

# Desarrollo de un Modelo para la Evaluación Económica de los Planes de Defensa contra Incendios Forestales en Ecosistemas Forestales Mediterráneos<sup>1</sup>

Francisco Rodríguez y Silva<sup>2</sup>

## Resumen

El desarrollo actual alcanzado en la organización y gestión en la defensa de las áreas forestales contra los incendios, permite afrontar una línea de trabajo a través de la cual se pueda profundizar en el mejor conocimiento de la interrelación existente entre los presupuestos invertidos y los resultados que de las inversiones realizadas se obtienen. Históricamente la gestión de los presupuestos no ha seguido un procedimiento objetivo, científico y justificativo, sino más bien el proceso ha sido gobernado por un crecimiento del gasto de forma expansiva y a la demanda, careciendo en la mayoría de los casos de una planificación de las inversiones a medio plazo.

Cuando las circunstancias cambian y la disponibilidad de fondos se restringe, se detecta una descapitalización en la gestión forestal que hace difícil el mantenimiento y disponibilidad de presupuestos en los niveles anteriores, siendo en esta fase necesario, documentar y justificar la petición de fondos públicos necesarios para afrontar los gastos realmente necesarios. En esta fase y a fin de disponer de una respuesta eficaz y planificada, se hace imprescindible disponer de una herramienta de trabajo capaz de integrar no sólo los factores asociados a las variables de análisis económico, sino también la consideración de los factores y parámetros vinculados con la presencia de los incendios forestales en las áreas a proteger. En esta línea se motiva la realización del programa de investigación para el desarrollo de un modelo capaz de aglutinar, interpretar y relacionar el conjunto de las variables descriptoras de las relaciones y actividades asociadas con la gestión de los programas de defensa contra incendios forestales. En la filosofía del desarrollo del modelo, se ha creído conveniente fundamentar una base sólida y a la vez polivalente de cara a la exportación de los resultados del modelo, tal que aunque se escoja una zona territorial concreta para el desarrollo del mismo tanto en su fase de diseño, definición y experimentación, como en la de aplicación, el material obtenido permita su aplicación en otras zonas, sin descartar las necesarias adaptaciones que fueran necesarias realizar.

La importancia de obtener un primer modelo en áreas mediterráneas, con inclusión en él de los rendimientos de los medios de extinción y particularidades de los procedimientos de extinción, así como las capacidades de los diferentes sistemas forestales en recuperarse tras el impacto del fuego centran la esencia de los objetivos dirigidos a la obtención modelada en base criterios económicos del procedimiento o herramienta de trabajo que permita ayudar en la evaluación y planificación de acciones destinadas a la aplicación y seguimiento de los planes de defensa

<sup>1</sup> Una versión más corta de este trabajo fue presentado en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

<sup>2</sup> Dr. Ingeniero de Montes. Universidad de Córdoba. Departamento de Ingeniería Forestal. A/Menéndez Pidal s/n. 14080 Córdoba (España). email: ir1rosif@uco.es.

En definitiva con la ejecución del proyecto se realizará una investigación encaminada a la determinación objetiva de las relaciones existentes entre opciones propuestas por los programas de defensa contra incendios forestales y las consecuencias que se pueden alcanzar en términos de costos y pérdida previsible en la cantidad y en la calidad de los recursos que puedan quedar afectados tras el impacto de los incendios. Por consiguiente se ha de entender que el eje que marcará el proceso metodológico de la investigación será el análisis de costo-beneficio aplicado a los programas de defensa y protección.

Para el establecimiento de las condiciones de partida es necesario analizar en profundidad y reconocer de forma precisa la base estadística de incendios forestales, así como realizar la oportuna recogida de datos reales en incendios (condiciones y particularidades del primer ataque y del ataque ampliado) que se originen en la zona determinada como recinto de experimentación.

La determinación de las funciones identificativas del modelo de evaluación, han sido planteadas desde su gestión, como herramientas dirigidas a la gestión, por ello los conceptos y los fundamentos de la investigación pura, han quedado relegados a la fase de definición de instrumentos y requisitos de naturaleza económica. El modelo en desarrollo quedará presentado en formato informático, tal que se faciliten los cálculos y la operatividad del mismo quede garantizada, de forma que su aplicación pueda ser generalizado a los usuarios con responsabilidad directa en la organización y gestión de los programas de defensa.

## **Descripción general de las fases del proyecto.**

En el desarrollo de los trabajos relacionados con la obtención del modelo se han considerado las siguientes fases:

1. Fase de documentación y recopilación bibliográfica.
2. Fase de conocimiento, desglose de la estructura y fundamentos operacionales del modelo NFMAS.
3. Revisión bibliográfica.
4. Fase de elaboración y recopilación histórica de casos reales de aplicación y resultados obtenidos del modelo NFMAS en Estados Unidos.
5. Fase de selección de funciones, relaciones, bucles y comandos realmente exportables del modelo NFMAS para su utilización en el modelado a desarrollar con vistas a su aplicación en áreas mediterráneas.
6. Fase de reconocimiento territorial y elección de las zonas de trabajo, en donde serán realizados los análisis de gestión de los programas de defensa y protección contra incendios forestales.
7. Fase de creación de las bases de datos necesarias para implementar el modelo.
8. Fase de desarrollo del modelo.
9. Fase de programación informática del modelo y enlace con herramientas GIS (sistemas de información geográficos).
10. Fase de calibración y comprobación del modelo en campo. Operación del mismo bajo condiciones reales de combate.
11. Fase de elaboración documental de manuales de uso y aplicación del modelo.
12. Fase de presentación del material producido.
13. Fase de formación y entrenamiento dirigido a usuarios.

## Condicionantes que serán tenidos en cuenta.

El desarrollo del modelo ha quedado fundamentado en relación con los principios y herramientas de naturaleza económica basados en:

1. La teoría del análisis marginal.
2. La inclusión de criterios de eficiencia económica expresados en términos de “costo + cambio neto en el valor de los recursos”
3. La estimación de la magnitud de cambio en la producción, como consecuencia de cambios específicos en la cantidad de uno o más de los insumos tenidos en cuenta en el proceso de evaluación.
4. La realización de un proceso analítico, formal y objetivo.

Desde del punto de vista de las capacidades del modelo, se han considerado en los trabajos de desarrollo las siguientes posibilidades operativas y de cálculo:

1. La evaluación y comparación de la eficiencia y la efectividad de un programa de protección y sus opciones.
2. La realización de la medición de áreas quemadas y número de incendios clasificados por tamaño e intensidad que resultarán en el tiempo de análisis y para una propuesta de programa de defensa y protección concreto.
3. La evaluación mediante un modelo específico de simulación, capaz de examinar las opciones de protección frente a determinados tipos de incendios propuestos y las estrategias de despacho de recursos, según las condiciones específicas de los mismos. Para ello se han considerado entre otros, las siguientes variables:
  - la ocurrencia en el riesgo histórico
  - cartografía de los incendios acaecidos en el período histórico en estudio y en las zonas de análisis de gestión de los programas de defensa contra incendios forestales
  - el riesgo de ocurrencia potencial
  - incorporación diferenciada de la cartografía de peligro potencial en las zonas de análisis de gestión de los programas de defensa contra incendios forestales.
  - el peligro potencial
  - los tiempos de movilización y acceso de los recursos
  - las condiciones del terreno
  - la dificultad en la ejecución de los trabajos de extinción
  - el comportamiento del fuego
  - la productividad de los medios de actuación
  - el tamaño específico de control y el tiempo requerido para ello
  - la evaluación de la potencialidad de los incendios escapados
  - los combustibles forestales

- la estacionalidad y frecuencia de fenómenos meteorológicos de carácter dominante
4. La capitalización de la experiencia en los procedimientos seguidos en el combate de los incendios forestales. Para ello además del análisis de detalle de los resultados obtenidos en los trabajos de extinción, a través de la investigación de los últimos diez años en la base de datos nacional de incendios ocurridos, se han recopilado en tiempo real (seguimiento directo de incendios en campo) datos de rendimientos, efectividad y costes de los trabajos de extinción de incendios ocurridos en los años 2002 y 2003.
  5. La determinación del Factor de Contracción Superficial (FCS). Este factor permite integrar la efectividad de los recursos de extinción y está basado en la reducción de superficie que experimenta el incendio cuando sobre él se actúa para lograr el control y la extinción final, el valor numérico se obtiene al realizar la comparación con la superficie teórica que se obtiene mediante simulación a evolución libre (sin la consideración de elementos de combate).

## Parámetros de entrada del modelo.

Para proceder a evaluar económicamente el programa de protección y defensa contra incendios forestales, han sido considerados como valores de entrada los siguientes parámetros:

- **Comportamiento del fuego, definiéndose como herramientas de trabajo:**

1. el nivel de intensidad lineal del frente de llamas
2. la velocidad de propagación
3. la velocidad de propagación por copas
4. la generación de focos secundarios
5. la transición de fuegos de superficie a fuegos de copa
6. la longitud de llama
7. la clasificación de los intervalos de longitud de llamas para obtener los tipos de niveles de intensidad de incendios forestales

- **Derivados del comportamiento y de la productividad de los medios de combate:**

1. superficie y perímetro de control para cada nivel de intensidad de incendios forestal
2. tiempo para alcanzar el perímetro de control

- **Organización y procedimientos para la extinción**

- **Métodos para el despacho de los medios humanos y materiales. Incorporación de la tabla de selección de opciones de despacho con especificación de:**

1. medios individuales
2. equipos de ataque

3. fuerzas de equipos
  - **Reconocimiento e inventariación de los sistemas lineales preventivos de defensa (líneas cortafuegos, áreas cortafuegos) y de otra infraestructuras existentes para la prevención de los incendios forestales.**
  - **Valoración económica de los recursos en las zonas de análisis de manejo de incendios forestales, considerándose los siguientes:**
    1. madera
    2. pastos
    3. matorrales
    4. frutos
    5. recursos hídricos
    6. recursos piscícolas
    7. recursos faunísticos
    8. ocio y recreo
    9. recursos cinegéticos
    10. recursos paisajísticos
  - **Determinación y valoración de los gastos fijos anuales de mantenimiento del programa de protección y defensa.**
  - **Determinación y valoración de los gastos de extinción, considerándose los siguientes:**
    1. costos unitarios por misión/operación de combate
    2. costo promedio por hectárea relativo al ataque inicial
    3. costo promedio por hectárea relativo al ataque ampliado
    4. costo promedio por hectárea relativo a la extinción de gran incendio
    5. obtención del cambio neto en el valor de los recursos para cada una de las situaciones anteriores
  - **Evaluación económica de las operaciones dirigidas a la recuperación post-incendio de áreas afectadas, con determinación previa de la resiliencia del sistema.**
    1. Reconocimiento del efecto de los fuegos sobre los recursos
    2. Identificación espacial de dichos efectos
    3. Cuantificación de los efectos y desarrollo de la medida económica
    4. Determinación de la producción anual en ausencia de incendios
    5. Determinación de la producción total para el período de planificación en ausencia de incendios forestales
    6. Determinación la producción total durante el período de planificación en presencia de incendios forestales.

## Componentes mínimos considerados para la realización de operaciones de análisis y cálculo mediante el programa informático de gestión del modelo SINAMI.

En los trabajos de desarrollo del modelo se ha considerado realizar como estrategia metodológica la elaboración simultánea de la estructura informática del programa que permitirá realizar los cálculos de acuerdo a los siguientes componentes y aplicaciones:

- Mandos de control para la gestión de utilidades del programa
- Opciones de impresión de los documentos producidos por el modelo
- Gestión de los archivos producidos por el documento, almacenamiento, recuperación e indexado
- Identificación de la unidad de trabajo: espacio protegido, monte, comarca
- Información relativa a las zonas de análisis de gestión de los programas de protección y defensa, también llamadas zonas de análisis de manejo de fuegos (ZAMF) (figura nº 1)

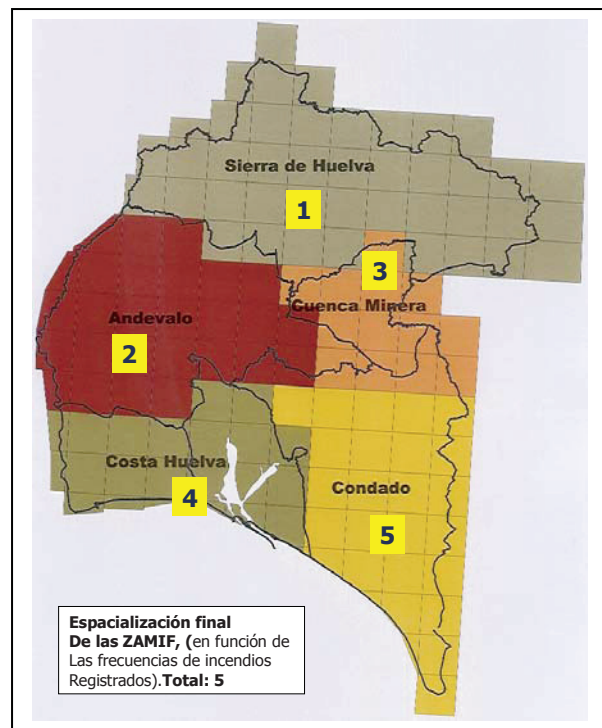
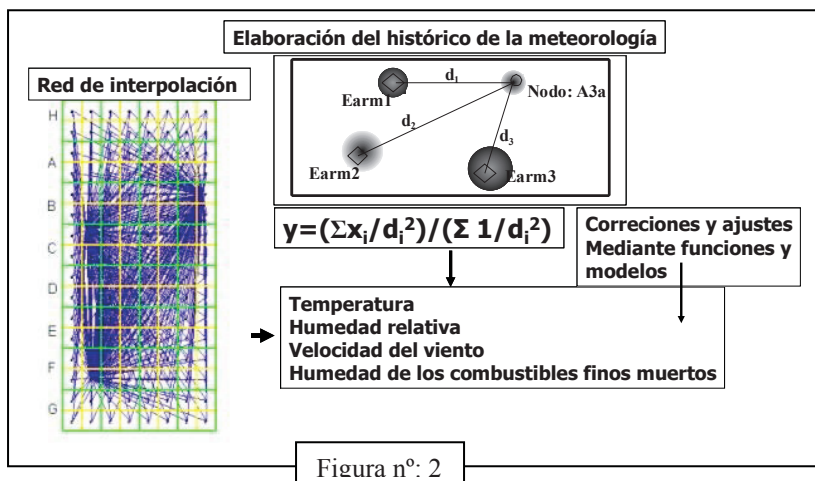


Figura nº: 1

- Límites para incendios escapados
- Cartografía temática: modelos de combustibles y coberturas forestales

- Presentación de incendios por año y por niveles de intensidad de los mismos
- Velocidad de propagación al 50 y 90 percentil
- Dimensiones de superficies afectadas a la detección
- Obtención del histórico de ocurrencia de los incendios referenciados geográficamente a partir de la base de datos nacional de estadística de incendios forestales
- Determinación zonificada de las condiciones meteorológicas más frecuentes a partir de los ficheros históricos (formato ASCII) existentes en la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología (INM) e incorporación de métodos de interpolación para la determinación de los parámetros meteorológicos (figura n°: 2)

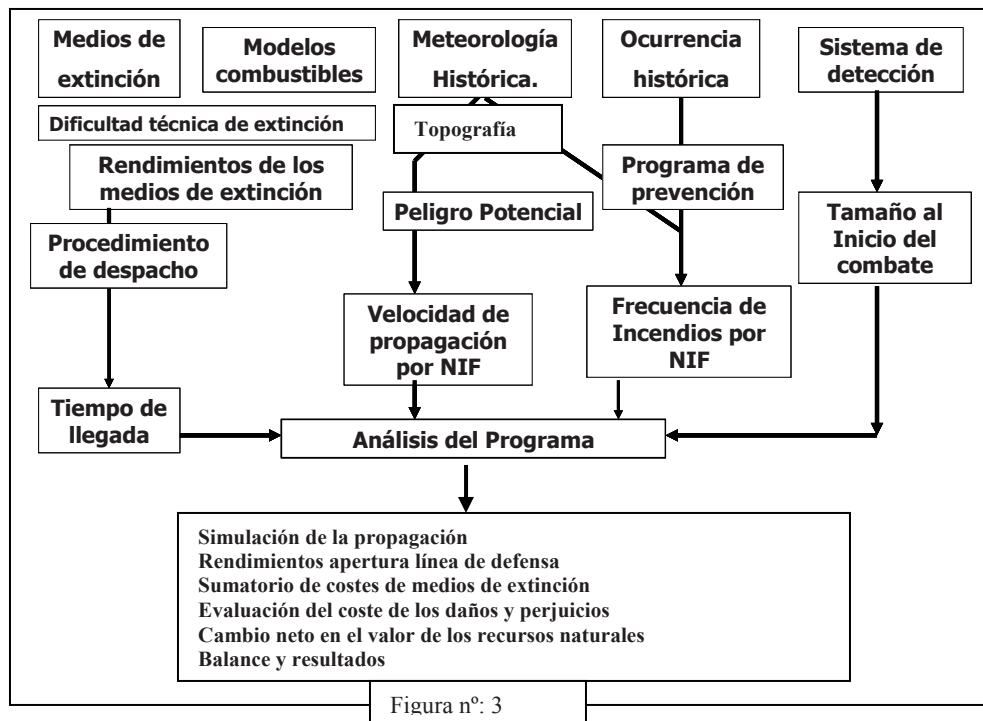


- Determinación de la herramienta de evaluación potencial de daños y perjuicios para su aplicación en la evaluación económica. Esta aplicación esta dirigida a la evaluación de polígonos del territorio (incluidos en las zonas de análisis y manejo de incendios forestales) tanto previa a la existencia de un incendio como para medición y estimación real en el caso de los acaecidos

## Línea de flujo general considerada en la ejecución del modelo.

- **Obtención del modelo base en función de:**
  1. Análisis de antecedentes históricos de incendios forestales
  2. Análisis del programa de interrelación de los parámetros de entrada:
    - Medios individuales de extinción de incendios

- Equipos de ataque de extinción de incendios
- Fuerzas de equipo de extinción de incendios
- Modelos de combustibles existentes
- Dificultad de extinción, determinada mediante el cálculo del Índice de Dificultad Técnica de Extinción (Rodríguez y Silva, 2000)
- Peligro potencial determinada mediante el cálculo del Índice de Peligro Potencial (IPP), (Rodríguez y Silva, 2000)
- Histórico de la meteorología
- Análisis histórico. Para la integración de los antecedentes históricos, se han empleados los módulos de cálculo y análisis propuestos por el sistema NFMAS (González-Cabán, 2000) desarrollado por el USDA Forest Service, al que se le han incluido módulos que vienen a cualificar con mayor intensidad las características específicas de la zona de análisis y manejo de incendios forestales. Los módulos permiten mediante el establecimiento de relaciones tipo “valores de entrada-valores de salida” incorporar los datos requeridos por el modelo para realizar el análisis económico del programa de defensa contra incendios forestales en estudio. Los módulos que han sido considerados son los siguientes: medios de extinción disponibles (tipos, rendimientos y costes), modelos de combustibles, aspectos topográficos, ocurrencia histórica en relación con los incendios acaecidos, procedimientos y tiempos de detección, dificultad técnica de extinción, procedimiento de despacho, tiempos de llegada, peligro potencial en cada zona de análisis y manejo de incendios forestales, velocidad y frecuencia de incendios clasificados por cada nivel de intensidad de fuego, tamaño al inicio de los trabajos de extinción y análisis final del programa basado en el establecimiento de comparativos entre los rendimientos de los recursos de extinción y el perímetro desarrollado por el comportamiento del fuego, los costes de los recursos y el cambio neto en la valoración de los recursos naturales (figura nº: 3).



- Rendimientos de los medios de extinción, determinado mediante la incorporación de las curvas de rendimientos de apertura de líneas de defensa según modelos de combustibles (Porrero M., Chico F., 2000)
- Sistema de detección
- Programa de prevención
- Sistema de despacho de medios de combate
- Tiempos de llegada
- Tamaño a la detección
- Velocidad de propagación por nivel de intensidad de incendio forestal
- Frecuencia de incendios por nivel de intensidad de incendio forestal
- Determinación comparada entre la velocidad de desarrollo de la línea de defensa (en el establecimiento de la línea de control) y la velocidad de crecimiento del perímetro del incendio. Para el desarrollo de esta fase se han incluido en el modelo las herramientas de cálculo del simulador de incendios forestales “Visual-Cardin” (Rodríguez y Silva, F. 2002) (figura n°: 4)

3. Cálculo inicial empleando la información histórica registrada
4. Calibrado y enlace con el proceso de planificación

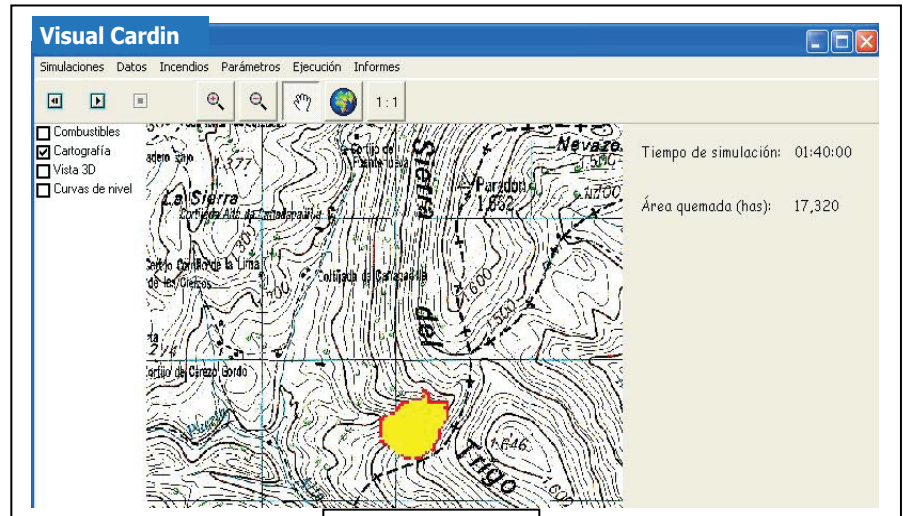


figura n°: 4

- **Evaluación del ataque inicial teniendo en consideración:**
  1. Opciones del programa de defensa y presupuesto por cada zona de análisis, realizando consultas mediante el uso de tablas realizadas a partir de la información histórica en función de:
    - Lenguaje de control de trabajo
    - Medios movilizados
    - Selección de opciones
    - Coste promedio por hectárea
    - Incendios escapados al control esperado
    - Coste unitario por misión
  2. Incendios contenidos incluyendo el cálculo del área afectada
  3. Incendios escapados incluyendo el cálculo del área pre-afectada
  4. Obtención del número de incendios por clase de tamaño y nivel de intensidad
  5. Obtención del área afectada por clase de tamaño y nivel de intensidad

6. Medios usados y número de despachos por año y por nivel de intensidad de incendio
7. Costes de supresión de incendio forestal
8. Estimación de efectos del incendio y valoración de los recursos
9. Obtención del total de los costes más el cambio neto en el valor de los recursos
10. Identificación del programa de defensa más eficiente
11. Determinación del presupuesto anual
12. Seguimiento y evaluación

Esta aplicación ha quedado definida para realizar su extensión metodológica a la evaluación tanto del ataque ampliado como al caso del ataque al gran incendio. Esta extensión de análisis y cálculo aunque determinada en su línea de flujo, ha quedado pospuesta para su incorporación en la segunda versión del modelo.

## **Elección de la zona para el desarrollo y experimentación del modelo.**

El territorio propuesto en la presente memoria para el desarrollo y experimentación del modelo, es el de la Comunidad Autónoma de Andalucía (región geográfica del sur de España), y en ella ha sido escogida la provincia de Huelva. Esta selección ha sido considerada en función de la superficie forestal, el histórico de los incendios forestales registrados, por la información de coberturas temáticas territoriales disponibles, por la información de infraestructuras preventivas y programas de protección y defensa existentes. En general la elección de Andalucía como territorio de investigación, ha sido considerada por la disponibilidad de una organización profesional y un sistema experimentado en los trabajos de control y extinción de incendios forestales, además de contar con una intensa base de datos de registros, constituida a partir de información obtenido de los incendios forestales acaecidos.

## **Agradecimientos**

El autor quiere expresar su agradecimiento al Área de Defensa contra Incendios Forestales de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (Ministerio de Medio Ambiente) por el material técnico y documental facilitado, así como por la financiación económica asignada mediante el convenio de investigación para el desarrollo de un modelo de evaluación económica de los programas de defensa contra los incendios forestales (SINAMI), suscrito entre dicha institución oficial y la Universidad de Córdoba.

## **Bibliografía**

Anónimo. **Informes estadísticos de incendios forestales. Ministerio de Medio Ambiente.** Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Área de Defensa contra Incendios Forestales.

- González-Cabán A. 2000. **Planificación y análisis para la defensa contra incendios forestales.** La defensa contra Incendios Forestales, Fundamentos y Experiencias. Coordinador Ricardo Vélez. Editorial McGraw Hill.
- González-Cabán A. 2000. **Sistema de análisis general para el manejo de incendios forestales en Estados Unidos.** La defensa contra Incendios Forestales, Fundamentos y Experiencias. Coordinador Ricardo Vélez. Editorial McGraw Hill.
- Porrero M., Chico F. 2000. **Rendimientos del personal de extinción.** La defensa contra Incendios Forestales, Fundamentos y Experiencias. Coordinador Ricardo Vélez. Editorial McGraw Hill.
- Rodríguez y Silva, F. 2000. **Modelos de organización de la extinción.** La defensa contra Incendios Forestales, Fundamentos y Experiencias. Coordinador Ricardo Vélez. Editorial McGraw Hill.
- Rodríguez y Silva, F. 2000. **Planes de defensa.** La defensa contra Incendios Forestales, Fundamentos y Experiencias. Coordinador Ricardo Vélez. Editorial McGraw Hill.
- Rodríguez y Silva, F. 2003. **Aplicaciones de la predicción y simulación del comportamiento del fuego en la extinción de incendios forestales.** Revista Incendios Forestales número 8. Editorial Forres C.B. ISSN: 1575-572X.