

# Marcos para la Representación de Procesos de Decisión y Resultados en Incendios Grandes<sup>1</sup>

Donald G. MacGregor,<sup>2</sup> Armando González-Cabán<sup>3</sup>

## Resumen

Aunque la gran mayoría de los incendios forestales se apagan en el ataque inicial o en el ataque ampliado, en las raras ocasiones en las que los incendios alcanzan dimensiones excepcionales, se producen graves daños a los recursos, un importante impacto financiero y/o la pérdida de vidas humanas. Para realizar una mejor gestión de los incendios grandes y mejorar el control de sus costes y su impacto necesitamos un conocimiento detallado de los procesos de toma de decisiones en funcionamiento en el momento del incidente. Las investigaciones de los incendios realizadas tras el incidente tienden a centrarse sobretodo en las características del incidente y no en el contexto más amplio de toma de decisiones en el que tiene lugar la gestión del incidente. La investigación descrita en esta presentación utiliza métodos analíticos de la ciencia del riesgo y de la ciencia de decisiones para desarrollar un modelo que descomponga y reconstruya los procesos de decisión en incendios grandes; por ejemplo diagramas de influencia, análisis de árbol de decisiones, análisis de utilidad multiatributo (UMA), y otros modelos basados en metodologías de reconstrucción del proceso decisorio. Se desarrolla un modelo preliminar para descomposición y reconstrucción de incidentes basado en un "Modelo Fotograma-Acontecimiento " con el cual se define un conjunto secuencial de "fotogramas acontecimiento" mediante factores temporales y contextuales que permite la representación visual de la descomposición de un incidente. El conjunto de fotogramas acontecimiento descompone el incidente en unidades de análisis discretas que pueden incorporar otros modelos o procesos, (por ejemplo, análisis de decisiones), para describir elementos de decisión en un incendio. La presentación describe el progreso realizado hasta la fecha en la modelización, y hace referencia al intento de aplicar el modelo a un incidente real.

## Introducción

Cada año se producen miles de incendios en suelo público. La gran mayoría de dichos incendios se logran apagar en el ataque inicial y alcanzan un tamaño pequeño, normalmente uno o dos acres (algo menos de una hectárea) como mucho. La mayor parte de los incendios que no logran apagarse en el ataque inicial se apagan en el

---

<sup>1</sup> Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

<sup>2</sup> Investigador Senior MacGregor-Bates, Inc., P.O. Box 10105, Eugene, OR 97440, Teléfono: 541.942.5727; email: donaldrm@epud.net.

<sup>3</sup> Economista con el Programa de investigación y desarrollo del interfaz urbano/Gestión del fuego en las zonas forestales (Fire Management in the Wildland/Urban Interface Research and Development Program) en el Forest Fire Laboratory, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, 4955 Canyon Crest Drive, Riverside, CA 92507; Tel.: 909.680.1525; email: agonzalezcaban@fs.fed.us.

ataque ampliado y rara vez superan los 100 o más acres (4 hectáreas). Sin embargo, en una pequeña proporción de los incendios, normalmente menos del uno por ciento, condiciones excepcionales del medioambiente, del combustible o de la capacidad de los recursos pueden desembocar en incendios especialmente grandes o excepcionales que provocan grandes costes monetarios, la pérdida de recursos públicos o privados de gran valor y (en los casos más extremos) la pérdida de vidas humanas. Aunque los incendios grandes son relativamente infrecuentes, suelen provocar un análisis muy detallado tras el incidente para determinar (a) las posibles causas y atribuciones de los catastróficos resultados, y (b) acciones o medidas que pueden tomarse para ayudar a prevenir o mitigar las consecuencias de sucesos similares en el futuro. Es necesario un resumen del incidente en función de las decisiones y los factores de las decisiones que han influido sobre el resultado.

Esta presentación informa del desarrollo de un proceso de análisis de incendios para ayudar a mejorar las prácticas de gestión de incendios. El objetivo de la investigación es el desarrollo de un método para el análisis de incendios en función de los principios de toma de decisiones, y la utilización del lenguaje de análisis de riesgo y de decisiones, como base para representar la relación entre la toma de decisiones en la gestión de incendios y los resultados de dichos incidentes. Uno de los conceptos centrales en el análisis de decisiones, la descomposición, es clave en esta forma de trabajo. La esencia de la descomposición es que es posible comprender mejor problemas grandes y complejos si se dividen o "descomponen" en problemas menores y más manejables que pueden resolverse o caracterizarse más detalladamente. A continuación se reconstruyen o montan en un todo los componentes individuales de la descomposición. La descomposición es el principio fundamental sobre el que se basan el análisis de decisiones y riesgos (Frohwein y Lambert 2000; Haines 1998; Keeney y Raiffa 1976; Raiffa 1968), y se ha aplicado en muchos otros contextos, incluida la previsión de juicio (por ejemplo, Armstrong 2001; MacGregor 2001).

## **Influencias sociales y de la organización sobre los resultados de las decisiones**

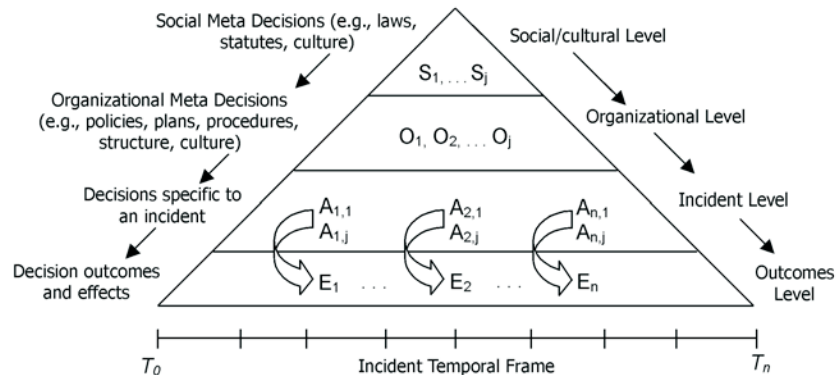
El proceso de análisis de incendios a partir de los resultados suele consistir en ir retrocediendo en el tiempo para determinar las causas proximales de los resultados. Generalmente se trabaja con tres categorías generales de factores causales: condiciones medioambientales (por ejemplo el tiempo, el comportamiento del fuego, combustibles), condiciones tecnológicas (por ejemplo fallo de los equipos), o error humano. A medida que se perfilan influencias causales relativamente claras, se va delimitando el análisis y se fija el patrón de causalidad. Este método conlleva suposiciones clave sobre la relación entre los factores del incidente y los resultados del incidente. En primer lugar supone que el peso causal o de diagnóstico de un factor del incidente es mayor cuanto más próximo (en el tiempo y en el espacio) esté de los resultados. En segundo lugar supone que una aproximación "de abajo hacia arriba" captará la mayor parte de las influencias que están presentes en una situación de gestión de un incidente y que explican los resultados de un incidente. En tercer lugar supone que la relación entre los factores del incidente y los resultados del incidente es determinista o estrictamente causal, y no probabilista.

Las influencias fundamentales sobre decisiones en un incidente y los resultados de las decisiones pueden deberse a factores alejados del incidente en el espacio y en

el tiempo. Como ya se ha demostrado en otros contextos, tales como el del fallo tecnológico, los accidentes e incidentes que provocan pérdidas monetarias y materiales, (incluida la pérdida de vidas humanas), pueden derivarse de operaciones "normales", y los antecedentes de los resultados de decisiones sólo pueden comprenderse recurriendo a factores que son parte del contexto social y organizativo en el que se producen los acontecimientos (Perrow 1984). A modo de ilustración, Paté-Cornell (1993; Paté-Cornell 1990) utilizó una combinación de diagramas de influencia y análisis de decisiones para modelizar el fallo de una plataforma de extracción marítima (*Piper Alpha*) en el campo petrolífero del Mar del Norte. Paté-Cornell detectó que el análisis original del fallo del accidente en la plataforma de perforación había estado muy determinado por los factores técnicos y de ingeniería, que tendían a dirigir la investigación hacia la búsqueda de soluciones técnicas al problema. Sin embargo, un análisis más amplio y cuidadoso de la raíz del fallo de ingeniería identificó una serie de decisiones organizativas que influían sobre las probabilidades de fallo sin que ello pudiera desprenderse claramente del estudio exclusivo de los detalles de dicho incidente. A raíz de su análisis se desarrolló un modelo general que descomponía los resultados del incidente en una combinación de factores sociales, organizativos y específicos del incidente.

## Hacia un modelo general de descomposición de incidentes

La descomposición de un incendio requiere una estructura directriz que identifique los factores que influyen sobre las decisiones y los resultados. Un marco para llevar a cabo dicha descomposición representa las decisiones en incidentes y las consecuencias como el resultado de factores específicos de un incidente así como factores e influencias presentes en ámbitos más elevados en la organización y en el contexto social. (*fig. 1*). El marco se compone de múltiples ámbitos de influencia empezando por el ámbito social más amplio que abarca la legislación y los valores (en el modelo  $S_i$ ). Estas influencias generales son exteriores a la organización pero influyen sobre meta decisiones de la organización (en el modelo  $O_i$ ) tales como políticas, planes y procedimientos que definen el marco contextual para la estructuración y evaluación de decisiones específicas de un incidente. Estas decisiones específicas de un incidente se presentan en el modelo como un conjunto de alternativas ( $A_{i,j}$ ) asociadas a problemas de decisión que están relacionados con una dimensión temporal asociada al incidente. En el transcurso de un incidente concreto, se presentan una serie de situaciones de decisiones de ese tipo a las que puede darse una ubicación temporal. Asimismo, los resultados y efectos ( $E_i$ ) derivados de decisiones ante el incidente, también pueden ubicarse temporalmente. En el análisis de un incidente real, los resultados y efectos de las decisiones se relacionan con las decisiones posteriores.



**Figura 1** – Modelo general de descomposición de un incidente. Adaptado de Paté-Cornell (1993).

### Representación de un diagrama de influencias

Los elementos esenciales del modelo pueden representarse en un diagrama de influencia que muestre la relación entre los componentes en cada uno de los niveles. Los diagramas de influencia son una forma de representación visual que muestra relaciones entre componentes de un problema de decisión (por ejemplo Oliver y Smith 1990). Las flechas entre los componentes denotan una *influencia*, y por influencia se entiende conocimiento de la relevancia. No implica necesariamente una relación causal, pero una influencia expresa una fuerza tal que un mayor conocimiento de A afecta directamente lo que creemos o esperamos de B.

El diagrama de influencia de un caso real sería complejo y mostraría no sólo las relaciones entre niveles, sino también las relaciones entre conceptos en cada nivel, así como la relación entre los resultados de los incidentes y los ámbitos sociales y de organización. Un modelo relativamente simple permite ilustrar cómo pueden representarse las relaciones en términos de influencias utilizando algunos elementos generales en cada ámbito (*fig 2*). Comenzando en la parte inferior del modelo hay una secuencia de acontecimientos importantes del incidente que comienza en el tiempo  $T_0$  y continúa hasta el final del tiempo del incidente en el tiempo  $T_n$ , donde  $n$  puede variar entre algunos días, semanas o incluso meses dependiendo de la duración del incidente. En el registro superior de la representación está el ámbito Social, con tres componentes: valores públicos/políticos, derecho estatutario y derecho civil. En el centro está el nivel de la organización representado por tres componentes: cultura de la organización, política formal y planes y estrategias.

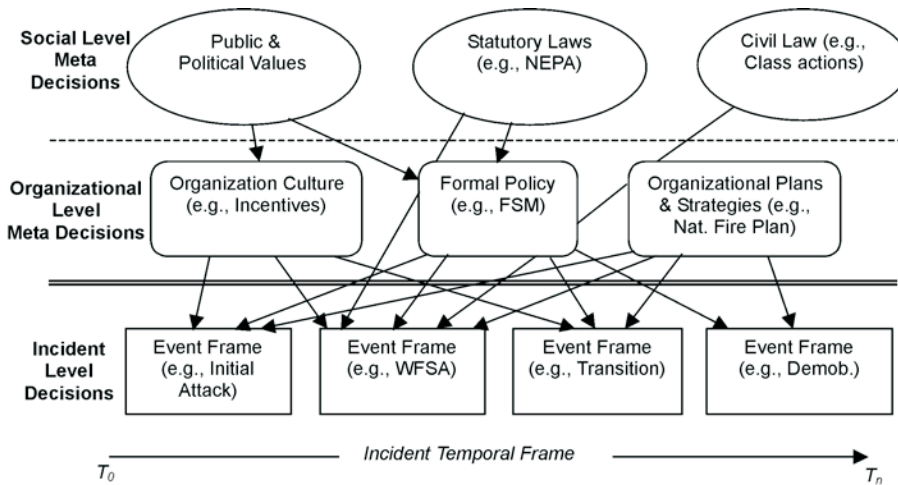


Figura 2 –Representación mediante diagrama de influencia de un incendio simplificado.

### Decisiones meta sociales

Son las decisiones que se adoptan en el ámbito más amplio de la sociedad y reflejan valores y puntos de vista culturales. Esas decisiones se reflejan en las leyes que gobiernan y guían lo que pueden hacer las organizaciones. Los valores culturales relevantes para esas leyes en lo que atañe al fuego y a su gestión pueden abarcar desde lo más general hasta lo específico. Por ejemplo, los valores sociopolíticos más amplios sobre la función que corresponde al gobierno en la regulación de las organizaciones y de la vida de las personas encarnaría quizá el sentido más amplio de este concepto. Más específico de los incendios y su gestión, los valores sociales sobre el entorno, protección ambiental, la función del fuego en los ecosistemas, etc, influyen también sobre las meta decisiones sociales. Por ejemplo, las distintas leyes federales que protegen los bienes medioambientales (por ejemplo las especies amenazadas y en peligro de extinción, la calidad del aire, la calidad del agua) son el resultado de una combinación de procesos científicos y políticos que se producen en las más altas instancias de la sociedad y reflejan la determinación de que se cumplan objetivos generales (muchos de ellos de protección) en cualquier acción que tenga un impacto sobre el medio ambiente. (por ejemplo NEPA, *National Environmental Policy Act* o la Ley Nacional de Política Medioambiental de 1969).

Dichas influencias pueden considerarse como factores "corriente arriba" que ejercen su influencia de diferentes modos. Pueden adoptar la forma de normas y directrices que las organizaciones están obligadas a cumplir por ley en su funcionamiento habitual. Las normas de calidad del aire, por ejemplo estarían en esta categoría, así como las de la calidad del agua, las leyes para la protección de las especies y las normas de seguridad ocupacional. En algunos casos estas normas y directrices pasan directamente al ámbito de la organización y en otros pueden ser interpretadas e incorporadas a la cultura de la organización. También pueden influir a través de las presiones sociopolíticas que ejercen sobre la toma de decisiones de la organización. Por ejemplo, el imperativo de reducir los costes de los grandes incendios puede reflejar un objetivo sociopolítico relativamente general de reducción de costes, pero sin una regla o guía concreta que identifique ya sea los medios a

utilizar para lograr la reducción de costes o el nivel de reducción de costes que debe alcanzarse.

Otra categoría de influencia en el ámbito social se debe a la postura del público en general sobre factores relacionados con la toma de decisiones en la gestión de los incendios. La postura de la opinión pública sobre los incendios y la gestión de los mismos, incluyendo actividades que influyen sobre la gestión de incendios tales como el uso de la quema prescrita para la gestión de combustibles puede afectar poderosamente el modo en que las organizaciones plantean problemas de decisión y definen las prioridades para las acciones de gestión de incendios. Por ejemplo, el *principio de precaución*, tal y como se aplica a la toma de decisiones para la gestión del riesgo, refleja en términos generales una actitud del público en general que favorece una interpretación conservadora del riesgo y que corresponde a la actitud pública de aversión al riesgo en lo que atañe a consecuencias que se consideran graves o catastróficas (por ejemplo, Graham 2001; MacGregor, Slovic y Malmfors 1999; Sandin 1999; Slovic, 2000). Básicamente el principio de precaución defiende la postura de que "mejor prevenir que curar" que obliga a la acción protectora incluso cuando no es seguro que vaya a producirse ningún daño. Una consecuencia de este principio es una interpretación conservadora de la ciencia por parte de las organizaciones a cargo de la gestión del riesgo: si la ciencia no confirma la presencia de daño, deberán adoptarse medidas protectoras hasta el momento en que la ciencia demuestre lo contrario.

### ***Meta decisiones de las organizaciones***

Las decisiones en este ámbito ejercen diversas influencias. Distinguimos tres categorías generales: políticas explícitas de la organización, su cultura y sus planes y estrategias (*fig. 2*). La cultura de la organización se compone de muchos elementos que no se reflejan aquí, tales como la historia de la organización y sus valores, la estructura de incentivos (tanto explícita como implícita) existente en la organización y que influye sobre las preferencias y decisiones individuales. La política explícita abarca las políticas concretas y los manuales, (por ejemplo, *Forest Service Manual* o Manual del servicio forestal; *Interagency Standards for Fire and Fire Aviation Operations* o Normas relativas a los incendios y a las operaciones de aviación contra incendios), que proporcionan las normas y guías generales, el marco en el que se desarrollan las actividades y operaciones del día a día. Se incluyen aquí las directivas periódicas que pueden subrayar, modificar o ampliar un elemento concreto de la política. Por último, hay un cuerpo relativamente amplio de planes y estrategias de la organización, (por ejemplo, *National Fire Plan* o Plan Nacional del incendios; *Cohesive Strategy* o Estrategia de cohesión), que proporcionan dirección y estrategia para la gestión general.

### ***Decisiones específicas de un incidente***

En el ámbito del incidente hay decisiones específicas de la acción de gestión del incendio sobre el terreno, representada como una serie de acontecimientos que a su vez pueden descomponerse para revelar decisiones que subyacen y son específicas de ese acontecimiento (*fig. 2*). El término "acontecimiento" se utiliza en este contexto para hacer referencia a los componentes de un incendio o incidente que incluyen elementos de juicio y toma de decisiones. Para expresar que los acontecimientos tienen características multidimensionales o multi-atributo utilizamos el concepto de

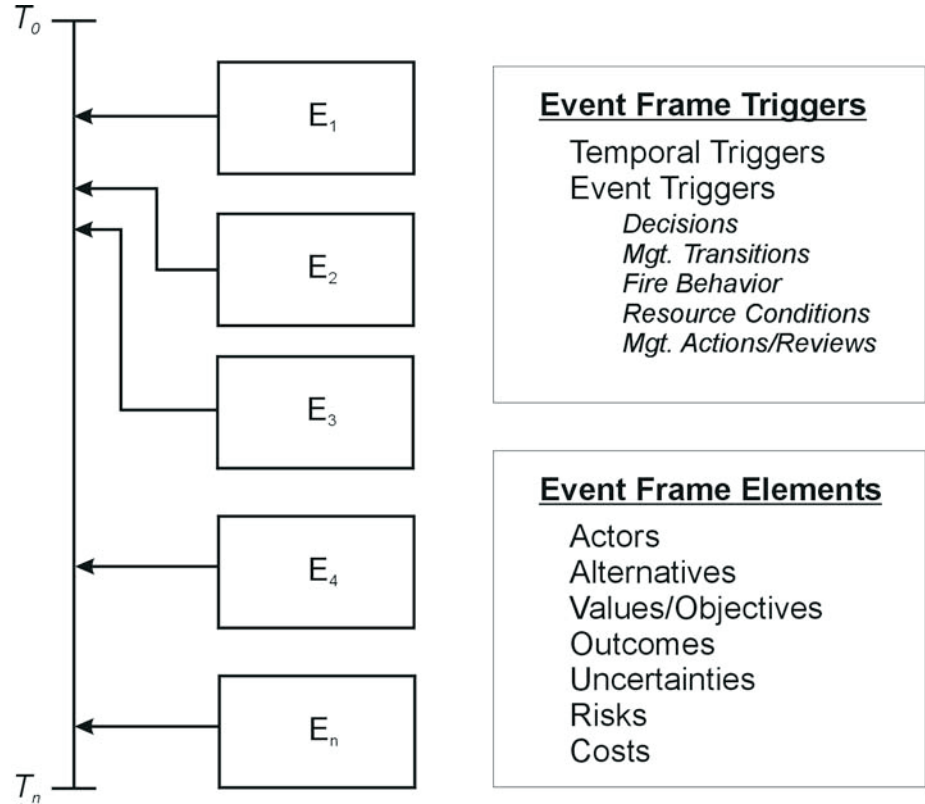
"Fotograma acontecimiento" (explicado más adelante). Por ejemplo, un fotograma acontecimiento que contenga un WFSA (*Wildland Fire Situation Analysis* o Análisis de situación de incendio forestal) puede descomponerse en una serie de elementos del WFSA concretos, cada uno de los cuales puede estar influido por meta decisiones de ámbito social o de la organización, tales como la Norma de la calidad del aire (ámbito social, ley estatutaria), valores públicos (ámbito social) y cultura de la organización.

## Estructura del análisis de un incidente

El proceso de estructuración del análisis de un incidente comienza con la construcción de una serie de fotogramas acontecimiento a lo largo de la dimensión temporal del incidente (*fig. 3*). El conjunto inicial de fotogramas acontecimiento se basa en la documentación del incidente. Los incendios grandes suelen documentarse en parte mediante el Análisis de la situación de incendio forestal, (o WFSA que corresponde a sus siglas en inglés), y otros documentos de proceso, (por ejemplo, la Delegación de autoridad), que proporcionan una base adecuada y de autoridad para recopilar la información inicial: la situación del fuego al comienzo del incidente, información preliminar sobre los valores en peligro, alternativas estratégicas para la gestión del incendio y otros aspectos de la gestión del suelo que reflejan las prioridades de las decisiones.

El marco general consiste en un conjunto de fotogramas acontecimiento esquemáticos colocados a lo largo de una dimensión temporal que abarca desde el comienzo de un incidente (*Tiempo =  $T_0$* ) hasta el final del incidente (*Tiempo =  $T_n$* ).  $T_0$  corresponde a la fecha y la hora en que se encendió el fuego;  $T_n$  corresponde a la fecha y la hora en que se declara apagado el incendio. En principio el número de fotogramas acontecimiento discreto es ilimitado. Sin embargo en la práctica el número de fotogramas acontecimiento está determinado por la granularidad del análisis y por factores pragmáticos tales como (a) características del incidente, ya que los incidentes más largos o más complejos requieren un número mayor de fotogramas acontecimiento, y (b) disponibilidad de la información.

Cada fotograma acontecimiento se caracteriza por un conjunto de elementos de fotograma de acontecimiento, entre ellos: (a) valores, fines y objetivos, (b) alternativas a la decisión, (c) resultados esperados asociados a cada alternativa (d) fuentes de incertidumbre, (e) contrapartidas, (f) fuentes de riesgo, y (g) costes. Entre los métodos para la representación de estos elementos están los árboles de valor multiatributo y los árboles de decisión. Los riesgos asociados a cada árbol de acontecimiento pueden representarse mediante un modelo de valoración de riesgo que caracterice el riesgo en función de: (a) acontecimientos o escenarios que pueden producirse, (b) la probabilidad de que se produzca cada uno de ellos, y (c) las consecuencias asociadas al hecho de que se produzcan, (por ejemplo, Haines, 1998; Kaplan y Garrick 1981). Este método podría desarrollarse más utilizando el modelo de la teoría de estructuración de escenarios (*Theory of Scenario Structuring, TSS*) de Kaplan Garrick, (por ejemplo, Kaplan, Haines y Garrick 2001). En la práctica, la medida en que pueden utilizarse métodos más sofisticados para analizar cada fotograma acontecimiento viene marcada por el valor de un mayor detalle o rigor analíticos y por la disponibilidad de la información.



**Figura 3** – Estructura general del modelo de fotograma acontecimiento.

### **Fuentes de información: Documentación de incidentes.**

La información primaria para el análisis del incidente procede de documentos que se producen en el transcurso de un incidente. La documentación del incidente proporciona la base para la construcción inicial de un modelo fotograma acontecimiento. La documentación estándar de un incendio grande en las diferentes agencias federales de incendios forestales en Estados Unidos incluye:

- Análisis de situación de incendio *Fire Situation Analysis (FSA)*
- Documentos de instrucciones
- Análisis de situación de incendio forestal *Wildland Fire Situation Analysis (WFSA)*
- Análisis de complejidad del incidente *Incident Complexity Analysis (ICA)*
- Delegación de autoridad
- Planes de turnos
- Planes de transición
- Informe final del incendio (por ejemplo, FS 5100-29)

El Análisis de Situación de Incendio forestal, (WFSA), por ejemplo, se desarrolla al comienzo del incidente y se actualiza continuamente (y en algunos casos

se repite) como parte de la gestión del incidente. El WFSa proporciona información primaria sobre objetivos de gestión de suelo y valores en peligro, alternativas estratégicas para la gestión del incendio y cálculos preliminares de los costes de extinción del fuego y pérdidas monetizadas de la base de recursos. Los elementos de coste monetario se revisan y actualizan periódicamente, y proporcionan la base para un conjunto de fotogramas acontecimiento que relacionan directamente los costes del incidente con los valores en peligro..

También se obtiene información de los planes periódicos y los documentos generados como parte de la gestión del incidente, entre ellos los planes de turnos y los planes de transición. Los planes de turnos pueden utilizarse para estructurar un proceso de protocolo a través del cuál se reconstruyen decisiones del incidente según (a) alternativas tácticas y la alternativa elegida (b) objetivos de control del incidente, (c) preocupación por recursos críticos y valores en peligro, (d) asignación de recursos y asignación de personal de la organización. Los planes de turnos indican la dirección táctica elegida, pero no indican otras alternativas tácticas que puedan haberse considerado, ni indican los resultados que se esperan y en función de los que se evalúan los resultados. La estructura del problema de decisión (parcialmente) implícita en la dirección táctica de los planes de turnos debe complementarse con entrevistas para obtener una representación de la estructura más completa.

### ***Fuentes de información: Protocolo de reconstrucción del proceso de decisión (PRPD).***

La documentación del incidente proporciona un medio eficiente para identificar los parámetros clave de las decisiones del incidente, incluida la estructuración de los problemas de decisión. Información adicional sobre cómo se toman realmente las decisiones sólo puede obtenerse en contacto directo con el personal de gestión de incendios. Para obtener esta información es necesario desarrollar un Protocolo de reconstrucción del proceso de decisión (PRPD) que constituye una guía de entrevista para trabajar con el personal de gestión de incendios en la reconstrucción de las decisiones del incidente. El marco para el PRPD procede de la documentación del incidente estructurada según el modelo de fotograma acontecimiento descrito anteriormente. El PSPD proporciona un modo de identificar un número de factores relacionados con el incidente, entre ellos:

- Influencias sobre los procesos de decisión durante el incidente;
- estructuración del problema de decisión por parte del personal de gestión de incendios;
- Valores en peligro u objetivos no explícitos en la documentación del incidente;
- preferencias individuales de riesgo que influyen sobre las decisiones del incidente;
- Patrón de utilización de la información;
- Protocolos de comunicación que influyen sobre las decisiones del incidente.

### **Caso práctico: incendio de Fork.**

Actualmente se está realizando un caso práctico que ilustra la aplicación de la metodología del fotograma acontecimiento. El propósito del caso práctico es demostrar cómo puede obtenerse y representarse la estructura de decisión de un incidente utilizando el modelo y los métodos descritos en esta presentación. El caso seleccionado, (el incendio de *Fork*) es un incendio que tuvo lugar en verano de 1996 en el Bosque Nacional de Mendocino (*Mendocino National Forest* -Región de Servicio Forestal *USDA 5*, Zona Norte de California). El incidente comenzó el 11 de agosto de 1996 y continuó durante aproximadamente 18 días, quemando un total de 82.980 acres (más de 33.000 hectáreas). Se eligió este caso debido a su tamaño y complejidad, así como por la disponibilidad de la documentación del incidente y el acceso al personal de gestión de incendios que participó en el incidente.

Se ha construido un modelo preliminar de acontecimientos basado en el Análisis de situación de incendio forestal. (WFSA) realizado durante el incidente, los planes periódicos tácticos y objetivos del incidente, y el informe final del incendio. Actualmente se está utilizando el modelo de acontecimiento para desarrollar un protocolo para la entrevista del personal de gestión de incendios y para identificar documentación adicional del incidente que pueda necesitarse.

### **Agradecimientos**

Investigación realizada con el apoyo del *USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Research Joint Venture Agreement* No. 02-JV-11272165-040 con MacGregor-Bates, Inc. Especial agradecimiento a Ray Quintanar y Carl Dammann por su preciosa ayuda en la interpretación de la documentación de incidentes. Los consejos y la supervisión de James Flynn y Bruce Tonn nos ayudaron en la redacción de esta presentación.

### **Referencias**

- Armstrong, J. S. (ed.). 2001. **Principles of forecasting: A handbook for researchers and practitioners**. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Frohwein, H. I., & Lambert, J. H. 2000. **Risk of extreme events in multiobjective decision trees Part 1. Severe events**. *Risk Analysis*, 20:113-123.
- Graham, J. D. 2001. **Decision-analytic refinements of the precautionary principle**. *Journal of Risk Research*, 4:127-141.
- Haines, Y. Y. 1998. **Risk modeling, assessment, and management**. Nueva York: Wiley.
- Kaplan, S., & Garrick, B. J. 1981. **On the quantitative definition of risk**. *Risk Analysis*, 17:407-417.
- Kaplan, S., Haines, Y. Y., & Garrick, B. J. 2001. **Fitting hierarchical holographic modeling into the theory of scenario structuring and a resulting refinement to the quantitative definition of risk**. *Risk Analysis*, 21:807-819.
- Keeney, R. L., & Raiffa, H. 1976. **Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs**. Nueva York: John Wiley & Sons.
- MacGregor, D. G., 2001. **Decomposition for judgmental forecasting and estimation**. In J. S. Armstrong (ed.). *Principles of forecasting: A handbook for researchers and practitioners*. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.

- MacGregor, D. G., Slovic, P., Malmfors, T. 1999. **“How exposed is exposed enough?” Lay inferences about chemical exposure.** Risk Analysis, 4:649-659.
- Oliver, R. M., & Smith, J. Q. (eds.). 1990. *Influence diagrams, belief nets, and decision analysis.* New York: Wiley.
- Paté-Cornell, M. E. 1990. **Organizational aspects of engineering systems safety The case of offshore platforms.** Science, 250:1210-1217.
- Paté-Cornell, M. E. 1993. **Learning from the Piper Alpha accident: A postmortem analysis of technical and organizational factors.** Risk Analysis, 13:215-232.
- Perrow, C. 1984. **Normal accidents.** New York: Basic Books.
- Raiffa, H. 1968. **Decision analysis.** Reading, MA: Addison-Wesley.
- Sandin, P. 1999. **Dimensions of the precautionary principle.** Human and Ecological Risk Assessment, 5:889-907
- Slovic, P. 2000. **Perception of risk.** London: Earthscan.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.