

SIMULADOR INTERACTIVO DE INCENDIOS FORESTALES

J. ÁLVAREZ BALERIOLA* & J. CASTAÑOS JOVER*& J. RABADE BLANCO **

* ÁREA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA

** ÁREA DE SERVICIOS FORESTALES. TRAGSATEC S.A.. AVDA CIUDAD DE BARCELONA 118 - 124. 28007-MADRID

RESUMEN

TRAGSATEC ha desarrollado un Simulador de Incendios Forestales como herramienta para la planificación y ordenació. La aplicación hace uso de datos cartográficos , temáticos y meteorológicos, para desarrollar modelos de difusión del fuego (BEHAVE) en superficie.

P.C.: Incendios, Simulación, Sistema de Información Geográfica.

SUMMARY

This paper presents the forest fire simulator developed by TRAGSATEC, a tool for forest enviromental monitoring and surveying. Starting from cartographic, thematic and meteorological data, this tool can apply fire spread models (BEHAVE) on any area of interest. Also, it can include fire barriers as input data.

K.W.: forest fire, simulation, Geographic Information systems

INTRODUCCIÓN

El Simulador de Incendios Forestales de TRAGSATEC consiste en una aplicación desarrollada sobre Windows 95, pero totalmente compatible a nivel de datos con los sistemas Arc/INFO, que se integra dentro del conjunto de herramientas utilizadas en los proyectos propios del Área de Servicios Forestales de la empresa.

La aplicación hace uso de datos procedentes del Modelo Digital del Terreno (MDT) y de la cartografía disponible con información relativa a los combustibles vegetales existentes y a la planimetría de las distintas zonas a estudiar, para desarrollar modelos de difusión del fuego en superficie que tienen en cuenta tanto el mencionado MDT (pendiente y orientación variable del terreno) como la existencia de cauces de agua, cortafuegos, carreteras y otras barreras que coartan la propagación del fuego. Asimismo, se contemplan aspectos meteorológicos, como el viento, que pueden favorecerla.

Como novedad, el Simulador permite la incorporación, por medio de la lectura de ficheros o de la digitalización en pantalla, de nuevas barreras (cortafuegos) y la repetición sucesiva de la

simulación, lo que facilita el análisis de los riesgos y las labores de planificación. El Simulador se integra dentro de un grupo de programas y aplicaciones informáticas especialmente dirigido a facilitar las siguientes tareas: Análisis, planificación y justificación de actuaciones preventivas contra incendios, valoración económica del impacto de incendios forestales (reales o simulados) en distintos escenarios o apoyo a las labores de extinción.

METODOLOGÍA UTILIZADA

El programa de simulación de incendios utiliza el modelo teórico de predicción de la velocidad de la propagación del fuego formulado originalmente por R. C. Rothermel (1972) el cual constituye la base fundamental del Sistema de Predicción del Comportamiento del Fuego y de Modelización de Combustibles denominado BEHAVE (1984) propugnado por el U.S. Fire Research Laboratory (U.S.F.R.L.). Este sistema es, sin duda, el modelo de predicción de incendios más ampliamente utilizado en el mundo, y en particular en España, habiéndose obtenido con él resultados suficientemente aceptables.

Por otra parte se estima que este tipo de programas constituyen una valiosa herramienta, especialmente para el planificador de sistemas forestales, a la que, el paso del tiempo y el subsiguiente desarrollo científico-técnico irá dotando de mayor fiabilidad y más altos niveles de capacidad si se mantiene con la dedicación suficiente.

EL MODELO BÁSICO

El 'motor' del desarrollo del Simulador de Incendios está constituido por los modelos numéricos de propagación por celdas contiguas y de posible salto de barreras por parte de las llamas. Para poder simular ambos efectos es necesario tener en cuenta las distintas características de ambos conceptos.

- *Modelo raster*: Los combustibles ubicados sobre el terreno, las distintas pendientes y la orientación de las mismas pueden simularse con un aceptable nivel de precisión por medio de una serie de celdillas cuadradas a las que se asocia el valor medio del contenido real de la celda según la variable que se pretenda representar. Para ello, simplemente se ubica sobre la superficie a estudiar una malla cuadrada de las dimensiones adecuadas (por ejemplo de 25 x 25 m, 50 x 50 m, 100 x 100 m, etc.) y se asigna un valor único a cada celda en función de su contenido. Ello implica que la unidad de superficie mínima que puede tratarse diferencialmente está constituida por una de estas celdillas.

- *Modelo vectorial*: Los elementos lineales que constituyen barreras contra el fuego, (caminos, carreteras, ríos, acequias, ramblas, etc.) y muy especialmente los cortafuegos especialmente diseñados para su control, resulta imprescindible utilizar un modelo vectorial de representación, ya que sería poco realista, y realmente nada práctico, definir unas barreras de anchura concreta (3 m, 5 m, 10 m, etc.), por medio de celdas de anchura uniforme de una dimensión notablemente mayor (50 x 50 m, 100 x 100 m, etc.). Los datos vectoriales que alimentan al programa deben estar en el formato UNGENERATE de Arc/INFO.

- *Integración*: La integración de ambos modelos en el Simulador plantea nuevos problemas ya que, en todo caso, a la hora de propagar el fuego a través de una celda que contiene una o más barreras, el programa debe ser capaz de 'saltar' las barreras si la longitud de las llamas es suficiente. Si las barreras son capaces de contener el fuego, el Simulador debe 'quemar' la celda sólo parcialmente. Una celda así quemada debe todavía ser capaz de transmitir el fuego a sus vecinas por la parte que no se lo impidan las barreras.

INTERACTIVIDAD

Dada su pretensión de constituir una herramienta útil en la planificación (fig. 1), se ha dotado al Simulador de una interfaz cómoda y con la máxima interactividad con el usuario en cuanto al manejo de sus funciones principales.

En primer lugar debe comentarse que es posible definir las condiciones de combustibilidad, por medio de un fichero ASCII externo adaptable a cada zona. La representación de la combustibilidad de los materiales está basada en los 13 modelos del U.S.F.R.L., de cada uno de los materiales contenidos en la superficie de estudio, así como un factor de conversión de la velocidad del viento a 10 m. de altitud sobre la superficie del terreno a la velocidad 'a media llama' para cada tipo de combustible en función de la exposición del mismo al viento (pendiente o cobertura arbórea) (fig. 2).

En cuanto a la interactividad, el usuario puede detener la simulación en cualquier momento ó una vez transcurrido un tiempo prefijado. Una vez detenido el programa, es posible modificar tanto las condiciones meteorológicas (intensidad y dirección del viento), como los combustibles y las barreras para, después, proseguir la simulación (fig. 3). También es posible, establecer uno o más focos, tanto como origen del incendio como después de haberlo detenido.

LAS BARRERAS

El Simulador permite al usuario cargar datos de elementos lineales procedentes de ficheros con información vectorial georreferenciada en los que se establecen las coordenadas de los vértices que definen la posición de las barreras así como su anchura.

También es posible digitalizar en pantalla barreras nuevas, con tramos de una anchura diferente.

EL VIENTO

La dirección y velocidad del viento a 10 metros de altura puede controlarse en una ventana propia (fig. 4) y que, al arrancar la aplicación, contiene unos valores aleatorios modificables en cualquier momento.

AYUDAS AL USUARIO

Además de las facilidades mencionadas en apartados (fig. 5.1, 5.2, y 6), el usuario dispone de un conjunto de pantallas en las que puede representar mapas de combustibles, pendientes, orientaciones, curvas de nivel, el modelo digital del terreno MDT, relieve según un modelo de reflectancia plano y relieve según un modelo de reflectancia en perspectiva.

También, se muestra en pantalla tanto el tipo de combustible de cada celdilla como la anchura de las barreras así como la de la longitud de la llama máxima que puede desarrollarse en la misma para las condiciones orográficas y meteorológicas establecidas.

LAS SALIDAS

Los resultados de la simulación se van mostrando como zonas quemadas tanto en la ventana principal (fig. 7), como en la ventana de cronogramas (fig. 8). Las celdas quemadas (fig. 7) aparecen remarcadas en color rojo dentro de la ventana del conforme el programa detecta que la celda ha sido alcanzado por las llamas. Si la celda contiene una barrera que puede ser 'saltada' por el fuego no existirá diferencia alguna de representación entre ésta y las otras celdas que no

contienen barreras. El tiempo de ignición queda almacenado en una variable de memoria del programa a partir de la cual puede dibujarse un mapa de difusión del fuego.

Así pues, en esta pantalla puede verse un mapa con la zona quemada, coloreada en distintos tonos de gris en función del tiempo en que se inició la ignición de su punto central y la posición del foco (o focos), así como otros datos tales como una representación de las barreras y de las zonas que contienen materiales considerados como no combustibles: agua, zonas urbanas y zonas improductivas desde el punto de vista vegetal.

Una posibilidad más consiste en establecer un valor de tiempo determinado en la ventana y hacer que el programa represente todas aquellas celdas quemadas en un tiempo igual o inferior al introducido, marcadas con un punto rojo sobre el mapa de tonos. Esta opción permite además el cálculo de la superficies quemada en distintos intervalos de tiempo (fig. 8).

Otra forma de representar las zonas quemadas en la ventana de cronogramas consiste en mostrarla en forma de contorno horarios coloreados (fig. 9). Finalmente, el programa permite generar salidas en ficheros gráficos y alfanuméricos de los resultados de la simulación. Además, se puede obtener distintos ficheros binarios (en formato BMP) que contienen una copia de la ventana de cronogramas y que reflejan la situación del mapa de difusión del fuego representado en cada instante. Asimismo se puede obtener un fichero ASCII con formato ASCIIGRID georreferenciado que contiene el mapa de tiempos de combustión de cada celda..

CONCLUSIONES

El Simulador de Incendios de TRAGSATEC es una herramienta de uso interno en los trabajos de planificación y ordenación forestal dentro del Área de Servicios Forestales de la empresa. Su objetivo fundamental estriba en facilitar a los ingenieros distintas tareas de diseño, así como comprobar la bondad de los proyectos realizados desde el punto de vista de la protección contra incendios y poner de manifiesto, en su caso, la justificación de las inversiones en estos campos.

La aplicación se utiliza en conjunción con otra serie de herramientas informáticas construidas sobre el GIS Arc/INFO por lo que tanto la entrada de datos como la salida de resultados están orientadas hacia el uso o la generación de ficheros en formato ASCII de uso directo en este GIS. Si bien, al tratarse de formatos conocidos (UNGENERATE, ASCIIGRID, etc.) puede afirmarse que su aplicación es prácticamente universal.

El simulador presenta un alto nivel de interactividad con el usuario, pudiendo éste, en cada momento detener la simulación, modificar tanto las condiciones ambientales (viento) como los combustibles o las barreras, y proseguir a continuación la simulación. Asimismo el programa proporciona numerosas ayudas al operador en forma de mapas diversos, combustibles, pendientes, orientaciones, relieve, tiempos de llegada del incendio, etc., así como información directa sobre el ancho, etc.

Por otra parte, al tratarse de una herramienta sencilla, desarrollada sobre Windows 95 y MS VisualBasic, cualquier modificación puede ser fácilmente programada sin necesidad de hacer uso de herramientas o entornos de programación costosos, simplificándose asimismo su adaptabilidad a proyectos concretos cuando es necesario y entregándose al cliente como valor añadido o formando parte de aquéllos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDREWS, P.L. (1.989). *BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system—BURN subsystem*. Ogden, TU: U.S. Depart. Of Agriculture, Forest Service, Intermountain Reseach Station.

BURGAN, R.E.; ROTHERMEL, R.C. (1.984). *BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system—FUEL subsystem*. Ogden, TU: U.S. Dept. Of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station and Range Experiment Station.

ICONA (1.991). *IV Curso Superior de Incendios Forestales*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

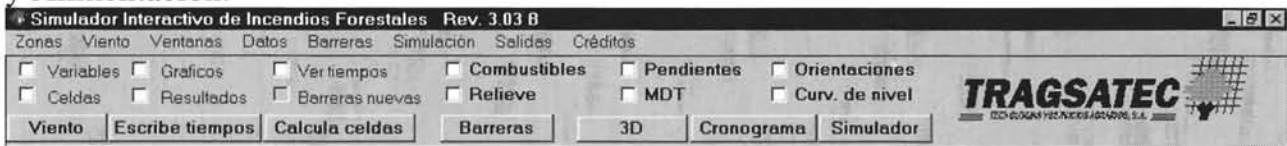


Fig. 1. Parte superior de la ventana principal de control del Simulador.

```

Matorral alto y continuo (4)
H1(4) = 15
H1Inf(4) = 1
H1Sup(4) = 60
H10(4) = 15
H10Inf(4) = 1
H10Sup(4) = 60
H100(4) = 20
H100Inf(4) = 1
H100Sup(4) = 60
U1(4) = .9527439024
U2(4) = .0415396341
U3(4) = .0057164634
HumedadVivo(4) = 60
HumedadVivoInf(4) = 30
HumedadVivoSup(4) = 300
HpInf(4) = 1
HpSup(4) = 20
N1(4) = 20415.9847673
N2(4) = 1314.1309045
N3(4) = 129.63723788
N4(4) = 4.4650007566
N5(4) = 91.688977948
N6(4) = .6236758926
N7(4) = .0014811581
C1(4) = .2207863659
E1(4) = .0322092205
E2(4) = 30.549670529
E3(4) = .78098222078
E4(4) = .0102861589
E5(4) = .0000504666
E6(4) = .5724184591
R1(4) = .0027999449
R2(4) = 1.762599123
R3(4) = 1.4198000653
FactorViento(4) = .6

Matorral verde (5)
H1(5) = 20
H1Inf(5) = 1
H1Sup(5) = 60
    
```

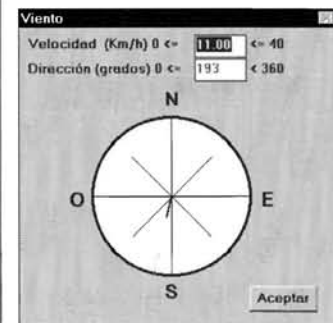
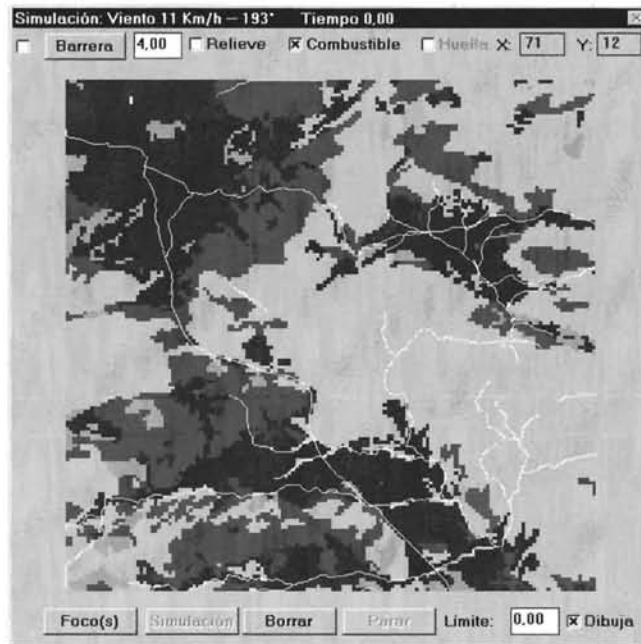


Fig. 2. Datos básicos

Fig. 3. Ventana del Simulador

Fig. 4. Control del viento

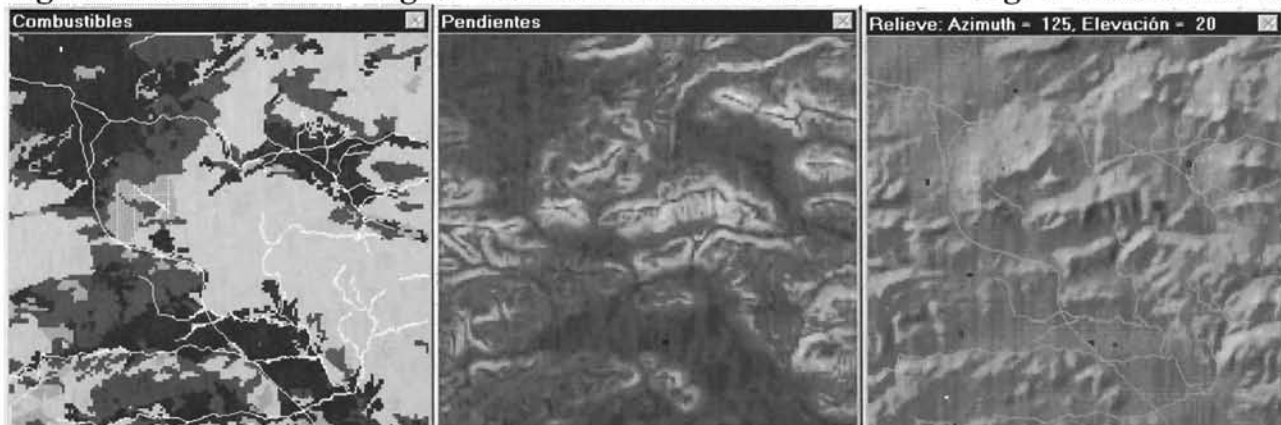


Fig. 5.1. Ventanas de ayuda al usuario: Combustibles, Pendientes, Relieve por reflectancia



Fig. 5.2.. Ventanas de ayuda al usuario:
Modelo Digital del Terreno Curvas de nivel Orientaciones

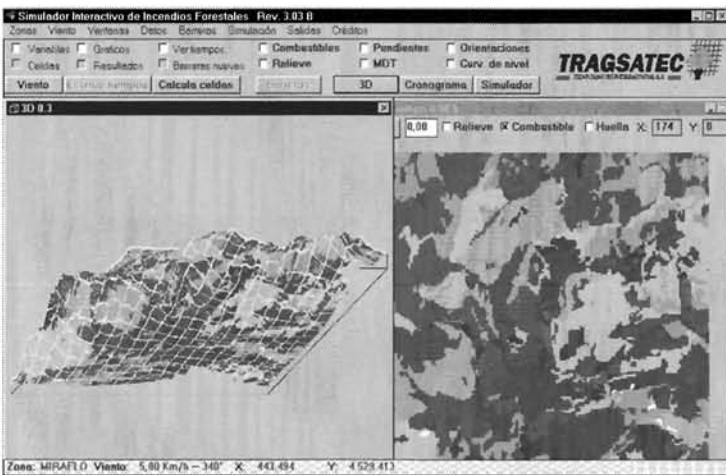


Fig. 6. Vista con relieve y perspectiva

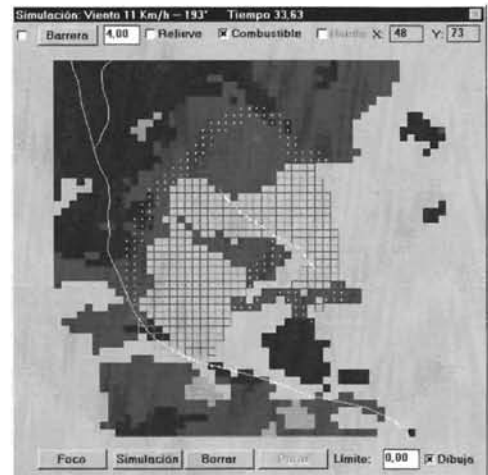


Fig. 7. Una simulación en marcha

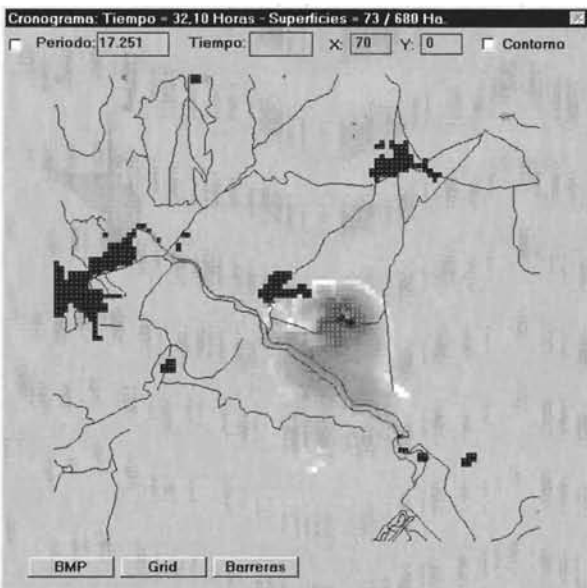


Fig. 8. Ventana de cronograma

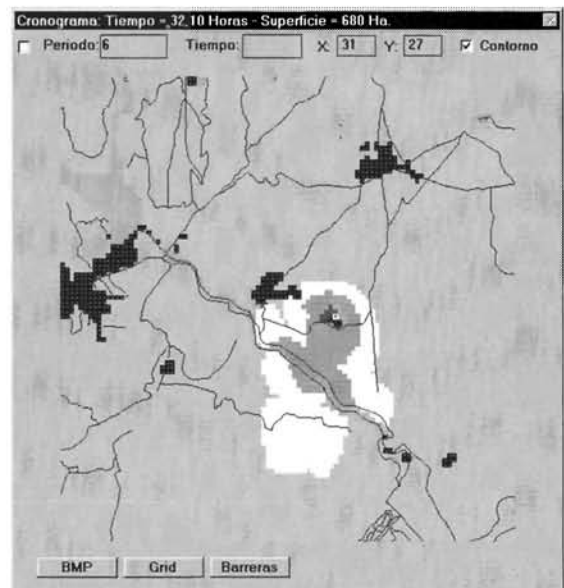


Fig. 9. Cronograma horario