

Índice de dificultad de extinción de incendios forestales (IDEIF) para la gestión territorial del Término Municipal de Chiva, Valencia.

Galiana F.¹, Torano A². y Suárez Torres J¹.

Resumen

La afección y recurrencia de los incendios forestales en el área mediterránea se presenta como uno de los principales problemas de la planificación y gestión en el territorio. La ordenación general de las actividades contempla el empleo de modelos territoriales predictivos y en particular los referentes a la adopción de medidas preventivas contra los incendios forestales. Se lleva a cabo la elaboración de un índice de dificultad de extinción de incendios forestales que representa la capacidad del territorio para la actuación frente al incendio forestal por métodos convencionales. Se trata de un modelo de planificación territorial que incluye tanto aspectos propios del carácter del medio físico, como de las infraestructuras de extinción existentes y la accesibilidad al terreno. Se expresa mediante las variables y los submodelos significativos en la extinción de un incendio forestal de un modo jerarquizado. La importancia o ponderación de los factores se determina mediante la consulta a expertos, por métodos de decisión basados en las Jerarquías Analíticas (AHP). La ponderación representa la opinión sobre las variables de los expertos o agentes implicados en la gestión territorial de la prevención y en el proceso de extinción de incendios forestales.

El modelo de dificultad de extinción de incendios se aplica a un término municipal con afecciones importantes de incendios forestales, como es el caso del Término Municipal de Chiva, en la provincia de Valencia. Se clasifica el territorio mediante el empleo de un sistema de información geográfica y cartografía adecuada. La aplicación del modelo permite la identificación de los espacios prioritarios para la adopción de medidas relativas a la prevención de incendios forestales, por la actuación sobre alguno de los factores del medio o la mejora de las infraestructuras que facilitan la extinción de los incendios en las zonas de mayor dificultad.

Introducción.

Se entiende por dificultad de extinción de incendios forestales como la capacidad para controlar un incendio forestal y evitar que continúe su propagación. Este término ha sido tratado por diversos autores (Vélez y otros, 2000), (Chuvieco, Martín Isabel, 2004), (Alonso-Betanzos, 2003)

El Término Municipal de Chiva se compone en su mitad oeste de paisajes y sierras prelitorales ibéricas, como es la Sierra de los Bosques, y es, además, una zona

¹ Dep. Ingeniería Rural y Agroalimentaria. Esc. Téc. Sup. de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia. C/ Camino de Vera s/n. VALENCIA, 46022. fgaliana@agf.upv.es; jorsuato@agf.upv.es.

² Av. de Aragón nº 40, Es 2, P 27. VALENCIA. 46021. astocai@etsia.upv.es

de segunda vivienda para la Ciudad de Valencia, de modo que la urbanización de baja densidad así como otros usos, ajenos a los agroforestales, han proliferado. La dinámica recurrente de los incendios forestales durante últimas décadas y la continuación de explotaciones mineras junto con este desarrollo de actividades urbanísticas, ha producido una evidente degradación de los ecosistemas y de los paisajes forestales y agrícolas.

Bajo la óptica del desarrollo del planeamiento de actividades, en el Término Municipal de Chiva, es interesante no sólo establecer niveles de riesgo territorial, relacionados con los procesos superficiales, como erosivos o de incendios, si no que se deberá avanzar en la fase preventiva que permita la actividad de la extinción en las mejores condiciones técnicas.

La elaboración del “Índice de Dificultad de Extinción de Incendios Forestales” (IDEIF) para el Término Municipal de Chiva, establece una zonificación del territorio en función de la dificultad / aptitud del mismo frente a la extinción de cualquier incendio forestal. Asimismo, aunque se entiende que se ha planteado el análisis de un índice de dificultad de extinción de incendios forestales y la planificación asociada de forma genérica, se ciñe y se ha aplicado, a continuación, al territorio del Término Municipal de Chiva, por lo que se pueden extrapolar, los aspectos básicos del análisis, a cualquier punto del territorio de la Comunidad Valenciana.

Se plantean los siguientes objetivos: que la información obtenida pueda ser utilizada tanto para la prevención como para la extinción de incendios, con la finalidad de que se puedan destinar medios más adecuados a cada zona del territorio en función de su índice de dificultad, así como para poder priorizar en la extinción de incendios simultáneos. El nivel de dificultad que se experimenta en términos de poner bajo control el fuego, es una de las variables que influyen en la hora de priorizar en las decisiones que se toman en diferentes fuegos activos en un momento dado (Betanzos y otros. 2003). Propuesta de unidades territoriales que sirvan para la realización de una planificación del territorio o de gestión del monte y puede ser base para la modelización del comportamiento de un incendio, en las zonas que presenten mayor dificultad.

Finalmente se propone establecer algunas recomendaciones relativas a la planificación territorial, indicando aquellas zonas prioritarias al estableciendo de determinadas actividades, debido a su menor dificultad para la extinción de incendios.

Localización general.

El Término Municipal de Chiva se encuentra situado en la provincia de Valencia, formando parte de la comarca de la Hoya de Buñol. Se encuentra muy cerca de la ciudad de Valencia y esta conectado a importantes vías de comunicación.

Su relieve es muy característico del ámbito mediterráneo representando, además dos ambientes valencianos muy distintos, ya que se encuentra en la transición de los relieves montañosos que configuran las sierras pre-ibéricas, de orografía abrupta y carácter forestal y la plana aluvial de Valencia, caracterizada por grandes llanos y de vocación claramente agraria.

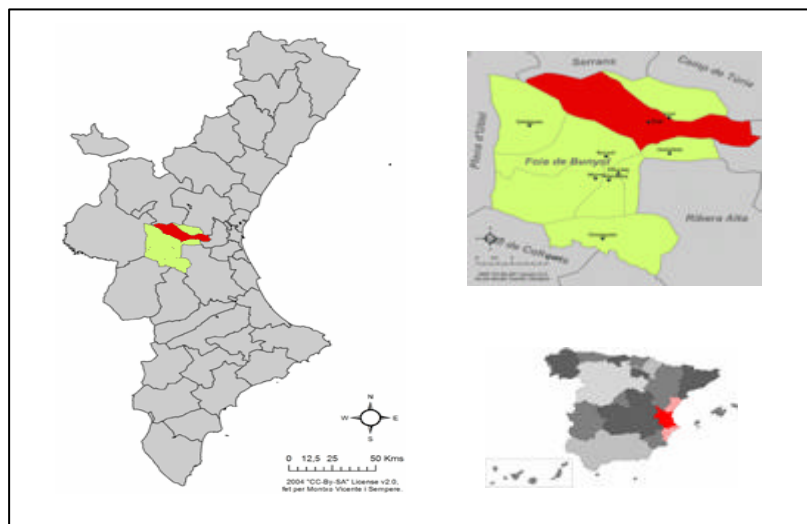


Figura 1— Situación del Término Municipal de Chiva, provincia de Valencia, España; para el que se aplica el IDEIF.

Metodología

Modelo IDEIF.

El modelo de dificultad de extinción de incendios forestales (IDEIF) se basa en un esquema jerárquico de variables que organiza todo el proceso de forma racional, para que establezca una diferenciación de los componentes o tareas afectadas y una ponderación de la importancia relativa de cada una.

Los elementos que componen los índices ya han sido tabulados por la literatura especializada (PORF de la Comunidad Valenciana) y en concreto por manuales de prevención y extinción de incendios (Vélez y otros, 2000), de modo que la *tabla 1*, resumen la aportación de conceptos que afectan a estos índices.

Los índices tomados de distintas fuentes son homogeneizados de acuerdo a criterios comunes, comparándolos en la forma en que se desarrollan por Vélez y colaboradores (2000) (*cuadros 1 y 2*).

Índice de dificultad de extinción (IDEIF)—Galiana, Toraño, Torres.

Índice	Definición
Accesibilidad	Capacidad que tienen los medios terrestres para llegar a cualquier punto del territorio en función de las infraestructuras de transporte por las que se puedan mover.
Movilidad	Mayor o menor dificultad que ofrece el área forestal al tránsito de vehículos de extinción fuera de los trazados de viales de cualquier tipo.
Penetrabilidad	Mayor o menor dificultad que tienen los medios humanos para acceder caminando a través del área forestal, en análisis a los distintos lugares del espacio .que este comprende.
Apertura de líneas de defensa	Rendimiento tanto de los equipos especialistas como de la maquinaria, que en función de las características del territorio existe.
Disponibilidad de recursos hídricos.	Disponibilidad del territorio de lugares de los que se puede obtener agua por los medios de extinción, tanto naturales como artificiales.
Peligrosidad	Facilidad intrínseca de un sistema forestal a propagar el fuego convirtiendo a éste en un incendio.

Tabla 1—Definiciones de los índices utilizados en el IDEIF.

- Índice de disponibilidad de recursos hídricos.

Se define como la disponibilidad del territorio de lugares de los que se puede obtener agua por los medios de extinción, tanto naturales como artificiales. Solo se tendrán, en cuenta, por tanto, aquellos cauces, o instalaciones que tengan agua y que puedan ser accesibles para los medios de extinción tanto aéreos como terrestres. Para el Término Municipal existen seis depósitos contra incendios con disponibilidad regular de agua para los medios de extinción.

Este índice se calcula mediante la distancia a los recursos hídricos a través de las pistas forestales.

Cuadro 1— Índice definido para el modelo.

Esquema jerárquico de variables.

La elaboración del esquema es un proceso fundamental en el desarrollo del modelo puesto que establece el marco base sobre el que se aplican, agrupan y estructuran los índices.

El estudio de la bibliografía existente se plasma en un esquema general que aglutina todos los procesos que se consideran fundamentales para componer el modelo. Estos procesos son todos aquellos que constituyen la extinción de un incendio forestal en la Comunidad Valenciana, aunque seleccionando de éstos, todos aquellos que son susceptibles de modelizarse, es decir, hay variables como la de medios aéreos, que es fundamental en el proceso de extinción, y que sin embargo no se modeliza por ser demasiado homogénea en el aérea de estudio, como para influir en el modelo de forma significativa.

Rapidez de llegada	
<p>Índice de accesibilidad</p> $Ia = \sum l_i \times S_i / S_k$	<p>li- Peso asignado en función de la longitud en metros de vías de accesos existentes en la mancha del modelo de combustible (i)</p> <p>Si- Superficie que ocupa el modelo de combustible (i) en hectáreas.</p> <p>St- Superficie total de la celda en hectáreas.</p>
Maniobras de extinción	
<p>Índice de movilidad</p> $Im = \sum l_i S_i / S_T$	<p>li- Peso asignado en función de la longitud en metros de las infraestructuras preventivas de defensa existentes en la mancha de modelo (i).</p> <p>Si- Superficie que ocupa el modelo de combustible (i) en hectáreas.</p> <p>ST- Superficie total de la celda en hectáreas.</p>
<p>Índice de penetrabilidad</p> $Ipe = \sum [(p + dc + ms + e) / s] \cdot (Si / St)$	<p>p- Peso adjudicado al porcentaje de pendiente promedio que tiene el área (Si) ocupada por el modelo de combustible (i).</p> <p>dc- Peso adjudicado a la dificultad impuesta por el modelo de combustible en relación con el tránsito de los medios humanos.</p> <p>ms- Peso adjudicado a la mayor o menos solidez del suelo.</p> <p>e- Peso adjudicado a la exposición que presenta el modelo de combustible (i)</p> <p>s- Peso adjudicado a la densidad de sendas de precombate</p>
<p>Índice de apertura de líneas de defensa</p> $Iald = \sum (Trh_i + Trm_i) \times Cp_i$	<p>Trh- Peso asignado a la tasa de rendimiento en la apertura de líneas de defensa según modelos de combustible, mediante equipos de especialistas de extinción.</p> <p>Trm- Peso asignado a la tasa de rendimiento en la apertura de líneas de defensa según modelos de combustible, mediante maquinaria pesada.</p> <p>Cp- Coeficiente de ajuste según el tipo de pendiente promedio existente en cada una de las áreas que ocupan los modelos de combustible presentes en la celda de análisis.</p>
Propagación	
<p>Índice de peligrosidad</p> $P = (Fl + \frac{1}{2} Vp) \frac{Vm}{V_{min}}$	<p>Fl- Longitud de llama (m), para condiciones estándar y pendiente del 0%.</p> <p>Vp- Velocidad de propagación (m/min), para cada uno de los intervalos de pendiente.</p> <p>Vm- Factor de Vp para cada uno de los modelos de combustible, dentro de cada una de las zonas meteorológicas.</p> <p>Vmin- Representa la Vp mínima de cada modelo de combustible para cada una de las zonas meteorológicas.</p>

Cuadro 2— Definición los índices utilizados para el cálculo de la dificultad de extinción de incendios forestales (IDEIF). (Rodríguez y Silva, 2000).

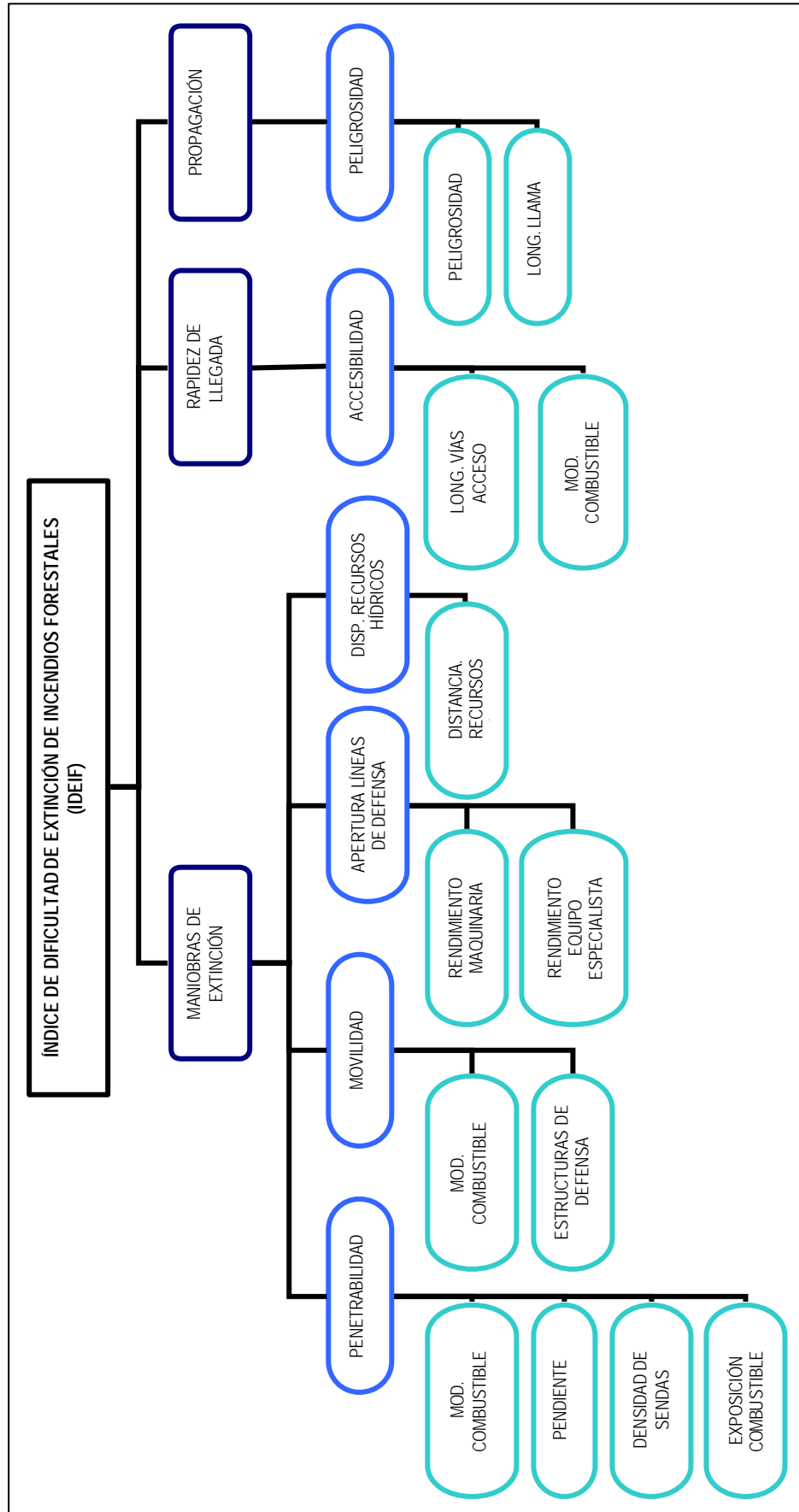


Figura 2— Esquema jerárquico de variables del IDEIF. El índice está formado por tres niveles fundamentales. El primer nivel corresponde con una agrupación general de los procesos, el segundo nivel está conformado por los índices que modelizan el proceso, y el tercer nivel lo forman las variables que componen los índices.

Cartografías básicas.

La cartografía básica del estudio, se compone de diversas cartografías digitales, utilizadas de forma directa o modificadas, para que se puedan usar de acuerdo a los objetivos que se pretenden conseguir con ellas. Se pretende que la escala final del trabajo sea de 1:10000, de forma que todas las cartografías deberán estar hechas a esta escala o mayor. Las capas son las siguientes:

- **Hidrografía:** capa que representa los cursos de agua tanto permanentes como de régimen intermitente. Instituto Cartográfico Valenciano (ICV)
- **Disponibilidad de recursos hídricos:** capa obtenida a partir del cálculo de distancias a los depósitos de agua permanentes disponibles. Fuente: Cosellería de Territori y Habitatge
- **Infraestructuras viarias:** capa obtenida a partir del mapa topográfico del ICV, distinguiendo autopistas, de carreteras y de pistas forestales.
- **Altimetría:** capa obtenida a partir del mapa topográfico suministrado por el ICV.
- **Pendiente y orientación:** obtenidas ambas por interpolación raster, a partir de la capa de curvas de nivel.
- **Sendas de precombate:** obtenidas a partir de la capa de estructuras de precombate de la cartografía del PORF de la Comunidad Valenciana.
- **Rendimientos por persona para apertura de líneas de defensa y su análoga para tractor oruga:** son elaboradas a partir de la capa de modelos de combustible y de las tablas de rendimientos disponibles.
- **Modelos de combustible:** capa obtenida a partir de la capa de vegetación elaborada en la Universidad Politécnica de Valencia para el Término Municipal de Chiva.
- **Geomorfología:** capa elaborada de forma paralela al estudio.

Herramientas de análisis y método AHP.

Las herramientas fundamentales para el desarrollo del IDEIF se fundamentan en los sistemas de información geográfica (SIG) (ArcMap 9.0 de ESRI) y en métodos de decisión multicriterio, concretamente en el Método de las Jerarquías Analíticas (AHP).

La Decisión Multicriterio es una rama de la teoría de la decisión, que contempla todos aquellos problemas en los que se trate de optimizar varios objetivos simultáneos y, posiblemente, en conflicto (Cardells, 2003). De entre estos métodos, destaca el método de las jerarquías analíticas de Thomas L. Saaty. En su aspecto básico, el método AHP asigna pesos a los criterios de un cierto problema de decisión multicriterio y a partir de la opinión o preferencia de un panel de expertos.

El método AHP, por tanto, permite calcular los pesos relativos de un grupo de variables según niveles jerárquicos. Sin embargo, su gran ventaja, es que además de poder calcular los pesos relativos de las variables permite obtener una medida de la inconsistencia de dichos pesos, es decir, es capaz de evaluar que pesos no concuerdan en relación a los demás; y por tanto, es capaz, de validar la opinión de los expertos. En concreto los resultados de la inconsistencia han de ser menores a 0,3 para que el experto se acepte.

Como se menciona, los niveles inferiores del índice están tabulados por la bibliografía, sin embargo, para los dos niveles de agrupación superiores, los pesos se calculan mediante AHP. Esta ponderación de los grupos de variables, tiene como función un mejor entendimiento de los procesos que constituyen el modelo, además de permitir una mejor combinación de los índices.

Para realizar el análisis se ha hecho una encuesta a once profesionales del sector, cubriendo todos los campos del mismo, tanto la prevención, como la extinción, profesionales del mundo de la silvicultura, planificación y ecologistas. Esta encuesta tiene dos partes, en la primera, se consulta sobre los dos primeros niveles jerárquicos, mientras que en la segunda, se hace una consulta sobre la influencia que puede tener la geomorfología en el IDEIF. A lo largo del estudio se descubre la importancia que una variable como la geomorfología puede tener en la modelización de un incendio ya que aporta información muy precisa sobre la configuración y formas del terreno.

Resultados y discusión.

Resultados análisis AHP.

Los resultados de las encuestas sobre la ponderación de los componentes del IDEIF son independientes para el análisis de los dos primeros niveles jerárquicos (*figura 2*) y para el análisis del parámetro geomorfología. Además se realiza un análisis concluyente de las opiniones vertidas por los diferentes expertos durante la realización de las entrevistas. Esta opinión de expertos, si bien, en ocasiones es discrepante, durante todas las entrevistas se observa que sigue una línea definida, que valida las opiniones de todos ellos.

En un primer análisis de todos los grupos de expertos se ha podido determinar los pesos que cada una de los grupos de variables poseen (*figura 3*). Todos los expertos consultados han tenido una inconsistencia inferior a 0,3, salvo uno, se ha repetido la encuesta a dicho individuo, consiguiendo reducir su inconsistencia.

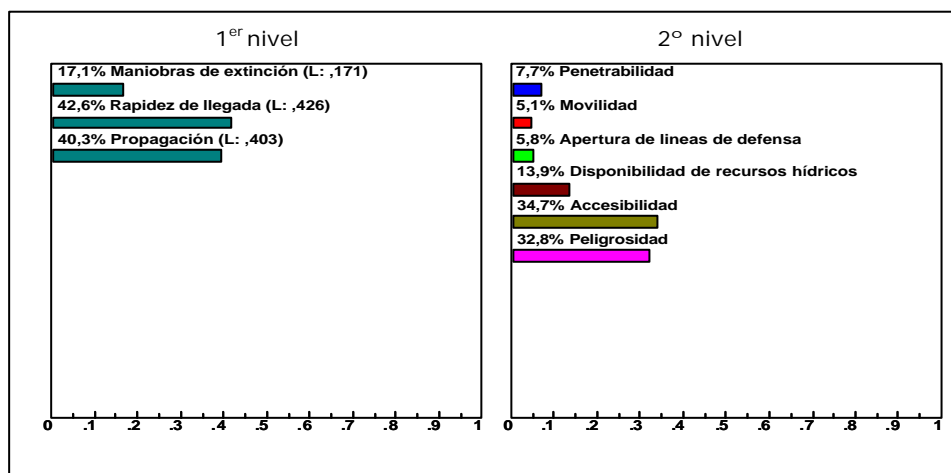


Figura 3— Esquema dinámico de variables según AHP. En el cuadro de la izquierda se representan los pesos otorgados a las variables de primer nivel, mientras que en el cuadro de la derecha se representa el peso total que tienen las variables de segundo nivel.

Se observa a la vista de la tabla como, en el primer nivel, es la **rapidez de llegada** la variable que más importancia relativa posee (42,6 por ciento), según bs

expertos, en la medida de la dificultad de extinción de un incendio forestal. Como consecuencia de esto, la **accesibilidad** que es la única variable de segundo nivel asociada a la **rapidez de llegada** es la que más peso tiene (34,7 por ciento). Muy próxima a la rapidez de llegada se encuentra la **propagación** (40,3 por ciento), de modo que es la variable **peligrosidad** la que sigue a la **accesibilidad** en importancia. Con respecto a las **maniobras de extinción** se quedan en tercer lugar a relativa distancia de las otras dos, quedándose todas las variables asociadas con una importancia inferior a la **accesibilidad** y la **peligrosidad**.

De entre todas las variables que se encuentran dentro de maniobras de extinción, la que más peso recibe es la **disponibilidad de recursos hídricos** (13,9 por ciento), seguida de la **apertura de líneas de defensa** (7,8 por ciento), de la **penetrabilidad** (7,7 por ciento) y, finalmente, de la **movilidad** (5,1 por ciento).

La **figura 5** representa como varía el peso de las variables de segundo nivel según el peso que tienen las variables de primer nivel. Así, se puede observar como aunque, en el caso de la “disponibilidad de recursos hídricos” tiene un gran peso en su grupo, “maniobras de extinción” y este tiene un bajo peso en el total, su peso final disminuye hasta colocarse en tercer nivel.

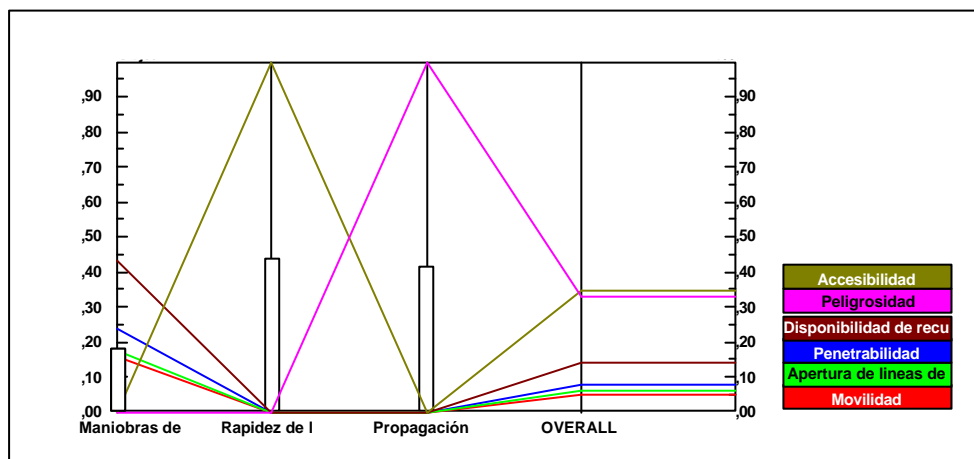


Figura 4—Esquema sensible de variables. Representa el peso que ganan las variables de segundo nivel (representadas por las líneas) con respecto al total del modelo, según los pesos relativos de cada una de ellas dentro de sus correspondientes variables de primer nivel (representadas por las barras). Las líneas muestran esta evolución hasta alcanzar la media (OVERALL).

Ante la vista de los resultados y por las opiniones de los expertos recogidas durante las entrevistas, se ve que hay dos tendencias claras que se compensan entre unos y otros expertos. La mayoría han dado más peso a la **rapidez de llegada** y a la **propagación** dejando, todos ellos, las **maniobras de extinción** en tercer lugar. La discrepancia surge entre quienes consideran que el comportamiento del fuego representado por la **propagación** es más importante que la capacidad de los medios para comenzar a actuar lo más rápido posible, representado por la **accesibilidad**, y viceversa.

Finalmente la tendencia general es considerar que lo que más influye en la dificultad de extinción de un incendio forestal es lo rápido que llegan los medios hasta él, de forma que con esta variable se puede controlar la expansión del incendio. Se entiende que cuanto más rápido se puede llegar al mismo, más posibilidades se

tienen que no se siga propagando. El factor fundamental que determina este pensamiento, según las opiniones de los expertos, es que la rápida llegada impide que el conato se extienda convirtiéndose en un incendio. Sin embargo una vez que el incendio se ha extendido es la propagación la que cobra más importancia, de ahí que haya sido esta variable la segunda, casi igual, en importancia.

A pesar de la consideración de independencia de ambos factores, se sabe que la intensidad del incendio puede adquirir valores mayores según avanza el tiempo desde el inicio, y este proceso es más importante cuanto más favorables son las condiciones para la propagación.

Las *maniobras de extinción*, sin embargo, se consideran de importancia secundaria, pues entran a actuar una vez que se ha llegado y el incendio propagado. De este modo, si el incendio se propaga en condiciones muy difíciles, se considera que las maniobras de los equipos se encuentran sometidas al comportamiento del mismo. Además, si no se ha llegado rápido las maniobras no pueden ser tan efectivas.

De entre las variables correspondientes a *maniobras de extinción*, las discrepancias entre los expertos han sido mayores, aunque en general el que todos ponderasen bastante a la *disponibilidad de recursos hídricos* ha hecho que ésta sea la variable de más importancia. En general, la opinión de los expertos coincide en que es esencial que haya agua disponible en la zona, ya que esto condiciona todas las demás maniobras, haciendo que las autobombas tengan que desplazarse más.

Penetrabilidad y movilidad son, como se ha indicado anteriormente dos variables análogas, de modo que la diferencia entre una y otra radica en la convicción, por parte de los expertos, de mayor o menor importancia de los medios humanos sobre la maquinaria. Este criterio ha sido muy dispar, pues bastantes expertos consideran que la maquinaria es fundamental en las labores de extinción, mientras que otros piensan, sobre todo que la baja capacidad de movimiento de maquinaria, y su tardía llegada hacen que sean los medios humanos los realmente capaces de llevar a cabo las labores de extinción. A la vista de los resultados, es esta tendencia la que se acaba por imponer.

Finalmente, a la *apertura de líneas de defensa* se le confiere siempre una importancia relativa media, similar a las demás, ya que es una actividad que está ligeramente vinculada con la capacidad de las demás; de modo que si un territorio es apto para la *penetrabilidad* o *movilidad*, también lo puede ser para la *apertura de líneas de defensa*. Esta variable se queda por tanto, por debajo de la *penetrabilidad*, pero por encima de la *movilidad*.

Una de las principales dudas, que varios expertos han expuesto, es la ausencia de una variable que represente los medios aéreos en el modelo de dificultad. Todos opinan que los medios aéreos son de ayuda fundamental para cualquier extinción. La razón por la que, sin embargo no se incluyen en la valoración del modelo, radica en la homogeneidad que dicha variable tendría para un territorio a la escala de trabajo que se establece. Según las isocronas establecidas en el *Plan de Optimización de Medios Aéreos de la provincia de Valencia*, (Hueso, 2004), se observa como para el Término Municipal de Chiva, el tiempo de respuesta se encuentra dentro de la misma isocrona. Esta isocrona está calculada para la base de Siete Aguas, la cual solo está disponible en el periodo de verano, de modo que el resto del año, los medios provendrán de otras bases, sin embargo, aunque el tiempo de respuesta será mayor para dicho caso, éste será el mismo para cualquier punto del territorio del Término Municipal.

La estrategia fundamental de extinción de medios forestales que se lleva a cabo en la Comunidad Valenciana, y que según determinados expertos, ha dado buenos resultados, es el ataque directo, dejando el ataque indirecto para casos concretos en los que se crea necesario su empleo. A este respecto, se debe reconsiderar la idea de las líneas de defensa, que solo serán abiertas en momentos determinados, pues son una variable asociada con el método de ataque indirecto.

A partir de esta reflexión se deduce el bajo peso que al final ha tenido, dentro del total de variables y dentro de *maniobras de extinción*, la *apertura de líneas de defensa*. Su empleo es testimonial para la Comunidad Valenciana, de esta forma se limita su peso en el proceso de extinción. La *movilidad*, variable referida a la maquinaria, tiene relativa influencia dentro de la variable de *apertura de líneas de defensa*, luego por el motivo expuesto, también recibe poco peso.

Valoración de la geomorfología en el contexto del IDEIF.

La realización de las encuestas sobre el aspecto de la geomorfología corrobora la importancia que ésta tiene en un incendio forestal. Los expertos consultados consideran la relevancia que las formas del terreno y, no solo las pendientes, tienen para caracterizar el terreno con el fin de modelizar la dificultad de extinción. Cuando un experto considera el terreno establece análisis en función de los elementos que configuran la geomorfología del terreno, desde un barranco, a una ladera o una cabecera de barranco.

Se concluye, por tanto, que disponer de una variable que caracterice y pondere el terreno en función de términos que reúnan características geomorfológicas es de gran ayuda (*figura 6*).

El *barranco* es el elemento geomorfológico (41,6 por ciento) que presenta una mayor dificultad en la extinción de un incendio forestal con bastante diferencia sobre los demás elementos, notándose claramente su importancia relativa superior. El siguiente elemento en importancia (dificultad) es la *ladera* (20,5 por ciento) seguida de la *cabecera de barranco* (15,6 por ciento) y el *escarpe* (12,4 por ciento) con porcentajes similares. A más distancia se encuentra el tercer grupo de elementos que son el *collado* (6,5 por ciento) y la *loma* (3,3 por ciento).

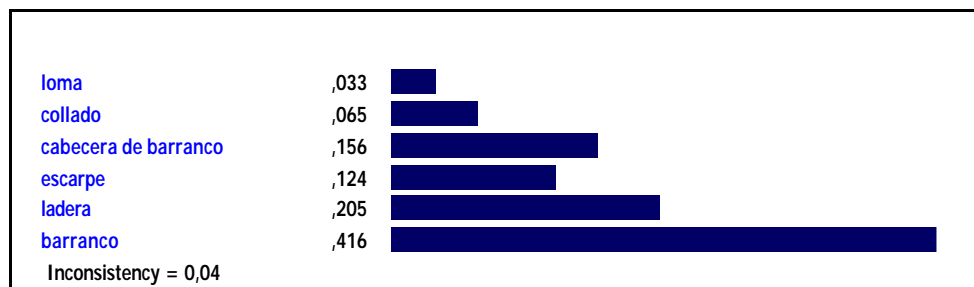


Figura 5—Esquema de ponderación de elementos geomorfológicos. Representa el peso relativo de cada uno de los elementos geomorfológicos consultados y que se encuentran en la parte forestal del T. M. de Chiva.

Es posible que el concepto de barranco (y su cabecera) sea el más familiar para los encuestados por ser el más frecuente; sin embargo se resalta que la encuesta se hace más efectiva con ayuda de esquemas fisiográficos de cada uno de los elementos, en tres dimensiones, con los que se pueden apreciar sus diferencias.

La opinión general de los expertos, salvo alguna discrepancia, es que los barrancos son los elementos más difíciles de extinguir debido a su capacidad para producir el “efecto chimenea”, sus pendientes y su forma de embudo son especialmente favorables para canalizar los humos por el relieve, cuyas columnas siguen la red de drenaje en sentido contrario a las aguas (Vélez y otros, 2000). Existen diversos ejemplos al respecto sobre este efecto, como en el caso del incendio de Riba de Saelices de 2005, en el que causó la muerte de 11 personas (Diario de Sesiones de Castilla La Mancha).

El elemento barranco constituye un ejemplo claro, del valor añadido que la geomorfología ofrece sobre el empleo único de las pendientes. Mientras que en un estudio de pendientes, solo se observaría un rango elevado de las mismas, empleando la geomorfología se podría determinar otros aspectos fundamentales como dicho “efecto chimenea”, que de la otra forma serían más difíciles, o imprecisas, de valorar. Además, en relación con la casuística especial del Término Municipal de Chiva, este elemento cobra mayor importancia aún, puesto que su disposición general en la sierra coincide con la dirección de los vientos dominantes, es decir tanto a un viento de poniente como de levante, lo que incrementa la dificultad de extinción cuando se ha planteado en otros incendios, como el gran incendio de Buñol de 1991 (afectó en gran parte al T.M. de Chiva)

A continuación se establece un grupo de elementos entre los que las opiniones no están tan claras y que resultan de una dificultad moderada e inferior a la del *barranco*. De las opiniones de los expertos durante las entrevistas se resume que todos dan opiniones similares para los elementos de cabecera de barranco y ladera; sin embargo las discrepancias aumentan con respecto al *escarpe*. El *escarpe*, una zona de pendiente muy elevada con presencia de roca en superficie, es un elemento de análisis complejo. Para algunos expertos es considerado como un elemento de muy difícil extinción ya que debido a su pendiente y escabrosidad de su superficie no es posible llevar a cabo ningún tipo de extinción a través de dicha superficie. Sin embargo, la mayoría de los expertos consideran que, a pesar de que es, en sí mismo, un elemento muy difícil de extinguir tiene la capacidad de actuar como una estructura de defensa. Esto es debido a que el afloramiento de roca en superficie permite la aparición de una discontinuidad del combustible que facilita la extinción.

Los últimos elementos en dificultad de extinción son el *collado* y la *loma*. Ambos elementos se caracterizan por una morfología suave con pendientes moderadas que hacen que la extinción de un incendio forestal sea más fácil que en los anteriores elementos. La principal diferencia que hace que el elemento *collado* sea más difícil que el elemento *loma* es por la combinación de pendientes que se dan en él. Mientras que la *loma* se considera siempre como la parte culminante del relieve circundante, el *collado* se encuentra en la transición de dos lomas de modo que el fuego se puede seguir propagando, y ascendiendo por las laderas. Una característica comentada de estos dos elementos es el efecto que se da sobre el fuego al llegar a ellos, pues al culminar éste la ladera, el calor transmitido por convección se dispersa hacia arriba, disminuyendo la desecación de los combustibles y por tanto la propagación del fuego. La baja pendiente, y en general escasez de afloramientos rocosos, que se dan en estos elementos no solo tienen influencia en la propagación, sino que facilitan tanto las maniobras de extinción a través de los mismos, como la existencia de infraestructuras que permiten mayor rapidez de llegada.

Resultados del modelo.

La zona de estudio presenta un IDEIF para casi toda su superficie que sobrepasa el un valor de cinco, habiendo numerosos polígonos que tienen un índice superior a nueve (*figura 7*). Esto, define al área forestal del T.M de Chiva , como una zona de dificultad de extinción de media a muy alta, a la que se debe, por tanto prestar especial atención.

La geomorfología del término, unido a la estructura de la vegetación (dominada por los modelo de combustible 4, y también 5 y 6) y las características climatológicas presentes, son los factores que más aumentan la dificultad intrínseca para la extinción. Se dispone, además, de una red de infraestructuras de extinción que dan valores del índice de accesibilidad muy bajos lo que caracteriza todo el territorio con valores bajos.

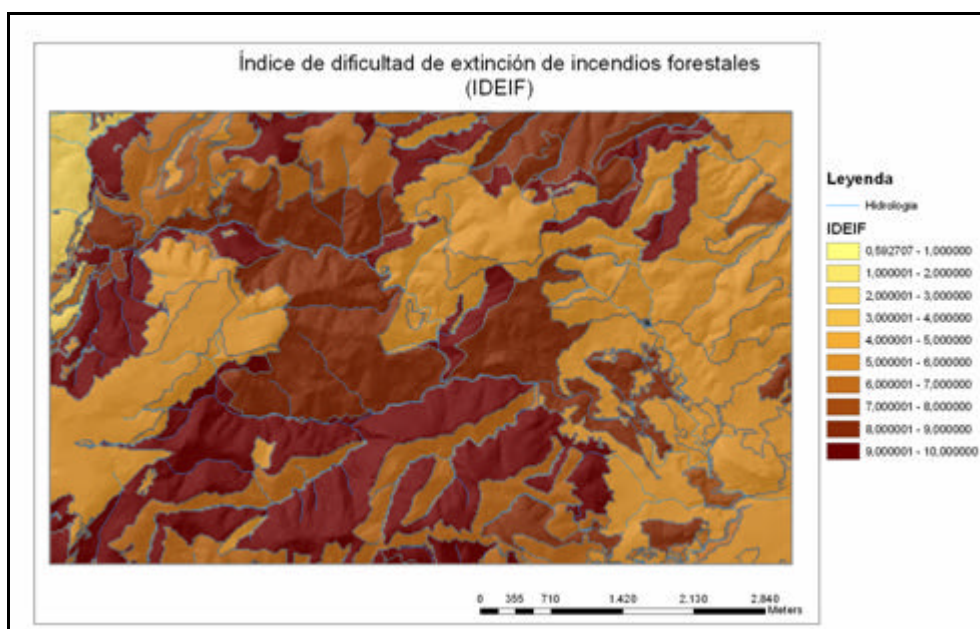


Figura 6– Mapa del índice de dificultad de extinción de incendios forestales (IDEIF). Expresa la dificultad para la extinción de un incendio forestal según un índice graduado de uno a 10, donde uno es la mínima dificultad y 10 la máxima.

El índice ofrece la posibilidad de mejorar la planificación de la extinción de un incendio. La zona alta sería más idónea para llevar a cabo la extinción, pues existen zonas donde el índice es relativamente bajo, mientras que en las zonas medias, la dificultad es extrema (debida fundamentalmente, a una escasa accesibilidad y a una peligrosidad asociada a modelos de combustible 4) (*figura 7*). Por la parte superior se podría acceder fácilmente, el fuego se propagaría más lentamente y además sería posible llevar a cabo las labores de extinción de forma más eficaz. Se pueden incluso extraer conclusiones sobre posibles lugares para establecer líneas de defensa, pues aparecen zonas de dificultad muy baja, donde sería posible atajar fácilmente un incendio.

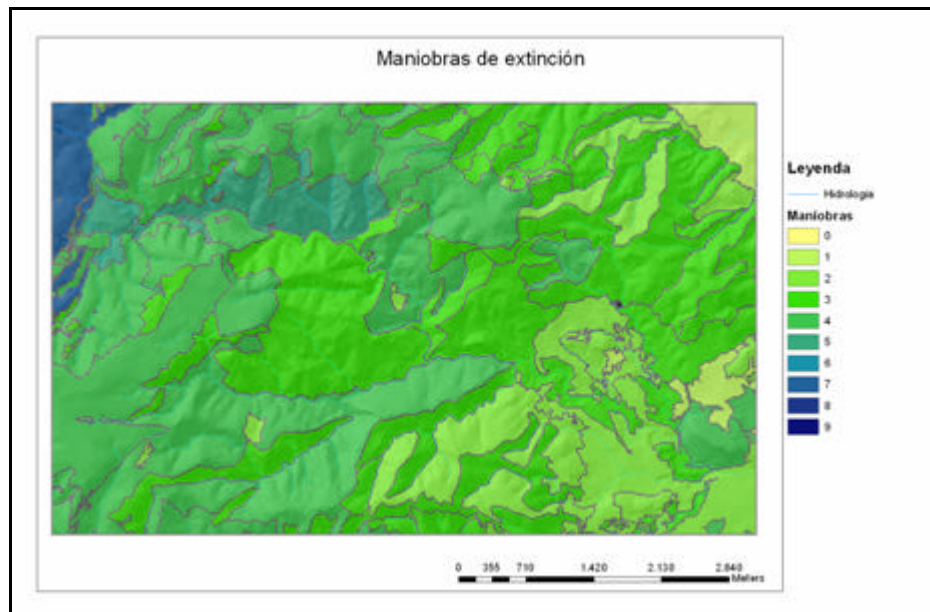


Figura 7 — Mapa de índice de maniobras de extinción. Los valores indican un índice “más difícil” según aumenta el valor, siendo el 0 el valor de menor dificultad en relación con las maniobras de extinción y 10 el máximo.

Se pueden establecer recomendaciones de actuación en aquellas zonas que ofrecen una mayor dificultad, pues se puede estudiar la posibilidad de la construcción de más áreas cortafuegos que o bien disminuyan la dificultad de extinción de las zonas, o acoten las zonas con índice más elevado, pudiendo así, evitar la propagación de un incendio que proceda de ellas.

La mejora de la rapidez de llegada, a través de la accesibilidad es otro factor, que como un indica su peso en el modelo, tiene la capacidad de disminuir el valor del índice, es decir, de facilitar la extinción. Otro factor que se puede modificar en este sentido es la disponibilidad de recursos hídricos, de modo que un aumento de los puntos de agua puede ayudar a disminuir, aunque en menor medida que la accesibilidad, el índice..

La modificación de la estructura de la vegetación es uno de los factores que más influencia tiene en el índice, ya que participa en el índice de peligrosidad, uno de los que más peso tiene, y además también participa en las maniobras de extinción. Si se consigue disminuir la carga de vegetación de los modelos de combustible 4, se conseguiría reducir significativamente la dificultad. Con esto se conseguiría, no solo disminuir las variables de propagación, si no que se facilitarían las maniobras de extinción, como la penetrabilidad y apertura de líneas de defensa.

Las modificaciones también se pueden realizar con vista a disminuir la dificultad para el establecimiento de un uso determinado sobre el territorio, si bien, en este caso el índice se orientaría más a determinar zonas más propicias para el desarrollo de usos concretos, que para servir como base de modificaciones a este respecto.

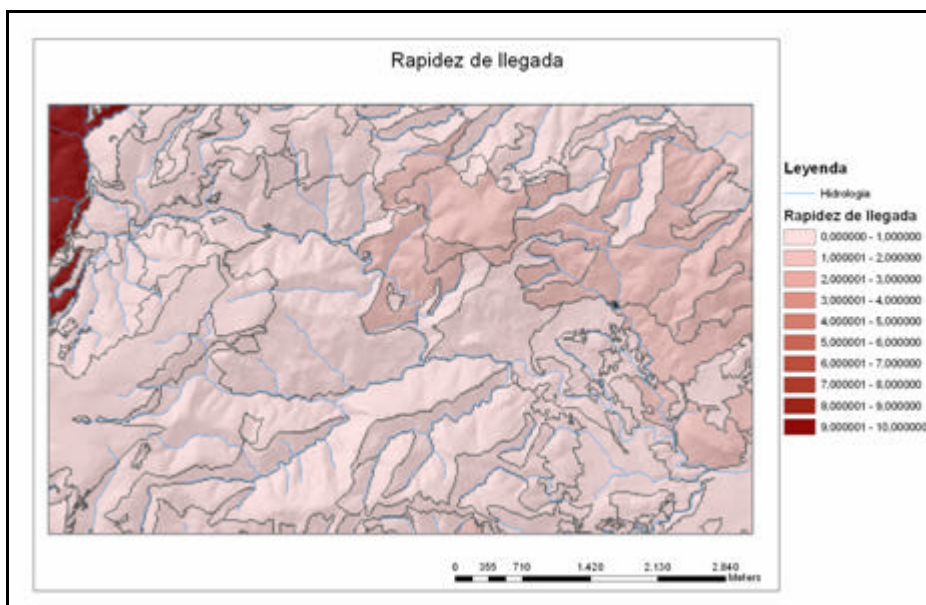


Figura 8 – Mapa de índice de rapidez de llegada. Este mapa indica un aumento de la dificultad de extinción según aumenta el índice. 0 es el valor de menor dificultad, mientras que 10 es el máximo

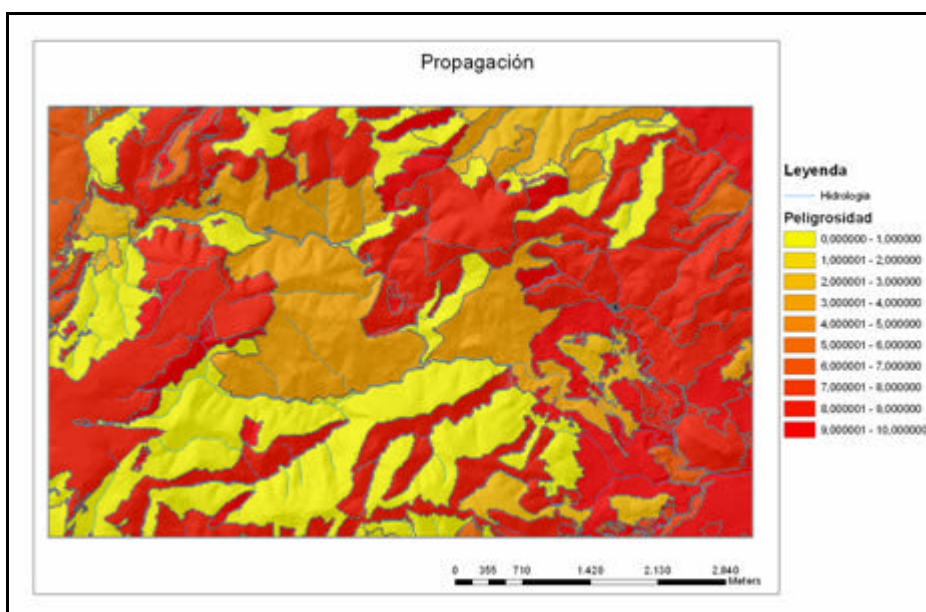


Figura 9 — Mapa de índice de propagación. Los valores van desde cero hasta 10, en orden inverso de peligrosidad, es decir 10 es el valor menos peligroso y viceversa.

Conclusiones.

Se propone el modelo IDEIF, basado en índices de dificultad de extinción disponibles que se combinan con otros, mediante la valoración que un panel de expertos realiza acerca las variables de un incendio forestal que se les presentan. Durante las entrevistas que se realizan al panel se valora la componente de la

geomorfología, con el objetivo de corroborar la importancia que una variable como ésta tiene en el comportamiento de un incendio forestal.

La consulta a expertos se ha realiza a través del método AHP y permite evaluar la importancia relativa que tiene cada uno de los componentes básicos que participan en la extinción de un incendio forestal. Además a partir de las opiniones recogidas por los diversos expertos consultados se ha podido completar el modelo y mejorarlo. De esta parte del estudio se concluye que son la accesibilidad y la peligrosidad del incendio las variables que más influyen en la extinción de un incendio.

El IDEIF arroja unos resultados que permiten caracterizar todo el Término municipal, de forma que se puede observar como se divide en tres zonas según su índice medio. La parte superior más llana, de peligrosidad media y con buena accesibilidad tiene un índice bajo, mientras que la zona media caracterizada por la sucesión de barrancos, tiene el índice más alto, siendo la zona agrícola excluida del cálculo.

Los resultados obtenidos por el IDEIF expresan la elevada dificultad para la extinción que presenta la mayor parte del territorio de Chiva. Estos resultados son bastante próximos a las expectativas que se tenían sobre la zona que se estudia, ya que Chiva ha sido un término municipal especialmente afectado por numerosos incendios en las últimas décadas, siendo varios de ellos, además considerados como grandes incendios forestales. Se pone de manifiesto, por tanto, la utilidad que puede tener un índice como éste, para poder ordenar los usos municipales de acuerdo con la realidad de los incendios forestales, además de facilitar las labores de extinción en el caso probable de que se produzca un incendio.

La casuística de Chiva es muy común a lo largo de toda la Comunidad Valenciana, de modo que la utilidad que puede tener el índice y su metodología para este término se puede extrapolar a cualquier punto del ámbito mediterráneo, siendo una herramienta a utilizar en cualquier ordenamiento a escala municipal, en especial en un ambiente tan susceptible de padecer incendios forestales.

Referencias bibliográficas

- Alonso-Betanzos, A; y otros; 2003. **An intelligent system for forest FIRE risk prediction and FIRE fighting management in Galicia**. Expert systems with applications 25. p 545-554.
- Castellano, A; 2007. **Bases para la formación de masas con reserva anti-incendios (MARAI) en bosques de coníferas mediterráneas**. Trabajo final de Carrera, proporcionado por el autor
- Chuvienco, E; Martín; I; 2004. **Nuevas tecnologías para la estimación de incendios forestales**. Madrid:. Colección de estudios ambientales y socioeconómicos. CSIC; 190p.
- Currás, R; **El gran incendio de Buñol (Valencia), 1991**. En Vélez, R, coordinador. McGraw-Hill: La defensa contra incendios forestales, fundamentos y experiencias. Madrid; 21.108-21.119.
- Hueso M; 2004. **Plan de optimización de medios aéreos de la Comunidad Valenciana..** Proyecto final de Carrera, proporcionado por el autor.
- Piromacos, 2002. **Sistema para la Prevención y Control de Incendios Forestales**. URL http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=892.
- Petrakis,M; Psiloglou, B, Lianou M 2005. **Evaluation of fire risk and fire extinction**

difficulty at mountainous park of Vikos-Aoos, Northern Greece: use of remote sensing and GIS techniques.. Int J. Risk Assessment and management, Vol 5, No 1. p 50-65.

Porrero, C; Chico, F; **Rendimiento del personal de extinción** En Vélez, R, McGraw-Hill: La defensa contra incendios forestales, fundamentos y experiencias. Madrid; 19.108-16.130.

Rodríguez y Silva, F. 2000. **Ejemplo de planes de defensa en España (Andalucía)**. En Vélez, R, McGraw-Hill: La defensa contra incendios forestales, fundamentos y experiencias. Madrid; 11.17-11.56.

Sin autor. **Información del presidente del consejo de gobierno sobre el incendio de Riba de Saelices y otras localidades de Guadalajara** Diario de Sesiones de Castilla La Mancha., Pleno nº45, 2005. exp 06/0401-0013; 06/0401-0014.

Sin Autor. **Manual de Campo para el cálculo de evolución de incendios forestales**. Consorcio provincial de bomberos de Valencia.

Vélez, R; coordinador. 2000. **La defensa contra incendios forestales, fundamentos y experiencias**. Madrid: McGraw-Hill.