

VALORACIÓN ECONÓMICA DA PLANIFICACIÓN DE MEDIDAS CONTRA INCENDIOS FORESTAIS

MARÍA DEL CARMEN LORENZO DÍAZ
Departamento de Economía Aplicada
Facultade de Ciencias Económicas e Empresariais
Universidade de Santiago de Compostela

Recibido: 22 outubro 1997

Aceptado: 13 xaneiro 1998

Resumo: *A economía do incendio forestal é aquela rama da ciencia económica que se preocupa de determina-la porción de recursos que se lle debe asignar á xestión do incendio e cómo esta porción ha de distribuírse entre as distintas actividades, tales como a prevención, a extinción e a rehabilitación dos danos provocados polo lume co fin de minimiza-lo seu impacto destructivo.*

Neste artigo revisanse os diferentes enfoques na avaliación económica de programas de loita contra os incendios forestais. Para avalia-la eficiencia dun programa de loita contra incendios, o xestor necesita dispoñer dun sistema operacional que relacione gastos en medidas de prevención, detección, primeiro ataque e extinción con beneficios atribuídos á súa utilización (perdas evitables).

Palabras Clave: *Planificación / Incendios forestais / Método do mínimo custo-perdas / Análise custo-beneficio.*

ECONOMIC VALUATION OF FOREST FIRE MANAGEMENT

Summary: *Forest fire economics is concerned with determining the share of resources to be allocated to forest fire management and how that share should be distributed among the various fire management activities such as suppression, suppression and loss rehabilitation in order to minimise forest fire destructive impact.*

This paper reviews different economic valuation techniques of forest fire planning. To measure the efficiency of forest fire programs, managers need an operational system that will relate expenditure in prevention, detection, first attack, suppression to benefits attributed to their usage (losses avoided).

Keywords: *Management / Forest fires / Least-cost-plus-cost / Benefit/cost analysis.*

A PLANIFICACIÓN DE MEDIDAS CONTRA INCENDIOS FORESTAIS

A planificación é un proceso mediante o cal se pretende alcanzar unha meta específica. O proceso de planificación inclúe a identificación clara e precisa do problema ou tarefa que se quere resolver; o establecemento de metas e obxectivos claros e alcanzables; a avaliación e análise das alternativas dispoñibles para alcanzalas metas e a selección da alternativa máis viable; a posta en marcha e a valoración do plan elixido para logra-los obxectivos establecidos previamente.

A planificación é por natureza preventiva. É dicir, trata de preve-lo que sucederá e específica cáles son as accións que hai que seguir para evita-la improvisación e facer un uso máis eficiente e racional dos recursos, que sempre son limitados. Polo tanto, a planificación é unha ferramenta para dirixi-los esforzos cara ó logro

das metas establecidas. No caso dos incendios forestais, a planificación axuda (Crosby, 1977) a:

- Reduci-la ocorrencia dos incendios forestais e, no caso de que realmente sucedan, a responder máis adecuadamente á situación coa consecuente redución de perdas no valor productivo, recreativo e ecolóxico do bosque. Tratar de asegurar que os incendios forestais non interrompan significativamente a continua oferta de produtos e servizos forestais que satisfán as necesidades físicas e económicas da sociedade.
- Previ-la destrución dos bosques públicos e privados.
- Asegurar un risco de incendio mínimo co fin de evita-lo seu efecto negativo na saúde das persoas.
- Protexer, manter e mellora-la calidade do medio natural.

É claro que a planificación de loita contra incendios forestais está determinada pola capacidade orzamentaria do estado¹. Tanto o goberno como a sociedade en xeral deben ser conscientes da existencia do perigo de incendio e do risco dun impacto negativo de grandes consecuencias. Ademais, o goberno debe ser consciente de que os perigos para os cales se está planificando se poden controlar.

O desenvolvemento dun modelo de planificación viable deben contribuí-la racionalidade económica, a política e a social. Así, no deseño dun sistema hai dous compoñentes fundamentais (Davis, 1970):

- a) O exterior ou lugar onde o sistema vai operar.
- b) O interior ou deseño de eleccións relativas ó propio sistema.

Antes de deseñar unha planificación de loita contra incendios forestais (parte interna do sistema) é fundamental alcanzar un coñecemento mínimo do contorno (área do bosque, posibles causas, etc.). Algúns hándicaps que se formulan neste intento de proximidade e coñecemento son, por un lado, a sensibilidade para a protección dos bens públicos fronte ós bens privados e, por outro, a dificultade que ten o xestor de establecer cuantitativamente os obxectivos e medidas de efectividade.

Historicamente, os programas de protección contra incendios foron analizados segundo criterios tales como: a) redución da área queimada; b) área queimada aceptable; e c) a política de 10 a.m². Máis recentemente, téndese ó criterio do mí-

¹ A presente realidade de orzamentos governamentais limitados e de demanda dunha maior eficiencia económica no investimento de fondos públicos fai obrigada a avaliación económica dos programas de loita contra incendios forestais. A información económica é esencial para unha boa e efectiva administración.

² A chamada política 10:00 a.m. naceu nun encontro en EE.UU. de gardas forestais rexionais en 1935, isto a raíz da ocorrencia de severos incendios no Pacífico noroeste nos que pereceron varias persoas da loita contra incendios e destruíron unha gran cantidade de madeira. A política 10:00 a.m. implicaba apaga-lo incendio antes das 10:00 a.m. do día seguinte a calquera custo: o obxectivo era reduci-la superficie queimada, implantando a política dunha agresividade na extinción (Gorte e Gorte, 1979, p. 3).

nimo "custo máis valor neto de cambio" ($C+VNC$) dos recursos no que C representa o custo dos medios de loita contra incendios e VNC a diferenza no valor dos recursos forestais despois de que o incendio ocorrera (valor antes menos valor despois do incendio).

O incendio empezou a ser visto como un proceso que ten efectos desexables e indesexables para os bens e servizos que ofrece o bosque. Este cambio de visión mudou a idea de que os obxectivos de control de incendios poden ser determinados con independencia das metas dos propietarios dos montes así como dos usos atribuídos ó monte. Consecuentemente, a economía converteuse no factor máis importante na avaliación da planificación da xestión de incendios forestais (Gorte e Gorte, 1979).

Seguindo a Schweitzer *et al.* (1982), como mínimo hanse proporcionar tres categorías de información sobre o programa de planificación que vai ser avaliado:

- a) Unha medida da súa eficiencia económica (minimización de "custo máis cambio de valor" dos recursos forestais afectados).
- b) Risco asociado á elección de cada programa. Blattenberger *et al.* (1985) inclúen o risco no modelo $C+NVC$.
- c) Impacto dos incendios forestais nos recursos do bosque.

Ademais sería de moita utilidade ofrecer datos como os efectos secundarios no emprego e a renda da zona, os impactos na distribución da renda e os custos en enerxía. Ata o momento, dada a dificultade de facer efectivos os efectos multiplicadores no mercado e de identifica-los efectos netos secundarios, estes datos excluíronse dos modelos (Althaus e Mills, 1982, p. 2).

En EE.UU. dende 1975 xurdiu o interese por analiza-la eficiencia económica dos programas de loita contra os incendios forestais dado o aumento real nos custos dos programas sen un aparente aumento nos beneficios que se xeraban. Como resultado, o Service Forest executou varios cambios na súa política de loita contra incendios. En 1981, por exemplo, incorporouse formalmente o criterio de eficiencia económica na avaliación de proxectos. O propósito da eficiencia económica na planificación de programas de loita contra incendios é o de medir ou describi-la relación entre distintos niveis de programas e os respectivos valores netos de cambio nos resultados forestais³. A implicación deste valor neto de cambio é que os

³ Os efectos dos incendios deben medirse en termos da produción de recursos na presenza de incendios coa produción de recursos en ausencia de incendios (Althaus e Mills, 1982):

$$VNC = \sum_{i=1}^n (Q_{1i} - Q_{2i}) V_i$$

onde VNC é o valor neto de cambio dos recursos do bosque, Q_1 é o nivel de recursos en ausencia de incendios, Q_2 é o nivel de recursos en presenza de incendios, V_i é o valor unitario, i é a categoría do recurso e n é o número de categorías de recursos do bosque.

O VNC será positivo para aqueles incendios que reduzan o valor dos bens e servizos do bosque, e negativo cando o incendio cause beneficios por riba da situación de "non-incendio".

programas de loita contra incendios só poden ser avaliados a través da análise marxinal, isto é, a eficiencia determínase comparando os efectos de diferentes programas. A análise de eficiencia económica considera, polo tanto, o custo dos programas de preextinción⁴, o custo esperado das actividades de extinción e o valor esperado neto dos cambios nos recursos. Estes tres elementos compoñen o criterio de decisión custo-máis-valor neto dos cambios ($C+VNC$)⁵, usado na avaliación económica dos programas contra incendios.

Baixo restriccións orzamentarias, o programa de loita contra incendios máis eficiente será aquel onde a suma dos custos do programa (preextinción e extinción) e o valor neto de cambio nos recursos sexa mínimo.

A avaliación económica de programas alternativos de loita contra incendios forestais ten certos problemas particulares (González Cabán, 1986). A natureza imprevisible do tempo e do acontecemento dos incendios inflúe no nivel dos programas para ser avaliados. Aínda que unha boa parte dos impactos económicos dos incendios no bosque se concentran no ano de ocorrencia, outros custos, perdas e beneficios trasládanse a diferentes anos e incluso décadas. A dimensión espacial ten que incluírse explicitamente polo seu efecto no tempo transcorrido entre a chegada das brigadas e a ignición e detección do incendio, e polo cambio no tipo de combustible e recursos susceptibles de ser queimados. Outro aspecto máis complexo é a natureza interdisciplinaria da avaliación económica dos programas.

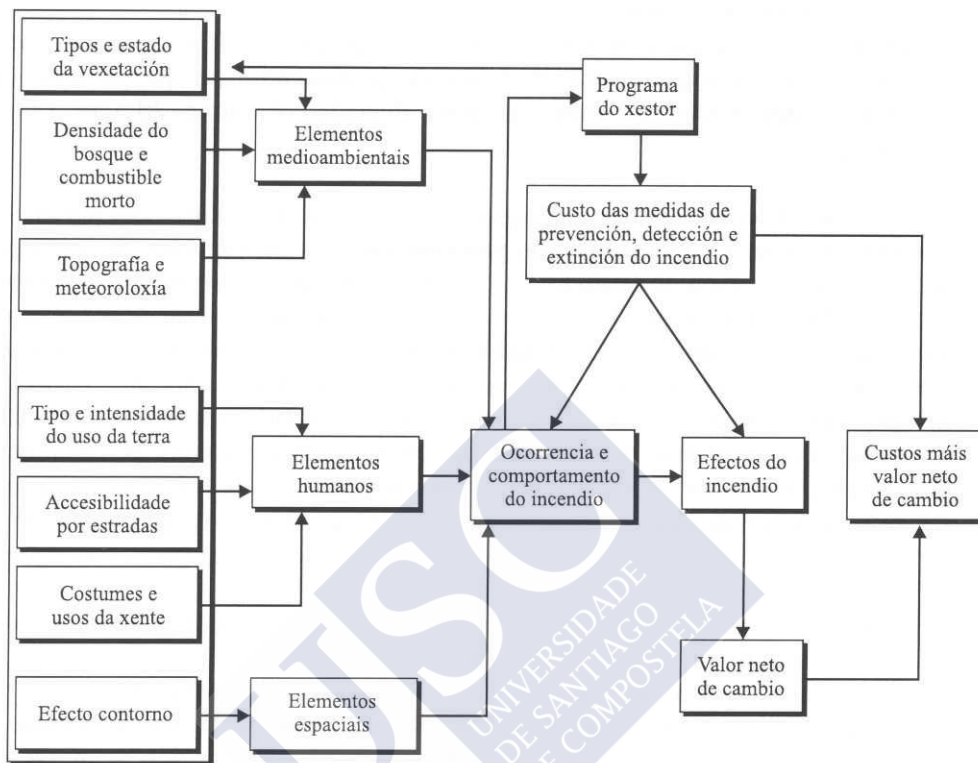
Estes problemas explican en parte por qué os intentos de avaliar a dimensión económica dos programas de loita contra incendios non son totalmente efectivos.

A información que se precisa para facer unha correcta avaliación dos programas de loita contra incendios concrétase en (cadro 1):

- 1) A descrición da área onde se vai aplicar o programa ou plan. Información sobre os elementos medioambientais (a topografía, as condicións meteorolóxicas e a cantidade e o estado do combustible), os elementos humanos (o acceso á área, os costumes de uso das terras) e os elementos espaciais (características do contorno da área); compoñentes que afectan ó comportamento do incendio e á efectividade das unidades de extinción.
- 2) Os parámetros que definen o comportamento do incendio. A ocorrencia do incendio debe de terse en conta, preferiblemente, en forma de distribución de probabilidade (Schweitzer *et al.*, 1982, p. 3).

⁴ Por simplificación, identificámo-lo termo "preextinción" co inglés "presuppression", que inclúe a prevención (publicidade, medidas legislativas que regulen a queima e uso de montes, educación, tratamentos de combustible, etc.), detección (medios móbiles e fixos de detección) e os medios de primeiro ataque, cando existen, que se manteñen como mínimo antes da chegada das forzas de extinción (Schweitzer *et al.*, 1982, p. 29; Bellinger *et al.*, 1983).

⁵ Gorte e Gorte (1979) describen a evolución do criterio custo máis valor neto de cambio ($C+VNC$) dende a súa aparición en 1925.

Cadro 1.- Modelo de avaliación económica do incendio forestal

A distribución de incendios por tamaño, ó momento do seu descubrimento, está en función das condicións meteorolóxicas, os combustibles presentes e a topografía da área.

A distribución dos incendios polo tamaño, ó chega-las unidades de ataque inicial, está en función do tempo transcorrido dende o seu descubrimento e do comportamento do incendio.

O tamaño final dos incendios está en función da agresividade climática (sobre todo da humidade da vexetación), do tempo transcorrido dende que se inicia o lume ata que se fai o ataque, das características da vexetación, da topografía, do vento (velocidade, humidade, dirección) e da eficiencia das unidades de extinción.

- 3) Valor dos efectos do incendio sobre os recursos forestais ó longo do tempo. O efecto dos incendios debe ser estimado só para aqueles recursos realmente afectados polo incendio ou polo programa de protección. Por exemplo, as perdas comerciais en pesca debidas ós efectos do incendio na erosión non se incluírían no cálculo do VNC se en ausencia de incendio non houbo venda comercial do peixe da zona afectada. De igual forma, un incendio ocorrido nun ermo

si afectaría ó valor do aspecto recreativo da zona se este está relacionado co nivel de vexetación existente.

- 4) Ademais, recoméndase incluír na análise dos programas de loita contra incendios os custos e impactos da rehabilitación postincendio, xa que os resultados desta afectan ós recursos futuros da zona afectada polo lume (Althaus e Mills, 1982, p. 3).

Os parámetros que definen o comportamento do incendio xunto cos parámetros descritivos da área e as medidas de preextinción e extinción tidas en conta polo xestor permiten estima-lo impacto do incendio no bosque (valor neto de cambio no quadro 1). Os custos, as perdas e os beneficios do incendio varían dependendo da localización, do tamaño e da intensidade do incendio, das condicións do combustible e meteorolóxicas, dos tipos de vexetación, do factor humano, etc. Variacións nos programas de protección de incendios causan cambios no número, tamaño e severidade dos incendios. Necesítanse boas estimacións dos custos, perdas e beneficios asociados ós incendios forestais baixo un determinado nivel de programa. En definitiva, un modelo de avaliación económica da xestión de programas de loita contra incendios ha asignar un valor económico ós seguintes conceptos:

- 1) Custos de preextinción. Son os custos en tódalas medidas contra incendios adoptadas antes da extinción efectiva do incendio.
- 2) Custos de extinción. Asígnanse os custos en medidas de extinción.
- 3) Perdas de vidas e de saúde. Esta compoñente inclúe os custos de tratamento médico das persoas lesionadas ou enfermas a causa da acción do lume, e o valor do traballo perdido⁶ a causa da morte ou lesión dun traballador da loita contra incendios.
- 4) Perdas de propiedade. Incorpóranse os danos en instalacións recreativas, estruturas e equipos de produción, colleitas agrícolas, gandería e equipos de transporte. O valor da perda estímase polo valor de reposición⁷ (Marty e Barney, 1981), baseado no custo orixinal, nos anos de existencia e na súa vida útil en propiedades completamente destruídas ou o de reparación para propiedades danadas con posibilidade de ser saneadas.
- 5) Custos de rehabilitación. Os custos estímase segundo as experiencias de custo recentes. O custo exprésase como unha función da superficie que vai ser rehabilitada e dos custos medios por unidade de superficie para tratamentos similares no bosque.
- 6) Danos na madeira. É o valor da madeira destruída menos a salvada, valoradas segundo o valor do mercado.

⁶ O cálculo deste valor baséase na media da contribución neta de cada persoa empregada ó PIB.

⁷ Aínda que algúns autores (Gorte e Baumgartner, 1983, p. 7) empregan o custo de reposición, estes custos sobreestiman o valor das perdas de propiedade polo que non se recomenda o seu uso.

- 7) Danos en productos do bosque, tales como a cortiza, os froitos silvestres, o esparto, etc.
- 8) Efectos en forraxes. Comprende o valor da forraxe destruída e o cambio provocado nas forraxes futuras. Dado que a corta é anual, elimínase o problema de actualizar valores futuros e, ademais, ó se tratar de bens que raramente sobreviven á acción dos incendios non é necesario a predicción da mortalidade (que si é necesario, pola contra, para a madeira).
- 9) Efectos nas actividades recreativas. Mediante o método de valoración continxente e o método do custo da viaxe asígnaselle un valor económico ó impacto do lume en actividades tales como o camping, a pesca, a caza, o pícnic, o paseo en barca, o paseo polo bosque, etc. Xeralmente, baséase na estimación do número de visitantes á zona obxecto de estudio co valor que cada un lle asigna á zona. Vaux *et al.* (1984) fai un estudio exhaustivo dos métodos para avalia-los efectos dos incendios na demanda recreativa. Sinala como a percepción dos efectos do incendio depende fortemente do tempo: a percepción do atractivo dunha paisaxe afectada polo incendio depende do tempo transcorrido dende a ocorrencia do lume.
- 10) Efecto na vida salvaxe. A ocorrencia dun lume afecta á cantidade de caza e pesca aumentándoa⁸ ou diminuíndoa. Os métodos para obter unha avaliación económica son o método de valoración continxente e o método do custo da viaxe.
- 11) Efectos na auga. Os incendios poden causar un incremento da produción de auga nas áreas queimadas así como unha redución na calidade da auga, dado o aumento da sedimentación (Potts *et al.*, 1985).
- 12) Danos ecolóxicos tales como o risco de erosión, de aterramentos de encoros, o maior impacto das inundacións dado que os bosques proporcionan protección fronte a estas catástrofes, etc. A deterioración da calidade ambiental valórase polo custo que supón a protección adicional contra esta (Castellano e Rábade, 1997, p. 291).

Dende os primeiros estudos e análises económicas da planificación de incendios forestais en EE.UU. (Headley, 1916; Sparhawk, 1925; Flint, 1924; Flint, 1928; Hornby, 1936; Gisborne, 1939), moitos autores estiveron preocupados co nivel economicamente xustificable de gastos na planificación dos incendios forestais. Varios modelos foron desenvolvidos para esa determinación. O modelo máis amplamente discutido é o de mínimo custo-perdas (*least-cost-plus-loss*): o nivel de gasto que minimiza a suma de tódolos custos e perdas. Un modelo que conduce a resultados similares é a análise custo-beneficio (Gorte e Gorte, 1979).

⁸ Gorte e Baumgartner (1983, p. 4) e Rideout e Omi (1990, p. 617) mencionan exemplos.

MÉTODO DO MÍNIMO CUSTO-PERDAS

O método do mínimo custo-perdas é o máis mencionado na literatura para a determinación do gasto óptimo na xestión do incendio. A súa base fundamental é que o nivel de protección contra incendios se optimiza cando os custos de preextinción, extinción e os danos ocasionados son minimizados. Asíntese que estes custos e perdas varían segundo os cambios nos niveis de gasto en preextinción, do esforzo do xestor do incendio e da área queimada. Se o gasto en preextinción se utiliza como unha variable (input) independente, por exemplo, o dano do incendio nos recursos do bosque é unha función decrecente. Loxicamente, os custos de extinción tamén decrecen con incrementos en preextinción. Neste marco, o gasto en preextinción obviamente é unha función crecente. A función combinada resultante é unha curva en forma de U, cun punto mínimo que representa o gasto óptimo.

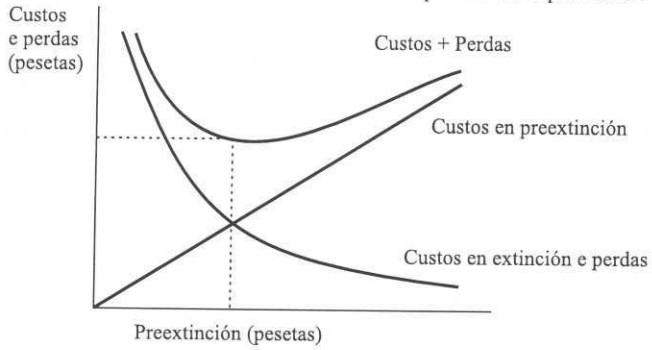
Un dos primeiros modelos de mínimo custo-perdas foi desenvolvido por Sparhawk (1925). O seu principio básico é minimiza-los custos en preextinción e extinción, e as perdas en recursos forestais, considerando o gasto en preextinción como unha variable independente que determine os custos de extinción e os danos provocados polo incendio.

Flint (1928) tamén, na aproximación mínimo custo-perdas, toma o gasto en preextinción como variable independente, aínda que o expresa en porcentaxe da área protexida en vez do gasto total. Iso é debido a que considera a área queimada como un indicador máis fiable do dano de incendio có valor total de perdas, aínda que o seu razoamento non é claro.

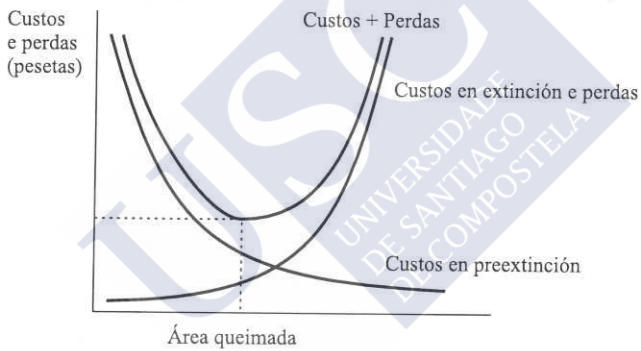
O custo total de extinción é, neste modelo, dependente do perigo de incendio, dos esforzos en preextinción, da dispoñibilidade de man de obra, da "accesibilidade" (incluíndo transporte e facilidades de detección) e da eficiencia da extinción (persoal adestrado). Unha mellora en calquera destes parámetros leva a un descenso da área queimada. Incrementos en investimentos en prevención tamén conducen a decrecementos nas perdas por diminuí-la área queimada e na probable destrución esperada se hai incendio. Así o custo de extinción como un todo está inversamente relacionado cos esforzos en preextinción. A suma das dúas curvas, custo de preextinción e custo de extinción e perdas, é a función custo-perda que hai que minimizar (gráfica 1).

Máis tarde, Hornby (1936) utilizou unha versión modificada de Sparhawk usando hectáreas queimadas máis que o gasto de preextinción como variable independente (gráfica 2); e Arnold (1949) toma como variable independente o tamaño das medidas de loita en preextinción, cuns custos que están inversamente relacionados co tempo de ataque —período entre detección e ataque ó incendio— (gráfica 3). Nestes modelos os custos de extinción e perdas incrementanse ante aumentos da superficie queimada (Hornby) e do tempo de ataque (Arnold). Ademais, Hornby considera que os danos son difíciles de medir como unha función do esforzo en investimento en medidas de preextinción. Arnold asume que os danos son constantes por unidade de superficie queimada e que o combustible é homoxéneo.

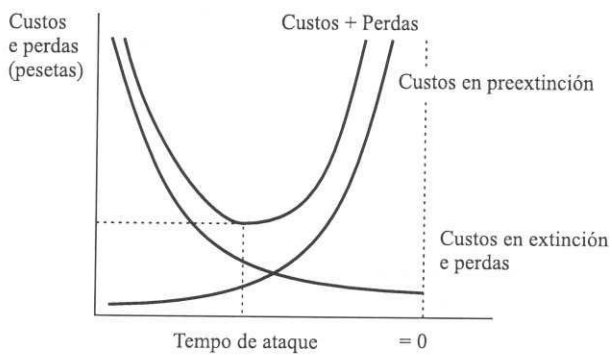
Gráfica 1.- Modelo de mínimo custo-perdas de Sparhawk



Gráfica 2.- Modelo de mínimo custo-perdas de Hornby



Gráfica 3.- Modelo de mínimo custo-perdas de Arnold



A preocupación pola xustificación económica dos gastos de xestión do incendio foi expresada nos anos 1920 e 1930 polos autores citados anteriormente. Isto detívose coa política 10:00 a.m.⁹ (ve-la nota 2) ata os anos 1960 onde as preocupacións volveron rexurdir. En Gorte e Gorte (1979) analízase a postura dos diversos autores que propoñen o método mínimo custo-perdas como o obxectivo de organización de control de incendios:

- Davis (1971): reconece limitacións do modelo mínimo custo-perdas. Sinala tres tipos de problemas: estimación de custos (que os datos sexan comparables ó longo do tempo); estimación de danos (o problema está en estimar os danos debidos sobre todo a aqueles bens sen valor no mercado); e asociación de cambios en custos con cambios en danos.
- Pola súa parte, Simard (1976) reconece dúas fontes de confusión nos traballos anteriores: pouca consistencia ó definir a variable independente e o feito de que nunca foran definidas explicitamente as relacións das funcións de custo e dano coa das súas funcións de produción subxacentes. Simard expande o modelo mínimo custo-perda dado que considera tres funcións (dano, produción e custo) en vez das dúas tradicionais (custo e dano). Desenvolve unha función de produción hipotética por área queimada en termos de "esforzo na xestión do incendio" e mantén que isto pode ser, ou ben trasladado a un modelo tradicional mínimo custo-perdas, ou ben analizado por unha análise marxinal, neste caso igualando o custo marxinal de "unidades de esforzo na xestión do incendio" co "dano marxinal" (gráfica 4). Simard representa a esta función "dano marxinal" como a primeira derivada (pendente) da función de produción¹⁰.

Traballos posteriores (por exemplo, Mills e Bratten, 1982; Bellinger *et al.*, 1983) consideraron os efectos potencialmente beneficiosos do incendio. O modelo custo máis valor neto de cambio ($C+VNC$), unha modificación dos modelos anteriores de custo-perdas, foi introducido na literatura para incluí-los efectos beneficiosos dos incendios no modelo económico (gráfica 5). Os cambios nos recursos do bosque poden ser positivos (ganancia¹¹) ou negativos (perda), dependendo sobre todo da idade da masa principal, do sotobosque, da pendente do terreo, do "temperamento" da especie e das características do programa de loita contra incendios. Os custos en extinción e o VNC debido ó incendio, prexudicial ou benefi-

⁹ Coa política 10:00 a.m. a efectividade na loita contra incendios determinábase pola minimización da superficie queimada, ignorando os investimentos en extinción implícitos. Pola contra, co método mínimo custo-perdas súxrese que para medir a efectividade o obxectivo debería ser minimizar os danos provocados polo incendio sen esquecer os custos do programa utilizado na loita contra incendios.

¹⁰ O recente traballo de Rideout e Omi (1990) analiza a función de produción e as funcións de obxectivo da minimización do $C+VNC$, ou ben da maximización en termos de beneficio.

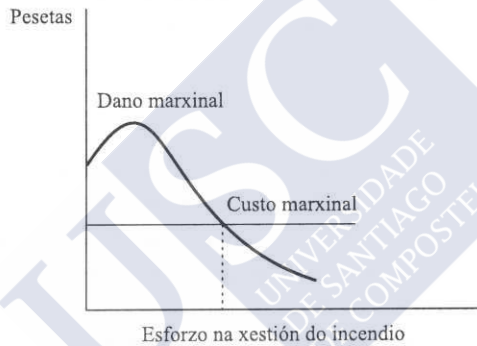
¹¹ Despois dun incendio de pouca intensidade, por exemplo, a vexetación medra moito máis de prása, cando menos o primeiro ano, que se non ocorrera.

cioso, diminúen en canto se incrementen os gastos en preextinción (nivel do programa PL). A curva $C+VNC$ é a suma das dúas curvas de custos e das dúas curvas VNC :

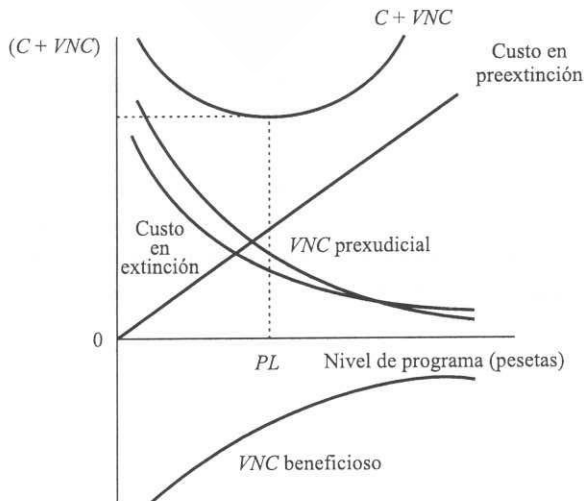
$$\text{Min } (C+VNC) = W^p P + W^s S + D(P, S) - B(P, S) \quad [1]$$

onde W^p e W^s son o valor unitario medidos en preextinción e extinción, respectivamente; P é o nivel (en unidades físicas) do programa en preextinción; S é o nivel (en unidades físicas) do programa en extinción; $D(P, S)$ é a función decrecente do dano dependente dos custos en preextinción e extinción; e $B(P, S)$ é a función crecente que representa o efecto beneficioso do incendio e dependente das medias en preextinción e extinción.

Gráfica 4.- Modelo de análise marxinal de Simard



Gráfica 5.- Relación entre custo en preextinción, custo en extinción e o VNC



Co $C+VNC$ analízase a eficiencia dos programas de loita contra incendios comparando o valor dos recursos existentes no bosque cando "hai incendio fronte a non hai incendio", en vez da comparación do valor cando "existe fronte a non existe programa de loita contra incendios"¹². Polo tanto, $C+VNC$ é o custo económico total dun nivel determinado de programa e non o incremento de custo entre o nivel de programa utilizado e o suposto programa que evitaría todo tipo de incendio. Así, o criterio $C+VNC$ non é un criterio de eficiencia marxinal en sentido estricto: o cambio de $C+VNC$ non estima a eficiencia dun cambio marxinal de programa. Conclúese, pois, que un único cálculo de $C+VNC$ non prevé unha información de eficiencia, senón que se debe comparar entre varios programas ata localizar aquel onde se alcance o mínimo $C+VNC$ (Mills e Bratten, 1982).

Un factor que cómpre ter en conta na avaliación de programas de loita contra incendios é o factor risco ou incerteza inherente ó fenómeno incendiario (Blattenberger *et al.*, 1985). O xestor do incendio ó toma-la decisión sobre qué nivel de programa utilizar atópase fronte a condicións de risco¹³:

- a) A dificultade de predición da frecuencia e o comportamento dos incendios forestais, así como os seus efectos sobre os recursos forestais. A severidade da temporada de incendios pode cambiar drasticamente dun ano para outro, reflectindo variacións nas condicións meteorolóxicas e na ocorrencia do incendio. As fontes da variabilidade son as variables meteorolóxicas, os niveis de ocorrencia do incendio, a localización das ocorrencias do incendio, as estimacións do tamaño do incendio no tempo de detección, o tempo transcorrido entre a detección e a chegada das medidas de ataque inicial e a efectividade na supresión de grandes incendios.
- b) A propia aversión ou non ó risco do xestor. Un xestor no que o traballo futuro dependa dos resultados das súas decisións actuais terá máis aversión ó risco ca outro cun posto fixo.

A pesar da abundante literatura teórica sobre o método mínimo custo-perdas na planificación dunha loita contra incendios forestais, poucos autores intentaron facer unha aplicación deste método á realidade: North, Offensend e Smart (1975); Gamache (1969); Bakker (1975); Crosby (1977); Schweitzer *et al.* (1982); Barrager *et al.* (1982).

¹² Como se expón máis adiante, este tipo de análise é propio do método de valoración custo-beneficio.

¹³ En Mills e Bratten (1982, pp. 10-11) descríbense diferentes métodos para avaliar este risco.

ANÁLISE CUSTO-BENEFICIO

A análise custo-beneficio busca identificar aqueles proxectos que outorgan unha cantidade aceptable de satisfacción (ingresos, beneficios) por unidade de investimento. Aínda que este método está directamente relacionado co mínimo custo-perdas¹⁴, poucos analistas o utilizaron debido á dificultade de medi-los danos evitados. Autores como O'Connell (1971), Zivnaska (1972) e Jischke e Shamblin (1974) suxiren face-la elección entre varios proxectos de planificación de loita contra incendios forestais mediante a análise custo-beneficio.

A aproximación mínimo custo-perdas e a análise custo-beneficio aseméllanse no concepto do valor protexido: os dous compoñentes do valor protexido son os danos na fonte real e os danos evitados. A calquera nivel de protección, mentres algún dano se produce outros evítanse. Teoricamente, cando non existe protección ningunha os danos evitados son cero, e tódolos valores protexidos son perdas. A análise custo-beneficio usa os danos evitados como a súa medida de beneficio ou compáraos cos custos de protección. A aproximación mínimo custo-perdas usa os danos realmente producidos como un compoñente dos custos que hai que minimizar. O método do mínimo custo-perdas utilízase máis na literatura da economía de incendios cá análise custo-beneficio debido "*á dificultade de defini-lo valor protexido e medi-lo dano evitado*" (Gorte e Gorte, 1979) ou, noutras palabras, a que "*non é posible determinar canto máis grande sería o incendio sen a intervención de ningunha unidade de loita contra incendios*" (Althaus e Mills, 1982).

Tipicamente, a análise custo-beneficio compara os custos e beneficios existentes utilizando un programa de loita contra incendios cos custos e beneficios no caso de que non se utilice ningún programa ("con e sen programa"). En cambio, co criterio $C+VNC$ compáranse os niveis de output "con e sen incendio".

Nos últimos anos cuestionouse cada vez con máis frecuencia o bo xuízo económico da agresividade na extinción dos incendios. Moitos dos modelos sinalados anteriormente, cando menos teoricamente, provén resposta a cómo se debe gastar na protección do bosque fronte ós incendios. Pero só é na teoría porque, na práctica, a aplicación do método mínimo custo-perdas e a análise custo-beneficio usualmente requiren datos inexistentes ou a aceptación de supostos dúbidosos, tales como:

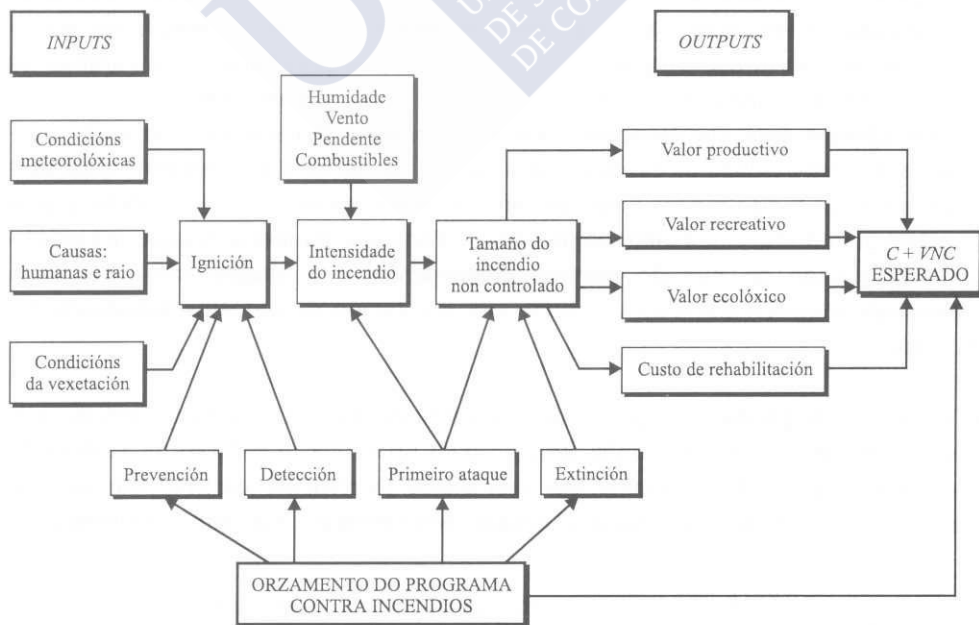
- A función da produción que relaciona custo-perda non está ben especificada. Nestes modelos defínense unha función para relaciona-lo esforzo na xestión do incendio coas perdas, asúmese que cun maior incremento en investimentos en loita contra incendios diminúen as perdas. Sen embargo, esas funcións nunca fo-

¹⁴ Davis (1965) e Mills e Bratten (1982) mostraron a equivalencia entre mínimo custo-perdas coa maximización do beneficio.

ron especificadas numericamente, porque as relacións simplemente non se coñecen. É dicir, identifica-lo nivel de orzamento óptimo para a loita contra incendios é factible se se coñece a relación entre o investimento en prevención, detección, extinción e $C+VNC$ (cadro 2). Pero na práctica, elixi-lo orzamento idóneo é complicado dado que esa relación non é coñecida. Ademais, hai tantas relacións como combinacións de combustibles, tempo, topografía, perigo de incendio e eficiencia do esforzo de control de incendio. Cando se dá un grao de homoxeneidade suficiente poderíase pensar na formulación matemática desas relacións.

- Os modelos teñen funcións que requiren un coñecemento moi específico que un economista non ten (Zivnaska, 1972); como consecuencia, moita literatura é teórica ou moi ruda na súa aproximación ó valor real das perdas. É difícil asignar valores á multiplicidade de bens e servizos existentes no bosque (cadro 2). En moitos casos, os efectos físicos do incendio nos produtos non son coñecidos. Incluso coñecéndoo, o problema de valoralos é complicado. Ese é o caso da vida salvaxe: o seu valor débese, por exemplo, a que a xente desexa que exista.
- A falta de recoñecemento dado ós efectos beneficiosos do incendio. A maioría dos autores están máis preocupados coa protección do incendio e as perdas que coas perdas netas e os efectos netos. Como resultado, a maior parte dos modelos probablemente sobreestiman o gasto na protección (Gorte e Gorte, 1979, p. 16).

Cadro 2.- Perfil da relación inputs, outputs e orzamento do programa



En definitiva, avalia-los outputs das accións dun programa de loita contra incendios presenta serios problemas xa que se necesita estima-las probabilidades dos diferentes inputs, tarefa difícil dados os factores de incerteza propios do fenómeno incendiario (cadro 2). A probabilidade da ocorrencia de incendios forestais (Cunningham e Martell, 1973; Poulin, 1993), a propagación do incendio (Rothermel, 1972; Andrews, 1986), a efectividade do primeiro ataque (Albini, 1976; Bratten *et al.*, 1981) foron tratados na literatura, pero a penas existen traballos que integren estes inputs nun modelo económico integral.

A pesar destas escasezas e faltas, a análise económica reconécese como parte fundamental da planificación dunha loita contra os incendios forestais. Un paso importante ocorreu no encontro de forestais rexionais en xullo de 1977 (USDA, 1977), onde se tomou conciencia de modifica-lo pensamento da supresión agresiva asociada á política 10:00 a.m. A nova política suxire ante incendios incontrolados unha estratexia de control que minimize os custos e a perda neta.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBINI, F.A. (1976): *Estimating Wildfire Behavior and Effects*. Odgen: USDA Forest Service.
- ALTHAUS, I.A.; MILLS, T.J. (1982): *Resources Values in Analyzing Fire Management Programs for Economic Efficiency*. Berkeley: USDA Forest Service.
- ALTOBELLIS, A.T. (1983): *A Survey of Rural Population Density and Forest Fire Occurrence in the South, 1956-1970*. U.S. Department of Agriculture, Southern Forest Experiment Station.
- ANDREWS, P. (1986): *BEHAVE: Fire Behaviour Prediction and Fuel Modeling System-Burn Subsystem*, part 1.
- ARNOLD, R.K. (1949): *Economic and Social Determinants of an Adequate Level of Forest Fire Control*. Ann Arbor: University of Michigan.
- BAILEY, W.O. (1882): *Report on the Michigan Forest Fires of 1881*. U.S. War Dep. Signal Serv.
- BAHUGUNA, V.K.; LAL, P.; MAITHANI, P.G. (1987): "Over View of Forest Fire Prevention and Fire Fighting Measures in India", *Myforest*, 23 (1), pp. 29-42.
- BAKKER, P. (1975): *Economic Impacts of Forest Fires: The Entiat Case*. Seattle: University of Washington.
- BARRAGER, S.M.; COHN, D.; ROUSSOPOULOS, P.J. (1982): *The Economic Value of Improved Fuels and Fire Behavior Information*. Colorado: USDA Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- BEALS, E.A. (1914): "The Value of Weather Forecasts in the Problem of Protecting Forest from Fire", *Mon. Weather Rev.*, 42 (2), pp. 111-119.
- BELLINGER, M.D.; KAISER, H.F.; HARRISON, H.A. (1983): "Economic Efficiency of Fire Management on Nonfederal Forest and Range Lands", *Journal of Forestry*, (xuño), pp. 373-375 e 378.
- BEWLEY, R.; FIEBIG, D.G. (1988): "A Flexible Logistic Growth Model with Applications in Telecommunications", *International Journal of Forecasting*, 4, pp. 177-192.

- BLATTENBERGER, G.; HYDE, W.F.; MILLS, T.J. (1985): *Risk in Fire Management Decisionmaking: Techniques and Criteria*. USDA Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station.
- BRATTEN, F.W. (1978): "Containment Tables for Initial Attack on Forest Fires", *Fire Technology*, 14 (4), pp. 297-303.
- BRATTEN, F.W. et al. (1981): *FOCUS: A Fire Management Planning System-Final Report*. Berkeley: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station.
- BROWN, A.A.; DAVIS, K.P. (1973): *Forest Fire: Control and Use*. New York: McGraw Hill.
- CASTELLANO JIMÉNEZ, E.; RÁBADE BLANCO, J.M. (1997): "Valoración económica integral de los daños provocados por los incendios forestales", *Actas del I Seminario Nacional 'Estado de la Investigación y el Desarrollo en Protección contra Incendios Forestales en España'*, pp. 289-296.
- CRAIG, R.B.; FRANK, B.; HAYES, G.L.; JEMISON, G.M. (1945): *Fire Losses and Justifiable Protection Costs in the Southern Piedmont of Virginia*. Asheville: USDA Forest Service, Appalachian Forest Experiment Station.
- CROSBY, J.S. (1977): *A Guide to the Appraisal of Wildfire Damages, Benefits, and Resource Values Protected*. St. Paul: USDA Forest Service, North Cent. Forest Experiment Station.
- CUNNINGHAM, A.A.; MARTELL, D.L. (1973): "A Stochastic Model for the Occurrence of Man-Caused Forest Fires", *Can. J. For. Res.*, 3, pp. 282-287.
- DAVIS, L.S. (1965): "The Economics of Fire Management", *Planning in Fire Management Proceedings*. Phoenix: Southwest Interagency Fire Council.
- DAVIS, L.S. (1970): "The Economics of Fire Management", *Planning in Fire Management Proceedings*. Phoenix: Southwest Interagency Fire Council.
- FLINT, H.R. (1924): "The Appraisal of Forest Fire Damages", *Journal Forest*, 22 (2), pp. 154-161.
- FLINT, H.R. (1928): "Adequate Fire Control", *Journal Forest*, 26 (5), pp. 624-638.
- GAMACHE, A.E. (1969): *Development of a Method for Determining the Optimum Level of Forest Fire Suppression Manpower on a Seasonal Basis*. Seattle: University of Washington.
- GISBORNE, H.T. (1939): "Hornby's Principles of Fire Control Planning", *J. For.*, 37 (4), pp. 292-296.
- GONZÁLEZ CABÁN, A. (1986): "Evaluación económica de programas alternos de manejo de incendios forestales", *Simposio de Economía Forestal en Chile*, pp. 43-56. Universidad de Biobío, Departamento de Ind. Forestales.
- GORTE, R.W.; BAUMGARTNER, D.C. (1983): *A Fire Effects Appraisal System for Wisconsin*. USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station.
- GORTE, J.K.; GORTE, R.W. (1979): *Application of Economic Techniques to Fire Management -A Status Review and Evaluation*. Utah: USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- HEADLEY, R. (1916): *Fire Suppression District 5*. USDA Forest Service.
- HORNBY, L.G. (1936): *Fire Control Planning in the Northern Rock Mountain Region*. Missoula: USDA Forest Service.
- KOURTZ, P.H. (1984): "Decision-Making for Centralized Forest Fire Management", *Forestry Chronicle*, pp. 320-327.

- KOURTZ, P.H.; O'REGAN, W.G. (1971): "A Model for a Small Forest Fire... to Simulate Burned and Burning Areas for Use in a Detection Model", *Forest Science*, 17 (2), pp. 163-169.
- LINDEMUTH, A.W.; KEETCH, J.J.; NELSON, R.M. (1951): *Fire Damage Appraisal Procedures and Tables for the Northeast*. Asheville: USDA Forest Service, Southeast Forest Experiment Station.
- MACTAVISH, J.S. (1965): *Economics and Forest Fire Control*. Dept. For. Can. Publ.
- MARTY, R.J. (1965): *Fire Damage Appraisals: Economic Concepts Underying Their Development and Use (Speech)*. Washington: USDA Forest Service.
- MARTY, R.J.; BARNEY, R.J. (1981): *Fire Costs, Losses and Benefits: An Economic Valuation Procedure*. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- MATTSON, L.; KRISTRÖM, B. (1987): "The Economic Value of Moose as a Hunting Object", *Scandinavian Forest Economics*, 29, pp. 27-37.
- MCLEAN, D.L. (1970): *Appraisal of Damage to Immature Timber*. Ottawa: Can. For. Serv. Inf., For. Fire Res. Inst.
- MILLS, T.J.; BRATTEN, F.W. (1982): *FEES: Design of a Fire Economics Evaluation System*. USDA Forest Service.
- MITCHELL, J.A. (1954): *Some Thoughts on Forest Fire Damage Appraisal*. St. Paul: USDA Forest Service, Lake States Forest Experiment Station.
- NORTH, D.W.; OFFENSEND, F.L.; SMART, C.N. (1975): "Planning Wildfire Protection for the Santa Monica Mountains: An Economic Analysis of Alternatives", *Fire J.*, (xaneiro), pp. 69-78.
- NOSTE, N.V.; DAVIS, J.B. (1975): "A Critical Look at Fire Damage Appraisal", *Journal of Forestry*, 73 (11), pp. 715-719.
- O'CONNELL, P.F. (1971): "Economic Modeling in Natural Resource Planning", *Ariz. Watershed Symp.*, pp. 31-38. Phoenix.
- PARKS, G.M. (1964): "Development and Application of a Model for Suppression of Forest Fires", *Manage. Sci.*, 10 (4), pp. 760-766.
- PLUMMER, F.G. (1912): *Forest Fires: Their Causes, Extent, and Effects, with a Summary of Recorded Destruction and Loss*. USDA Forest Serv. Bull.
- POTTS, D.F.; PETERSON, D.L.; ZUURING, H.R. (1985): *Watershed Modeling for Fire Management Planning in the Northern Rocky Mountains*. USDA Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station.
- POULIN-COSTELO, M. (1993): *People-Caused Forest Fire Prediction Using Poisson and Logistic Regression*. [Tese de doutoramento]. University of Victoria, Department of Mathematics and Statistics.
- QUIÑOÁ LÓPEZ, X.L. (1989): "A planificación da loita contra dos incendios forestais", *Análise Empresarial*.
- QUIÑOÁ LÓPEZ, X.L. (1990): "Reparto de custos na planificación da loita contra dos incendios forestais", *Análise Empresarial*.
- QUIÑOÁ LÓPEZ, X.L. (1990): "A descentralización de responsabilidades na planificación da loita contra dos incendios forestais", *Análise Empresarial*.
- RÁBADE BLANCO, J. (1994): "Plan de protección contra incendios de los sistemas forestales de la Comunidad Autónoma de Madrid", *Revista Forestal Española*, 11, pp. 36-39.

- RIDEOUT, D.B.; OMI, P.N. (1990): "Alternative Expressions for the Economic Theory of Forest Fire Management", *Forest Science*, 36 (3), pp. 314-324.
- ROTHERMEL, R.C. (1972): *A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fields*. USDA Forest Service.
- SCHWEITZER, D.L.; ANDERSEN, E.V.; MILLS, T.J. (1982): *Economic Efficiency of Fire Management Programs at Six National Forests*. USDA Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station.
- SIMARD, A.J. (1976): *Wildland Fire Management: The Economics of Policy Alternatives*. Ottawa: Can. For. Serv., Fire Res. Inst.
- SPARHAWK, W.N. (1925): "The Use of Liability Ratings in Planning Forest Fire Protection", *Journal of Agricultural Research*, 30 (8), pp. 693-762.
- USDA FOREST SERVICE (1977): *Evaluation of Fire Management Activities on the National Forest*.
- VAUX, H.J.; GARDNER, P.D.; MILLS, T.J. (1984): *Methods for Assessing the Impact of Fire on Forest Recreation*. USDA Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station.
- ZIVNUSKA, J.A. (1972): "Economic Tradeoffs in Fire Management", *Proc. Fire Env. Symp.* Denver: USDA Forest Service.

