuada para evitar todos los daños, podría ser que una tecnología de 2°C (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
	ClVent	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
	ClVent+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
	ClVent+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
	ClVent	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
	ClVent+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
	ClVent+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
	ClVent+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
	ClVent+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
	Aspersores	30 172	53,3	-4 591	-4 830	46,7	69 901	105 299
	ClVent+Aspersores	26 567	56,7	-7 652	-8 474	43,3	71 314	101 770
4,0	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
	Aspersores	30 172	53,3	-4 591	-4 830	46,7	69 901	105 299
	ClVent+Aspersores	26 567	56,7	-7 652	-8 474	43,3	71 314	101 770
5,0	VentElec+Aspersores	25 949	56,7	-8 527	-9 043	43,3	71 034	101 043
	Aspersores	30 172	53,3	-4 591	-4 830	46,7	69 901	105 299
	ClVent+Aspersores	26 567	56,7	-7 652	-8 474	43,3	71 314	101 770
6,0	VentElec+Aspersores	25 949	56,7	-8 527	-9 043	43,3	71 034	101 043
	Aspersores	30 172	53,3	-4 591	-4 830	46,7	69 901	105 299
	ClVent+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: ClVent = ventilador con motor de combustión interna. VentElec = ventilador con motor eléctrico. EstufasFuelLíquido = estufas de combustible líquido. EstufasFuelSólido = 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 °C) 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 °C frente a 2 °C). 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.