

El sistema KITRAL: una herramienta para mejorar la eficiencia del Manejo del Fuego en Chile.

**Patricio Pedernera A., Miguel Castillo S., Guillermo Julio A.
Departamento Manejo de Recursos Forestales
Facultad de Ciencias Forestales
Universidad de Chile**

Abstract

Los incendios forestales en Chile representan un importante problema, que afecta el medio ambiente y las actividades forestales. Para minimizar este problema, en la década de los '60 el Estado chileno, inició programas sistemáticos para combatir esta aflicción; más tarde, a partir de los años '70 las compañías privadas iniciaron sus propios programas de protección, como una forma de aminorar el crecimiento continuo del problema de los incendios forestales.

Desde que se inició el primer programa de manejo del fuego, ha habido importantes mejoras, particularmente en aspectos relacionados con la eficacia del combate. Chile, ahora cuenta con 30 años de experiencia en varios niveles, particularmente en el nivel operacional pero también en los niveles superiores de las organizaciones de manejo del fuego. Sin embargo, el aumento de la eficacia no ha sido acompañado de mejoras en la eficiencia del uso de los recursos. En los últimos 15 años, la eficacia (medida a través del tamaño medio de los incendios) ha permanecido relativamente constante, pero los presupuestos destinados a la protección han crecido constantemente, aún cuando se analizan en términos de gasto por hectárea.

El mejoramiento de la eficiencia en el Manejo del Fuego es un problema muy complejo, que debiese ser enfocado a la reducción de la fuerza de combate empleada para controlar un incendio particular, para evitar gastar demasiado. El problema con este enfoque es que es muy difícil, si no imposible, el número y el tipo de recursos de recursos de combate mínimo necesario, sin información adecuada. En esta aspecto, adivinar es extremadamente peligroso.

El Sistema KITRAL fue diseñado y construido como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, cuyo objetivo es reducir la incertidumbre en la toma de decisiones. Soporta dos componentes básicos: una base de datos geográfica extensa y un conjunto de algoritmos, las funciones y los procedimientos para calcular y predecir, vía modelos de simulación, el comportamiento del fuego en algunas escalas espaciales y temporales, incluyendo el riesgo, el peligro, el modelo de propagación del fuego, la velocidad de viento, las prioridades, la longitud de la llama, la liberación de calor, etc.

Un asunto muy importante en el diseño de KITRAL fue la facilidad de uso y la respuesta rápida. El primer aspecto fue abordado dotando al sistema de una interfaz muy amigable, sobre la base de un diseño de ventanas muy similar a Windows; el segundo fue implementado mediante la generación de códigos particulares que aprovechan al máximo la potencia del hardware sobre el que el sistema es operado.

Aunque el sistema puede ser mejorado, en su primera temporada de operaciones, los resultados fueron muy promisorios, y algunos de ellos impresionantes. Los pronósticos entregados por KITRAL, en el nivel operacional, demostraron que los costos del combate de incendios pueden ser reducidos notablemente sólo por el hecho de contar con mejores mecanismos para la elaboración de información, por medio del empleo de poderosas herramientas de análisis espacial. Esto posibilita tomar mejores decisiones, lo que resulta en un uso más eficiente de los recursos, que en el largo plazo contribuye en la reducción de los gastos de combate de incendios forestales.

Introducción

Los incendios forestales son una gran amenaza para la conservación y manejo apropiado de los recursos naturales renovables en Chile. Ellos han sido un problema importante desde la ocupación de las diferentes regiones chilenas: mitad del siglo diecinueve para la sección sur (37° - 42° de Latitud Sur) y comienzos de este siglo para las regiones más australes (42° - 54° de Latitud Sur). De acuerdo con estimaciones no oficiales, alrededor de 15 millones de hectáreas fueron destruidas por grandes incendios en la década de los '50, debido principalmente a la habilitación de terrenos para uso agrícola y ganadería. En los sesenta, debido al inicio de programas de protección, las quemaduras agrícolas fueron reguladas duramente, de modo que en la actualidad, ellas sólo representan un 10 por ciento del total de incendios.

Sin embargo, en los últimos 30 años, aproximadamente 1,35 millones de hectáreas de terrenos rurales han sido afectados por incendios, cuyo origen se debe principalmente a acciones humanas negligentes, la recreación y el turismo, juegos de niños y actividades agrícolas (actividad forestal, agrícola o ganadería). Chile tiene también ha experimentado un número creciente de incendios causados con la intención de hacer daño.

Se estima que los incendios forestales son uno de los principales factores en la destrucción de los recursos naturales renovables, debido a las características naturales del paisaje chileno: una topografía muy abrupta, viento casi permanente, y un verano caliente y seco. Otro aspecto importante es la alta densidad de población en los centros urbanos, la que crea áreas de alto riesgo en las zonas periféricas, debido a las actividades, comportamiento y actitudes humanas.

Los extensos daños y accidentes causados por incendios forestales en los sesenta, obligaron a las autoridades a establecer un sistema nacional de manejo del fuego, cuyo propósito era prevenir y combatir el problema. Posteriormente, en los años setenta, varias compañías forestales privadas dieron inicio a sus propios sistemas de protección. Estos sistemas han crecido y han logrado su consolidación basada en la experiencia adquirida y en el incremento constante de recursos financieros. Un aspecto muy importante en los resultados logrados es la cooperación entre las entidades públicas y privadas en las actividades relacionadas a la protección contra incendios forestales. También, han existido esfuerzos para incluir la investigación y desarrollo en la tarea nacional del manejo de incendios forestales. Este esfuerzo cooperativo se orienta para atacar el problema desde varios puntos de vista que deben ser considerados en esta compleja actividad. De esta manera, el sistema KINTRAL es una consecuencia de esta necesidad de esquemas de manejo más eficientes para mitigar las pérdidas y daños causados por el fuego.

De acuerdo con los datos del sistema estadístico de manejo del fuego, de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y otras fuentes (Policía Forestal y la Universidad de Chile), Chile ha mantenido registros de incendios forestales desde 1962 (*tabla 1*, Julio et al, 1998).

TABLA 1 Ocurrencia de Incendios Forestales en Chile en seis Quinquenios (Promedios Anuales)

QUINQUENIOS	NUMERO DE INCENDIOS	SUPERFICIE QUEMADA (hectareas)	TAMANO MEDIO DE INCENDIOS (hectareas)
1965/66-1969/70	497	26.875	54,1
1970/71-1974/75	1.238	37.203	30,1
1975/76-1979/80	3.157	36.092	11,4
1980/81-1984/85	4.995	46.482	9,3
1985/86-1989/90	5.026	67.022	13,3
1990/91-1994/95	5.531	43.251	7,8
1995/96-1999/00	5.745	58.589	10,2

La tabla muestra un dramático incremento de la ocurrencia en los tres quinquenios iniciales con una estabilización en los últimos tres. Esto puede ser explicado por la pobre capacidad de captura y registro de los datos de ocurrencia en los sesenta y setenta. Sólo en los últimos tres quinquenios los datos comenzaron a ser seguros, y la tasa anual se incrementa en el orden de un 1,4 por ciento.

La reducción del incremento en la tasa anual es también una consecuencia de la ejecución de campañas de prevención y un mejor control en el uso del fuego. Por otra parte, la ocurrencia de incendios está aumentando también en el mundo, como una consecuencia de la expansión en el uso de los recursos naturales renovables, ya sea en actividades productivas o para propósitos recreativos, acciones que contribuyen a elevar el riesgo de incendios forestales. Esto es particularmente cierto en áreas donde la causa origen de los incendios son las actividades esencialmente humanas, negligentes o intencionales.

En la tabla 1 se muestra también una tendencia creciente para la superficie total quemada. Sin embargo, si se asume que los datos del quinquenio inicial son incompletos, se puede presumir que la tendencia actual tiende hacia un valor constante.

El tamaño medio de los incendios muestra una rápida caída desde el quinquenio inicial lo que, indudablemente, es una consecuencia de la creación de programas formales de protección. Estos programas resultaron en la creación de estructuras y organizaciones que permitieron presuprimir y combatir efectivamente los incendios forestales, tareas que reciben la mayor proporción de en la asignación de recursos. Desde 1981, este indicador ha fluctuado alrededor un valor relativamente constante, alcanzando su mejor valor en el período 1990/91 - 1994/95.

Según los datos del sistema estadística de manejo del fuego (CONAF) la vegetación afectada por el fuego se puede resumir en la siguiente tabla (Julio et al., 1998).

TABLA 2 Tipos Vegetacionales Afectados por el Fuego en Chile (Período 1972-1995)

TIPOS	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE
Pino Radiata	114,883	10.17
Eucaliptus spp..	24,723	2.19
Otras Plantaciones	2,718	0.24
Bosques Nativos	228,109	20.19
Matorrales	372,658	32.98
Pastizales	352,368	31.19
Otros	34,337	3.04
TOTAL	1,129,796	100

Otro aspecto importante de considerar es la evolución de las causas de incendios forestales. La evolución de la causalidad se muestra a continuación, en la tabla 3.

TABLA 3 Evolución de la Causalidad de Incendios Forestales en Chile

CAUSAS	PORCENTAJE DE INCENDIOS POR QUINQUENIO					TOTAL
	1976-80	1981-85	1986-90	1991-95	1996-00	
FAENAS FORESTALES	16,5	12,2	7,2	5,1	6,4	9,5
FAENAS AGROPECUARIAS	17,0	9,0	8,8	3,6	5,8	8,8
RECREACION Y DEPORTES	3,0	2,8	2,5	1,8	2,5	2,5
JUEGOS	12,1	8,3	9,4	7,8	6,0	8,7
TRANSITO Y TRANSPORTE	18,5	26,5	33,0	30,3	27,7	27,2
OTRAS ACTIVIDADES	4,1	3,5	2,7	2,4	2,6	3,0
INTENCIONAL	12,7	16,6	20,2	38,8	38,8	25,4
OTRAS CAUSAS	1,3	1,0	1,3	1,6	2,1	1,5
DESCONOCIDA	15,0	20,1	14,9	8,6	8,1	13,3
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL

La tabla 3 presenta una disminución muy clara de la importancia de las faenas agrícolas en la iniciación de incendios. Por otro lado, el tránsito y transporte han visto incrementada su participación en la ocurrencia. Una mención especial corresponde a los intencionales, que

evidencian un alza importante en su participación en el inicio de incendios, siendo la causa más importante en los últimos años.

La tabla 4 muestra una estimación de los gastos y daños en control de incendios forestales al 1995. Los datos fueron recopilados por el proyecto FONDEF FI-13 de varias fuentes: investigación propia desarrollada por la Universidad de Chile, los datos del Sistema Estadístico de Manejo del Fuego (CONAF), el Instituto Forestal y compañías privadas (Julio et al., 1998).

TABLA 4 Gastos y Daños en Manejo del Fuego en Chile (Promedios Anuales en miles US\$ - enero/1995)

QUINQUENIOS	DAÑOS DIRECTOS	GASTOS		GASTOS TOTALES	DAÑO / GASTO*1000
		Público	Privado		
1965/66-1969/70	22.757	1.532,8	584,9	2.117,7	64,5
1970/71-1974/75	19.937	2.900,6	1.902,2	4.802,8	24,9
1975/76-1979/80	31.404	2.815,2	2.600,1	5.415,3	34,8
1980/81-1984/85	30.879	3.019,9	3.449,9	6.469,8	28,6
1985/86-1989/90	60.847	3.609,9	5.560,6	9.170,5	39,8
1990/91-1994/95	32.355	4.922,8	8.079,9	13.00,7	14,9
TOTAL	990.895	94.006	110.888	204.894	29,0

La tabla 4 muestra una tendencia creciente en la asignación presupuestaria para Manejo del Fuego como un todo. Se evidencia el incremento constante de los gastos, tanto del sector público y como del privado han ido, excepto en el período 1970 a 1985, donde el presupuesto del sector público se mantuvo relativamente constante. Los mismos datos muestran una tasa anual de incremento para el gasto total (público y privado) de un 14,86%, 2,16% y 20,16% respectivamente.

Otro aspecto que es interesante de destacar, es la distribución de los gastos totales del manejo del fuego. Desde la temporada 1962/63 hasta la temporada 1994/95, la participación fiscal disminuye progresivamente, desde un 90% por ciento a un 38%. Por el contrario, la participación privada se ha movido desde un 10% hasta un 62%. En la temporada 1979/80 ambos sectores mostraron un nivel semejante de gastos.

La tabla 4 también muestra que los daños se han mantenido en un nivel semejante en los últimos 4 quinquenios, con la excepción del período 1985/86 a 1989/90, durante el cual (específicamente en 1987/88), se rompe la tendencia, debido a incendios que afectaron 20,350 ha de plantaciones.

Del análisis de los datos contenidos en la tabla 4, se evidencia que el constante incremento de los esfuerzos en protección, al menos durante los últimos tres quinquenios, no ha producido evidencias de reducción en los daños ni tampoco un incremento en la eficiencia de la protección, de acuerdo con esto, se puede decir que el aumento constante en los gastos no ha estado dirigido hacia el mejoramiento de los sistemas de manejo del fuego. En efecto, estos sistemas no han experimentado ningún cambio tecnológico en los últimos 15 años, prevaleciendo un estilo “de combate” que no ha podido ser minimizado. En otras palabras, el desarrollo del manejo del fuego en Chile ha sido mas

bien físico que cualitativo, donde los tomadores de decisiones han preferido incrementar el número de torres de detección, brigadas de combate, helicópteros y otros similares, en desmedro de la prevención y la investigación, las que en conjunto han recibido recursos por debajo del 5% de los presupuestos totales del manejo del fuego.

Por otra parte, los esquemas de planificación y los sistemas de información para dar soporte a las decisiones no han sido desarrollados apropiadamente. Esto ha resultado en decisiones subjetivas, sin un adecuado soporte, especialmente en el nivel operacional cuando se ve enfrentado situaciones excepcionales, así como también en los niveles más altos de la organización frente a un problema estructural. En otras palabras, los problemas de eficiencia en manejo del fuego no residen en el número de recursos disponibles, sino en su correcta definición y en la forma en que ellos son asignados y utilizados.

El Sistema KITRAL

El Sistema KITRAL fue desarrollado por un consorcio integrado por la Universidad de Chile, el Instituto Forestal e INTEC Chile, como un esfuerzo para mejorar la eficiencia de los programas de Manejo del fuego que operan en Chile. Este sistema representa una innovación tecnológica importante que posibilita la evaluación permanente del problema de los incendios forestales y permite el uso de herramientas de manejo y control (Proyecto FONDEF FI-13, 1995).

El objetivo principal del sistema es mejorar la eficiencia del manejo del fuego por medio del análisis de las condiciones que afectan la ocurrencia y los daños de los incendios, y del uso de artefactos para evaluar y definir las opciones en la toma de decisiones para el combate y la prevención, así como también para la planificación estratégica.

KITRAL es un sistema de información que incluye bases de datos geográficas y modelos de simulación, además de algoritmos basados en modelos matemáticos desarrollados en Chile. Las características principales de su implementación técnica son la sencillez y su velocidad de la respuesta en situaciones de alta complejidad. Por ejemplo, la simulación un incendio que se propaga 12 horas se obtiene en un par de minutos. El sistema opera a través de varios módulos independientes e interconectados, que posibilitan la solución de varias preguntas globales y específicas para el manejo de los incendios.

El sistema KITRAL es original, debido a que su diseño ha sido adaptado a las condiciones de Chile, con bases de datos y estándares de productividad que están amarrados a los programas de manejo del fuego que operan en nuestro país. También, posee módulos relacionados con la planificación estratégica, que emplean los resultados de la investigación en el tema que se ha realizado desde el año 1967. Sin embargo, el diseño y la arquitectura puede ser usado por otros países, reemplazando las bases de datos y los estándares de productividad, por aquellos que son conocidos para dicho país.

Los componentes principales del sistema son:

☞ Sistema de Administración y Análisis de Información Geográfica.

El sistema de información geográfica (SIG) almacena la información espacial (vegetación, topografía, clima, hidrografía, caminos, poblaciones, ocurrencia de incendios,

infraestructura para el Manejo del fuego, etc.) y facilita su uso y transferencia a los otros módulos del sistema. Sus funciones son:

1. Mantener información actualizada sobre la zona de operaciones del Programa de Manejo del Fuego, para permitir la operación de los simuladores y para informar permanentemente al despachador sobre las situaciones prevalecientes en aquellos sectores afectados por incendios. La información incluye el datos sobre accesibilidad, modelos de combustibles, topografía y, también, la disponibilidad y la ubicación de los recursos bajo la responsabilidad del Programa.
2. Hace posible la estimación de la probabilidad de la ocurrencia de incendios en toda el área de operaciones, y los niveles de conflictividad que los incendios pueden alcanzar en las áreas de contingencia donde se producen incendios.
3. Posibilita el modelamiento de la propagación del fuego, entregando información sobre el perímetro, la superficie, el comportamiento del fuego, las pérdidas y la probable carga trabajo requerida para la contención de los incendios que se inicien.

✍ Sistema de Comando de Operaciones.

Para dar soporte a la toma de decisiones sobre la asignación y movilización de los recursos de combate. Posee dos Subsistemas:

1. PROGRAMACION DIARIA DE OPERACIONES, permite optimizar la asignación diaria de los recursos móviles para la presupresión y el combate, para ello emplea las Prioridades de la Protección y el Índice del Riesgo, el que es calculado a partir de datos meteorológicos de los días pasados y los pronósticos para el día. Por otra parte, el proceso de optimización se ejecuta equilibrando la carga de trabajo teórica entre unidades equivalentes.
2. DESPACHO, Este subsistema permite localizar los incendios que se inician y que son reportados por el sistema de detección del programa de protección. Esto permite la simulación de la expansión y la conflictividad de los incendios, y hace posible el cálculo de las cantidades y tipos de recursos que deben ser enviados para combatir eficientemente un incendio. Al mismo tiempo, este subsistema registra todas las acciones en las bases de datos del subsistema estadístico.

✍ Subsistema de Optimización de Recursos para la Protección

Facilita la distribución espacial de los recursos disponibles para la prevención y presupresión, mediante el análisis de varias alternativas de oferta y demanda de protección, para el mediano y largo plazo. El proceso considera la combinación de las prioridades de la protección, los estándares de eficiencia de los recursos disponibles y la cobertura de los diferentes tipos de recursos (torres de observación, brigadas de combate, centrales de abastecimiento, y otros.)

✍ Subsistema estadístico.

Cumple dos funciones: BUSQUEDA y REGISTRO. La búsqueda permite a un usuario hacer consultas a la base de datos; el registro posibilita el almacenamiento de la información que se recopila para cada uno de los incendios ocurridos durante la temporada. Esta función le entrega a los usuarios la posibilidad de obtener información totalizada sobre la ocurrencia de incendios, superficies afectadas, recursos empleados en combate, e instrucciones de despacho. Toda la información se registra automáticamente en las bases de datos, e incluso el sistema posee una bitácora electrónica.

Impactos del Sistema KITRAL

La reducción de costos proyectada al utilizar KITRAL varía de un 15 a un 50 por ciento, en el período que sigue su instalación. Por otra parte, los costos de instalación sólo representan una inversión adicional de un 3 por ciento, la que puede ser rápidamente recuperada con el uso más racional de los recursos de combate (Julio, 1998).

KITRAL puede ser empleado para dar soporte a la toma de decisiones de despacho, considerando la cantidad y el tipo de recursos disponibles para el combate del fuego. Esto se ilustrará empleando como ejemplo un incendio ocurrido en la Octava región de Chile, cerca de la ciudad de Concepción, durante la temporada 1996/97

El incendio afectó una superficie total de 410 ha., de las cuales 116,5 correspondieron a plantaciones adultas de Pino radiata y plantaciones de Eucaliptus, pertenecientes a compañías forestales privadas, y el resto de la superficie pertenece a otros particulares. De acuerdo a la información proporcionada por las mismas compañías, el incendio causó daños directos por un monto de un millón de dólares.

Para realizar la prueba, se consideraron los antecedentes relacionados con la ubicación del área, las condiciones meteorológicas en los instantes iniciales y durante el avance del fuego, y los combustibles afectados. Ellos fueron registrados por medio de una serie de lecturas durante todo el período de duración del incendio. Durante el incendio se registró además, las fuerzas de combate que fueron asignadas; las evaluaciones posteriores, se realizaron en intervalos de tiempo irregulares, los que fueron definidos de acuerdo a la secuencia de órdenes de despacho emitidas desde la central de operaciones. Para cada caso, se estimó la cantidad de recursos movilizados.

Después que finalizó el incendio, se procedió a repetir cada etapa del combate, empleando el módulo de simulación de incendios (según la cronología del fuego verdadero) y se registró en cada caso la sugerencia de despacho entregada por el sistema KITRAL, la que se comparó con lo ocurrido en la realidad. Al respecto, es necesario mencionar que aunque KITRAL es capaz de proporcionar estimaciones parciales para el perímetro, superficie quemada y daños causados por el fuego, en la situación verdadera no fue posible obtener esta información, razón por la que sólo fue posible comparar estas variables en el instante del control, lo que ocurrió a las 45 horas desde su inicio. Por ejemplo, en superficie afectada, el simulador entregó un valor muy cercano al verdadero: 427 ha. contra 410 ha. respectivamente. La diferencia observada entre ambos valores, se encuentra dentro de los márgenes de sobreestimación calculados para el simulador (Castillo, 1997).

Los gastos efectivos fueron estimados, con posterioridad al control del fuego, y se consideró las tarifas y costos del personal empleados por la compañía dueña de los recursos. Las tasas empleadas por KITRAL (Proyecto FONDEF FI-13, 1995) fueron ajustadas para que se empleara los mismos valores de la compañía, de modo que ellos fuesen comparables. En la tabla 5, se presentan la asignación y la distribución de recursos de combate de las situaciones real y simuladas.

TABLA 5 Recursos empleados en el combate (Situaciones Real y Simulada)

Tiempo desde el comienzo del incendio (horas)	REAL	SIMULADA
	ASIGNACION DE RECURSOS	
2	61 Hombres 1 Camión Cisterna (Químicos) 1 Bulldozer	94 Hombres 1 Camión Cisterna (Agua) 1 Camión Cisterna (Químicos)
15	70 Hombres 1 Camión Cisterna (Químicos) 1 Aviones (Agua) 1 Helicóptero (Químicos)	39 Hombres 1 Camión Cisterna (Químicos)
29	51 Hombres 1 Camión Cisterna (Químicos) 2 Aviones (Agua) 1 Buldózer	18 Hombres 1 Camión Cisterna (Agua) 1 Camión Cisterna (Químicos)
35	46 Hombres 2 Camiones Cisternas (Químicos)	66 Hombres 1 Camión Cisterna (Agua)
TOTALES	158 Hombres 5 Camión Cisternas (Químicos) 3 Aviones (Agua) 1 Helicóptero (Químicos) 2 Buldózers	217 Hombres 3 Camiones Cisterna (Agua) 3 Camiones Cisterna (Químicos)

De la tabla 5 se puede observar claramente las diferencias existentes entre las órdenes de despacho reales y las propuestas por KITRAL. Al examinar el despacho inicial, KITRAL propone cerca de un 30 por ciento más de hombres que la orden de despacho real, basada en la experiencia. Sin embargo, con respecto a los otros tipos de recursos, KITRAL propone una orden de despacho bastante conservadora. Esta situación, se repite para todos los intervalos tiempo evaluados.

En términos globales, las diferencias observadas entre las órdenes reales y las proporcionadas por KITRAL, pueden ser explicadas como el resultado de dos situaciones: KITRAL propone un uso intenso de recursos humanos, lo que corresponde a la unidad de menor costo dentro de los recursos disponibles; por otro lado, el despacho basado en la experiencia tiende a la utilización de recursos de mayor costo debido a que el objetivo principal es controlar el fuego en el intervalo de tiempo más pequeño posible, lo que se logra por medio del uso intensivo de unidades de combate de mayores costos, y que tienen mayores capacidades para el transporte de agua y elementos químicos.

Los costos directos del combate fueron evaluados de acuerdo a la cronología del incendio (tabla 6). De acuerdo a los datos, el despacho real incurre en gastos que podrían ser considerados como

excesivos, especialmente en el intervalo de tiempo correspondiente a las 15 horas desde el inicio del incendio. El alto gasto se produce debido a que el despacho inicial no fue suficiente para controlar el incendio, de modo que la segunda orden asigna una cuota de recursos que introducen el costo excesivo.

TABLA 6 Gastos según la Cronología del Fuego

TIEMPO (horas)	GASTOS (US\$)	
	REAL	KITRAL
2	4,417.0	980.4
15	54,568.9	3,179.4
29	12,319.6	5,028.9
35	4,936.4	11,363.8
TOTAL	76,241.9	25,562.8

Por el contrario, KITRAL propone una alternativa de un costo bastante más reducido en el primer intervalo de tiempo, la que es consecuencia de los cálculos desarrollados por el sistema para determinar la cantidad de recursos que se requerirían para controlar el fuego en un intervalo de tiempo futuro. Según esto, todas las alternativas de despacho sugeridas por KITRAL tienen un costo mucho más pequeño en comparación con la situación real.

Por otro lado, y en relación con el costo total del combate, la gran diferencia que se observa entre las propuestas de KITRAL y la situación real, indica que un cálculo más preciso para determinar la fuerza de combate necesaria, asegurará una reducción significativa de los gastos sólo por el uso de una herramienta más exacta para evaluar y estimar el comportamiento del fuego. Esto es el principal impacto del sistema, que puede reducir significativamente los costos operacionales.

Sin embargo, es necesario validar estos resultados para tener una base de datos más completa, para evaluar las propuestas de KITRAL en una variedad grande de situaciones, y para determinar el nivel de la certeza para el sistema.

Referencias

- Proyecto FONDEF FI-13. 1995. Actas del Taller Internacional de Prognosis y Gestión en el Control de Incendios Forestales. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Castillo, M. 1997. Método de Validación del Simulador de Incendios Forestales. Memoria de Título Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Julio, G. 1998. KITRAL: Un Sistema de Soporte Análisis para la toma de Decisiones en Manejo Fuego. Actas III Maestría en Conservación y Gestión del Medio Natural. Universidad Internacional de Andalucía. Andalucía, España.
- Julio, G.; Pedernera, P.; Aguilera, R. 1998. Aplicaciones del SIG en la Gestión de la Protección contra los Incendios Forestales – El Sistema KITRAL. Actas Taller Regional FAO Aplicaciones de la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica a la Gestión Agrícola del Medio Ambiente. FAO Chile. Santiago, Chile.