

# Aproximación al Presupuesto Óptimo de Protección contra Incendios Forestales: Aplicación a los Montes Mediterráneos de España

Esteban Castellano,<sup>1</sup> Carolina Alum,<sup>2</sup> Carolina Rodríguez<sup>3</sup>

## Resumen

La determinación de la dotación óptima del presupuesto para la protección contra los incendios forestales de un determinado territorio, permite tener una referencia objetiva del montante económico de una partida normalmente elevada y frecuentemente sujeta a una fuerte controversia. El trabajo, por una parte, se propone establecer la función coste-eficiencia del presupuesto de protección contra incendios forestales de una región, a partir de los presupuestos históricos, el número de incendios y los datos medios de superficie quemada, lo que permite establecer las tasas marginales; y por otra, el valor de la superficie de activo natural afectada, que puede estimarse bajo dos puntos de vista: el del propietario del monte —valor privado— y el de la sociedad que se relaciona con el territorio en que se ubica el monte —valor privado más valor público—; siendo este último enfoque el que se retiene en el estudio. La última fase es comparar la tasa marginal del presupuesto con el valor por unidad de superficie de los daños provocados por los incendios. La metodología tiene vocación de aplicarse al monte mediterráneo en España, donde los valores públicos son una parte substancial del valor total. Como casos de estudio se han utilizado los montes de la Comunidad Autónoma de Andalucía y los de la Comunidad Valenciana.

## Introducción

La frecuencia e intensidad de los incendios forestales han determinado, sobre todo en países con períodos acusados de sequía, una intensa política de lucha contra incendios. En el caso de España, la situación ha alcanzado el carácter de catástrofe, ya que en las últimas décadas se han producido miles de incendios, con un alto costo de vidas humanas e incalculables pérdidas, irrecuperables en muchos casos.

Teniendo en cuenta que la repetición de incendios sobre la masa forestal tiene efectos de degradación del medio en el ámbito de: destrucción del suelo, erosión, pérdida de especies autóctonas, riqueza cinegética... la protección contra estos siniestros es un problema de máxima prioridad para las autoridades competentes.

El Reglamento (CEE) nº 2158/92 del Consejo, relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios establece un programa comunitario para la

---

<sup>1</sup> Dr. Ingeniero de Montes. Área de Desarrollo Rural, Subdirección de Planificación Ambiental. Tecnologías y Servicios Agrarios, S. A., c/ Conde de Peñalver, 84. 28006, Madrid, España.

<sup>2</sup> Ingeniera de Montes. Área de Servicios Forestales, Subdirección de Planificación Ambiental. Tecnologías y Servicios Agrarios, S. A., c/ Zurbano, 45. 28010, Madrid, España.

<sup>3</sup> Ingeniera de Montes. Área de Desarrollo Rural, Subdirección de Planificación Ambiental. Tecnologías y Servicios Agrarios, S. A., c/ Conde de Peñalver, 84. 28006, Madrid, España.

protección de los bosques contra los incendios, ha perseguido la identificación de las causas de los incendios, la creación de sistemas de protección, así como la mejora de los existentes, incluida la vigilancia. Dicho programa ha conseguido resultados positivos, como es la financiación de estudios específicos de causalidad que se han concretado en una mejora en el conocimiento de las causas de los incendios, necesario para fundamentar una política preventiva. Sin embargo, su escasa dotación muestra claramente los limitados esfuerzos preventivos hasta ahora llevados a cabo. Dicho programa ha estado en vigor hasta 2001. A partir del año 2003, la protección contra incendios ha quedado encuadrada dentro del Reglamento (CEE) nº 2152/2003 del Parlamento y del Consejo sobre el seguimiento de los bosques y de las interacciones medioambientales en la Comunidad (Forest Focus), donde se muestran las características de los montes en su contribución al desarrollo de zonas rurales —aspectos económico y social—, y a la conservación de la naturaleza —aspecto ambiental—.

Además, el Fondo Social de la Unión Europea (FSUE) interviene a través de programas de desarrollo rural con medidas a favor de la protección contra incendios forestales.

El Plan Forestal Español propone la coordinación de los planes de las Comunidades Autónomas (CCAA) y de la Administración General del Estado mediante el Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF). Dicha coordinación debe basarse en la distribución del riesgo y en criterios de coste-eficiencia como medida necesaria para lograr los objetivos de protección contra incendios forestales (Ministerio de Medio Ambiente 2002). El objetivo es impulsar la protección de forma que pueda observarse una reducción del número de incendios así como la limitación del impacto de éstos sobre la superficie forestal.

La sociedad comienza a ser plenamente consciente de que los montes, además de ser una fuente de materias primas, desempeñan un papel esencial en el mantenimiento de los equilibrios fundamentales, en particular por lo que respecta al suelo, régimen de aguas, clima, fauna y flora; asimismo proporcionan utilidades de servicios ambientales y amenidad directa. La función de fuente de materias primas se refiere a los bienes privados —aquellos por los que existe rivalidad en el consumo y para los que se puede decidir quién los explotará: el propietario—. El resto se trata de bienes públicos, sobre los que los propietarios no ejercen dominio —los aprovechan como cualquier otro ciudadano—, y constituyen las llamadas externalidades. El valor de los montes estará incompleto salvo que se tengan en cuenta dentro del mismo las externalidades, especialmente en aquellos montes con escasas posibilidades productivas.

El análisis coste-eficiencia es una herramienta útil en el campo de la política ambiental (Azqueta 2002). Implica la racionalización de una práctica cotidiana: sopesar las ventajas e inconvenientes de la decisión de cómo conseguir alcanzar un objetivo de la mejor forma posible, en este caso sería la dotación óptima del presupuesto para la protección contra incendios. La novedad del análisis es la incorporación de los bienes públicos para establecer el coste social de la superficie quemada y poder comparar directamente con el presupuesto de protección en el óptimo.

La lucha contra los incendios se ha centrado casi exclusivamente en la extinción, donde se han conseguido importantes avances en los índices de efectividad. En cambio, se ha olvidado en gran parte la prevención y una correcta planificación

forestal, enmarcada en una buena ordenación del territorio. Lamentablemente, los datos de presupuesto disponibles engloban la extinción y la prevención, por lo que se ha estimado una tasa marginal conjunta. En esta situación no es posible, dentro del presente estudio, inferir nada sobre la proporción de esos capítulos en el presupuesto.

Los resultados no son más que una primera aproximación, por el citado hecho de que sólo ha sido posible disponer de datos globales, y porque es de suponer que las eficiencias de los presupuestos en prevención y extinción son distintas, y el presupuesto global óptimo será distinto con distintas proporciones de estas partidas.

## Objetivo

El objetivo principal es la determinación del presupuesto óptimo que habría de destinarse a la protección contra incendios forestales en cada una de las CCAA objeto de estudio, desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto y no, exclusivamente, desde el punto de vista de los bienes privados.

Los objetivos secundarios son:

- Delimitación de la región de validez del óptimo en función del resto de variables explicativas de la función coste–eficiencia —análisis de sensibilidad—.
- Establecimiento de la distancia que existe entre las dotaciones presupuestarias de las CCAA estudiadas y el óptimo establecido. Así mismo, interesa ver si la situación es parecida en ambas.
- Determinación del coste social por hectárea quemada, teniendo en cuenta la regeneración natural que se produce en la zona mediterránea.

## Materiales y métodos

### ***Datos de partida para estimar la función coste–eficiencia***

El período de estudio es 1991–2002, en dos CCAA: Comunidad Autónoma de Andalucía (CAA) y Comunidad Valenciana (CVA). Los datos que se han retenido para cada uno de los años del período, pueden verse en la adjunta *tabla 1*, son: Comunidad Autónoma, año, número de incendios, superficie total quemada en el año, presupuesto de protección actualizado a euros de 2003, y el índice de Birot.

La capacidad de un presupuesto de protección para reducir la superficie quemada en un período está influida por las condiciones meteorológicas del mismo. En la función coste–eficiencia, se ha incorporado la meteorología con el índice de Birot calculado con datos anualizados, y según la siguiente expresión:

$$IB = N \times Pa / Tm$$

Siendo, IB el valor del índice, N el número de días de lluvia al año, Pa la precipitación anual en milímetros, y Tm la temperatura media anual.

El número de incendios, finalmente, no se ha usado porque se ha utilizado la superficie quemada total para medir la eficiencia dentro de las funciones coste–eficiencia, en lugar de la superficie media por incendio, que inicialmente parecía más adecuada. La razón es que las medidas de prevención incluyen campañas

de concienciación ciudadana que han posibilitado una tendencia descendente en el número de incendios.

**Tabla 1**—*Datos de partida para estimar la función coste-eficiencia*

Comunidad Autónoma	Año	Número de incendios	Superficie incendiada (ha)	Índice de Birot	Presupuesto en protección (miles euros, 2003)
CAA <sup>1</sup>	1991	2.110	65.252,8	9,6	34.936,1
CAA	1993	1.288	17.342,3	11,2	52.554,1
CAA	1994	1.671	36.134,0	7,8	56.720,8
CAA	1995	1.389	12.971,5	9,8	52.438,5
CAA	1996	739	1.257,9	35,7	50.669,3
CAA	1997	750	2.951,2	24,5	36.725,3
CAA	1998	1.137	5.241,5	7,6	61.643,2
CAA	1999	892	6.627,2	9,8	69.193,4
CAA	2000	938	5.411,3	14,2	78.361,3
CAA	2001	961	7.351,4	16,3	56.276,2
CAA	2002	1.181	10.640,7	14,9	63.773,6
CVA <sup>2</sup>	1991	869	44.426,3	20,1	10.329,4
CVA	1992	769	26.188,5	13,8	29.307,7
CVA	1993	715	25.966,7	11,5	26.482,1
CVA <sup>3</sup>	1994	751	138.404,5	8,1	44.278,8
CVA	1995	467	2.220,4	6,8	57.106,8
CVA	1996	383	765,1	16,1	59.598,2
CVA	1997	348	898,2	14,9	59.139,0
CVA	1998	546	1.967,3	8,8	67.661,8
CVA	1999	579	6.356,5	5,7	65.075,8
CVA	2000	606	6.547,8	11,2	66.656,3
CVA	2001	442	4.792,8	13,6	70.175,5
CVA	2002	321	1.202,1	16,3	68.663,5

**Fuente:** Modificado de la Junta de Andalucía, la Generalitat Valenciana y el Instituto Meteorológico Nacional

<sup>1</sup> Comunidad Autónoma de Andalucía

<sup>2</sup> Comunidad Valenciana

<sup>3</sup> El dato de este año se considera un caso atípico y no se ha tenido en cuenta en el modelo de regresión

Los presupuestos nominados en pesetas se han trasladado a euros con el cambio oficial de 166,386 peseta/euro, y todos los años se han actualizado al año 2003 con los coeficientes y métodos suministrados por el Instituto Nacional de Estadística (INE 2003).

No se ha podido disponer de los datos de presupuesto del año 1992 en Andalucía.

El año 1994, fue el peor año de incendios forestales en España en las últimas décadas, 92 grandes incendios supusieron el 76,63 por ciento de la superficie quemada ese año en España. En la CVA fue un año especialmente malo, con ocho incendios mayores de 5.000 hectáreas, que ocasionaron 115.986 hectáreas quemadas. Este año se ha considerado como un dato atípico, y no se ha tenido en cuenta al hacer la regresión.

## Datos de valoración

Los datos de valoración de la CAA y de la CVA se han obtenido, respectivamente, de los modelos territoriales realizados para la Junta de Andalucía y la Generalitat Valenciana, que tienen en cuenta los valores de los bienes públicos que generan los ecosistemas forestales, además de los privados. Los resultados para las grandes formaciones se recogen en la adjunta *tabla 2*.

**Tabla 2**—Valor económico total por formaciones forestales en cada una de las regiones

Tipo	Comunidad Autónoma de Andalucía			Comunidad Valenciana		
	Superficie (ha)	VP <sup>1</sup> (euros/ha)	VET <sup>2</sup> (euros/ha)	Superficie (ha)	VP <sup>1</sup> (euros/ha)	VET <sup>2</sup> (euros/ha)
Coníferas	625.673	1.554	7.656	278.270	644	5.877
Frondosas	933.718	2.050	5.979	21.680	674	7.950
Masas mixtas	626.598	1.714	6.585	328.329	668	7.147
Matorral	1.896.953	745	4.312	574.518	446	4.236
Pastizal	322.173	892	4.420	12.280	909	5.351
Total	4.082.942	1.285	5.554	1.215.078	560	5.476

**Fuente:** Modificado de la Junta de Andalucía y la Generalitat Valenciana

<sup>1</sup> Valor productivo, es el valor del monte como generador de bienes privados exclusivamente

<sup>2</sup> Valor económico total, es el valor del monte como generador de bienes privados y públicos

Las fechas de referencia de los modelos son: 2000 para la CAA y 2001 para la CVA. Consecuentemente, los valores se han actualizado a 2003 con los mismos actualizadores utilizados con los presupuestos.

La valoración de los montes de la CAA tiene en cuenta los siguientes elementos privados: madera, piñón, corcho, castaña, pastos, caza, viento; y públicos: áreas recreativas, paisaje, fijación de CO<sub>2</sub> y no-uso.

La valoración de la CVA, incorpora como bienes privados: madera, trufas, pastos, caza, pesca y viento; y como públicos: áreas recreativas, paisaje, fijación de CO<sub>2</sub>, recarga de acuíferos, protección contra inundaciones y no-uso.

El modelo de la CAA se ha ajustado para incorporar los elementos ambientales que existen en el modelo de la CVA y que no se incorporaron en su día por falta de información cuantitativa; en concreto se ha agregado el valor de los elementos: recarga de acuíferos y protección contra inundaciones.

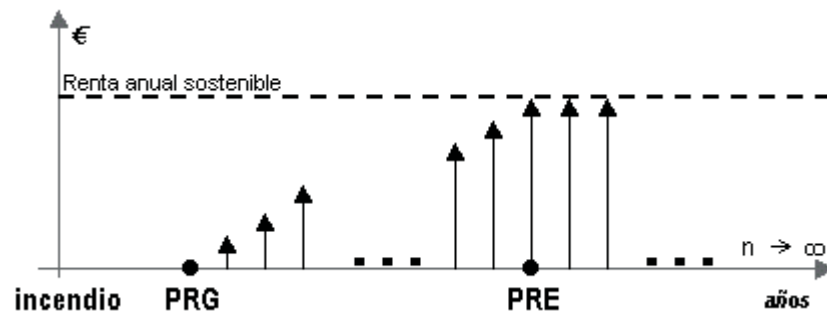
## Valor perdido por los incendios forestales

Inicialmente, el valor de activo natural perdido cuando se incendia una hectárea de un monte es el valor económico total (VET) de esa hectárea. Si se trabaja con promedios regionales, los valores deberían ser para cada formación forestal en cada una de las CCAA, los consignados en las correspondientes columnas que contienen el VET de la *tabla 2*. Sin embargo, no todo el valor de la superficie quemada se pierde, porque una parte se regenera de forma natural.

En los pequeños incendios, se asume que la regeneración natural es del 100 por ciento; por el contrario, la regeneración en los grandes incendios es sólo parcial.

Para tratar de estimar el valor que se recupera con la regeneración natural en los grandes incendios hay que empezar definiendo el concepto de período de regeneración (PRG), éste es el tiempo que transcurre hasta que, con un elevado nivel

de certeza, la nueva masa que sustituye a la quemada puede darse por establecida; o de otra manera, los años que tarda la masa en volver a producir semillas viables o rebrotar (Bond y Wilgen 1996). Desde el punto de vista económico, la masa no se considera completamente recuperada hasta que alcanza toda la funcionalidad que tenía antes del incendio, este segundo concepto es el período de recuperación (PRE); y puede afirmarse que a partir de este punto el ecosistema vuelve a generar un flujo infinito —se estima con la hipótesis de una situación sostenible— de rentas anuales iguales a la perdida antes del incendio. En el período comprendido entre PRG y PRE, se asume que la renta crece de forma lineal con el paso de los años. Como aclaración se adjunta la *figura 1*.



**Figura 1**—Flujo de fondos recuperado por la regeneración de la masa tras un gran incendio

En los grandes incendios —mayores de 500 hectáreas— se ha estimado, para cada una de las grandes formaciones forestales, el porcentaje de superficie regenerada (RGI), el PRG y el PRE, ponderando los datos de cada tipo de vegetación con la superficie de cada especie dominante según el Segundo Inventario Forestal (Ministerio de Medio Ambiente 1998).

Con respecto a las coníferas, el *Pinus halepensis* presenta la mejor regeneración tras los incendios, debido a la amplia diseminación favorecida por las altas temperaturas y a los bajos requerimientos germinativos del piñón. Por el contrario, otras especies del género *Pinus* suelen germinar muy poco debido, probablemente, a su diseminación temprana, pre-estival, y a la sensibilidad de los piñones a las temperaturas moderadamente elevadas (Rey y otros 2003). Como aproximación, el INFOMED (Instituto Forestal Mediterráneo) detectó en la CVA que más del 78 por ciento de la superficie forestal de *Pinus halepensis* adulto quemado se había regenerado de manera natural. Sin embargo, en aquellos otros pinares que aun no habían alcanzado su madurez, los resultados fueron muy distintos, consiguiéndose sólo un dos por ciento de superficie regenerada (Gómez 1998). Otros estudios asignan a las masas de *Pinus nigra* y a las de *Pinus sylvestris* —característicos de bosques boreales del Norte y centro de Europa— un siete por ciento, ya que prácticamente desaparecen tras el incendio (Habronk 2001).

Para masas de frondosas, la superficie regenerada asciende al 60 por ciento, tal como demuestran las simulaciones realizadas en el gran incendio de 1994 en Bages y Berguedá en Cataluña (Habronk 2001) y en el de 1995 en Mercadal en Illes Balears (Hugel 2001). El *Quercus ilex* tiene la capacidad de rebrotar después de la tala y el fuego, lo cual supone una buena adaptación frente a los incendios de baja intensidad. Sin embargo, en los de alta intensidad desaparece la capacidad de rebrote del rodal por destrucción de las cepas. El porcentaje de superficie de matorral regenerada

asciende a un 80 por ciento (Rey y otros 2003). Para las zonas de pastizal se estima que puede alcanzar los mismos niveles del matorral, hasta un 80 por ciento.

En los análisis de recurrencia de los incendios, la edad en que las masas de *Pinus* se estabilizan es aquella en la que éstas son capaces de producir piñones viables —entre 7 y 15 años (Bond y Wilgen 1996)—. Por otra parte, en las quercíneas el PRG aumenta hasta los 25 años (Díaz-Delgado 2003). El PRG considerado para otras formaciones como el matorral y el pastizal es de 4 y 2 años respectivamente. Por último, como PRE de los grupos de vegetación se ha tomado la edad de madurez establecida por un panel de expertos, criterio que coincide con el adoptado en la valoración integral de los montes de la Comunidad de Madrid (Castellano y otros 1999).

La capacidad de regeneración de la flora puede verse modificada por una serie de factores extrínsecos a las características de la especie vegetal como son: tamaño y recurrencia del incendio, tipo de suelo, altitud, pendiente, exposición... (Bond 1996; Habronk 2001). Consecuentemente, los valores que se muestran en la adjunta *tabla 3*, sólo son unos promedios generales estimados con el único propósito de corregir la pérdida de valor sufrida por el activo natural.

**Tabla 3—Datos de regeneración y valor económico total perdido en los grandes incendios**

Tipo de vegetación	Coníferas	Fronosas	Mixtas	Matorral	Pastizal	Total
RGI <sup>1</sup> (pct)	25	60	50	80	80	
PRG <sup>2</sup> (años)	12	20	15	4	2	
PRE <sup>3</sup> (años)	45	60	50	15	4	
Valor perdido CAA <sup>4</sup> (pct)	65,6	72,3	68,1	50,6	43,9	60,3
Valor perdido CAA (euros/ha)	5.019	4.325	4.485	2.182	1.942	3.348
Valor perdido CVA <sup>5</sup> (pct)	79,5	83,5	81,0	70,6	66,6	76,7
Valor perdido CVA (euros/ha)	4.670	6.640	5.788	2.989	3.563	4.201

**Fuente:** Modificado de la Junta de Andalucía y la Generalitat Valenciana

<sup>1</sup> Porcentaje, ponderado por especie dominante, de superficie regenerada naturalmente en la zona de estudio

<sup>2</sup> Período de regeneración

<sup>3</sup> Período de recuperación

<sup>4</sup> Comunidad Autónoma de Andalucía

<sup>5</sup> Comunidad Valenciana

Los porcentajes de valor perdido en cada una de las formaciones se calculan de forma distinta en los grandes incendios y en los demás. En los grandes incendios se pierde todo el valor en la superficie que no se regenera, en el resto de superficie se malogran las rentas de algunos años, hasta que el monte se recupera; esta disminución de valor se calcula con la diferencia entre los Valores Actuales Netos de la renta sostenible perpetua, y el del flujo de rentas representado en la *figura 1*.

En los pequeños incendios el valor perdido se calcula como en la parte regenerada de los grandes incendios ya que se recuperan de forma natural por completo. Los valores perdidos totales por hectárea de cada una de las CCAA objeto de estudio, que se muestran en la última columna de la *tabla 3*, se han calculado teniendo en cuenta los valores perdidos de cada una de las formaciones forestales ponderados con sus respectivas distribuciones territoriales.

El valor perdido total es mayor en la CVA, porque la proporción de grandes incendios es mucho mayor que en la CAA —86,52 y 54,78 por ciento de la superficie total quemada en el período de estudio respectivamente—.

### ***Función coste–eficiencia***

La función que relaciona la eficiencia de las acciones de protección contra los incendios forestales, medida por la superficie quemada, como variable dependiente, con el coste de dicha protección —el presupuesto de prevención más el de extinción—, incorpora otra variable independiente —el índice de Birot—, que recoge las condiciones meteorológicas del año, con la siguiente expresión logarítmica:

$$\text{LnSQ} = A_1 + A_2 \times \text{LnP} + A_3 \times \text{LnIB}$$

Siendo, SQ la superficie quemada, P el presupuesto de protección, y IB el índice de Birot; referidos todos a un determinado año; y  $A_1$ ,  $A_2$ , y  $A_3$  los correspondientes parámetros de regresión, que se muestran junto con algunos estadísticos en la adjunta *tabla 4*.

**Tabla 4—Parámetros de la función coste–eficiencia**

Conceptos	Comunidad Autónoma de Andalucía		Comunidad Valenciana	
	Valor	T Student	Valor	T Student
Término independiente. $A_1$	378.660	12,00	420.748	8,79
Coefficiente del Presupuesto. $A_2$	0,9999624	-2,32	0,9999369	-4,17
Coefficiente del Índice de Birot. $A_3$	0,8935705	-4,63	0,9106788	-1,30
Coefficiente de correlación. $r^2$	0,74		0,69	
Error de la variable dependiente. $e_y$	0,6313135		0,8887510	
F de Snedecor. F	11,37		8,87	
Grados de libertad	8,00		8,00	

Fuente: Elaboración propia

Las dos regresiones son significativas al 95 por ciento de confianza, salvo la T de Student de  $A_3$  en la CVA, que sólo tiene un nivel de confianza del 85 por ciento. Como cabía esperar por el gran número de factores que afectan al total de superficie quemada y lo simple del modelo de regresión, los errores de la estimación son elevados lo que provoca unas estimaciones con mucha variabilidad. Sin embargo, se entiende que los resultados son suficientemente precisos como para poder establecer el rango de presupuestos necesario para tener un cierto nivel de superficie quemada.

La función que determina el límite superior de la distribución de errores de la superficie quemada estimada, al 95 por ciento de confianza, es:

$$\text{LS} = e^{(\text{LnSQ} + 1,96 e_y)}$$

Siendo, LS el límite superior de la distribución de errores de la estimación de la superficie quemada SQ, y  $e_y$  el error de la estimación.

### ***Tasas marginales***

Las pendientes de la función coste–eficiencia y la del límite superior al 95 por ciento de confianza de su distribución de errores, significan las hectáreas que se salvan del fuego por cada 1.000 euros que se incrementa el presupuesto. Las ecuaciones de las pendientes de estas funciones son las correspondientes a sus derivadas respecto a la variable Presupuesto y, respectivamente, tienen por expresión:

$$SQ' = A_1 \times A_2^P \times A_3^{IB} \times \text{Ln}A_2$$

$$LS' = e^{(\text{Ln}SQ+1,96 \text{ ey})} \times \text{Ln}A_2$$

En realidad, la tasa marginal que se está buscando es la inversa de estas pendientes multiplicadas por 1.000, que son los euros que es necesario incrementar el presupuesto para salvar una hectárea adicional. La forma de las funciones determina que las tasas marginales sean decrecientes cuando aumenta el presupuesto.

De esta manera se dispone de un sistema objetivo —para una situación meteorológica dada— que permite aumentar el presupuesto hasta que el valor de la superficie salvada es igual al incremento necesario para conseguirlo.

## Discusión

La presencia de la meteorología en la función coste-eficiencia implica que el presupuesto óptimo depende de las condiciones meteorológicas, y, por otra parte, la distribución del error en la estimación de la superficie quemada provoca un rango de presupuestos para alcanzar una determinada superficie quemada. Estas circunstancias se han utilizado para definir las condiciones de contorno del presupuesto óptimo, y se recogen para las dos CCAA de estudio en la adjunta *tabla 5*, sin más que fijar tres condiciones meteorológicas: índice de Birot promedio del período, índice menos una desviación típica que corresponde con un año especialmente árido, e índice más una desviación típica para recoger la situación contraria; y la función de coste-eficiencia estimada —presupuesto mínimo—, y el límite superior al 95 por ciento de confianza de su distribución de errores —presupuesto máximo—.

**Tabla 5**—Condiciones de contorno del presupuesto óptimo (cantidades económicas en miles euros)

Aridez del año	Comunidad Autónoma de Andalucía			Comunidad Valenciana		
	Índice de Birot	Presupuesto mínimo	Presupuesto máximo	Índice de Birot	Presupuesto mínimo	Presupuesto máximo
Alta	6,04	84.711	117.636	7,91	63.012	90.636
Media	14,27	60.083	93.008	12,24	56.592	84.216
Baja	22,49	35.455	68.379	16,57	50.172	77.796

Fuente: Elaboración propia

Los presupuestos de los últimos años han conseguido una superficie quemada intermedia entre la que se esperaría para la función coste-eficiencia estimada y el límite superior de su distribución de errores al 95 por ciento de confianza. Como la aridez no es completamente previsible por adelantado, debería asumirse una hipótesis conservadora. Con esta situación se entiende que el presupuesto óptimo estaría en la media de los correspondientes a una aridez alta en la función coste-eficiencia media —presupuesto mínimo—, y la correspondiente a una aridez media en el límite superior de la distribución de errores al 95 por ciento de confianza —presupuesto máximo—. Es decir, en torno a los 90 millones de euros en la CAA y a los 75 millones de euros en la CVA.

Los promedios de los presupuestos de los cinco últimos años son, aproximadamente: 66 millones de euros en la CAA y 68 millones de euros en la CVA. Consecuentemente, ninguna de las dos CCAA estaría en el nivel óptimo de presupuesto, siendo el 73 por ciento en la CAA y el 91 por ciento en la CVA.

El presupuesto óptimo es más elevado en la CAA porque su territorio es mayor y las condiciones de aridez más heterogéneas y extremas.

Los valores productivos representan un 23 por ciento en la CAA y un 10 por ciento en la CVA, por lo que de ninguna manera podrían justificar el nivel de presupuesto dedicado a la protección contra incendios, lo que probablemente explica porque los presupuestos actuales se perciben en algunos foros como muy elevados.

Sin embargo, cuando se explican las necesidades de protección, existe una disposición a pagar por incrementar la protección hasta el nivel óptimo (Riera y Mogas 2003), que confirma que el presupuesto social óptimo es superior a los niveles actuales en la zona mediterránea.

## Referencias

- Azqueta, D. 2002. **Introducción a la economía ambiental**. Aravaca (Madrid). McGraw-Hill Profesional; 236–268.
- Bond, J.W.; van Wilgen, B.W. 1996. **Fire and Plants**. London: Chapman & Hall, p. 263.
- Castellano, E.; González, S.; Rábade, J.M.; San Miguel, M.A. 1999. **Integral economic valuation on forest ecosystems: a case study of mixed broad-leaved and pure coniferous forests in the community of Madrid**. En: Olsthoorn A.F.M y otros (Eds). Management of mixed-species forest: silviculture and economics.
- Díaz-Delgado, R. 2003. **Efecto de la recurrencia de los incendios sobre la resiliencia post-incendio de las comunidades vegetales de Cataluña a partir de imágenes de satélite**. Revista Ecosistemas año XII 3: 30–39.
- Gómez J. 1998. **Incendio Forestal y Regeneración**. Revista Las Provincias. Instituto Forestal Mediterráneo (INFOMED).
- Habronk, A. 2001. **Regeneración natural y restauración de la zona afectada por el gran incendio del Bages y Berguedá de 1994**. Tesis Doctoral inédita, Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Ciencias Biológicas.
- Hugel, I. 2001. **Estudio de la Regeneración Natural de Pinus halepensis Mill. tras el incendio de agosto de 1995 en “Mercadal” (Menorca)**. Proyecto de Fin de Carrera, Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica superior de Ingenieros de Montes.
- Instituto Nacional de Estadística, 2003. **Actualización de rentas**. Índice de Precios de Consumo. Ministerio de Economía.
- Ministerio de Medio Ambiente, 2002. **Plan Forestal Español 2002–2032**. Madrid. Dirección General de Conservación de la Naturaleza: 145 p.
- Rey, J.M.; Espigares, T.; Nicolau J.M. 2003. **Restauración de ecosistemas mediterráneos**. Colección Aula Abierta. Madrid: Universidad de Alcalá, p. 272.
- Riera P.; Mogas J. 2003. **Valoración del riesgo de incendios forestales en España**. Revista Ciudad y Territorio 135: 119–126.
- Servicio de Inventario Forestal del Área de Banco de Datos e Inventario Patrimonial, 1998. **Segundo Inventario Forestal Nacional (1986–1996)**. Ministerio de Medio Ambiente.