

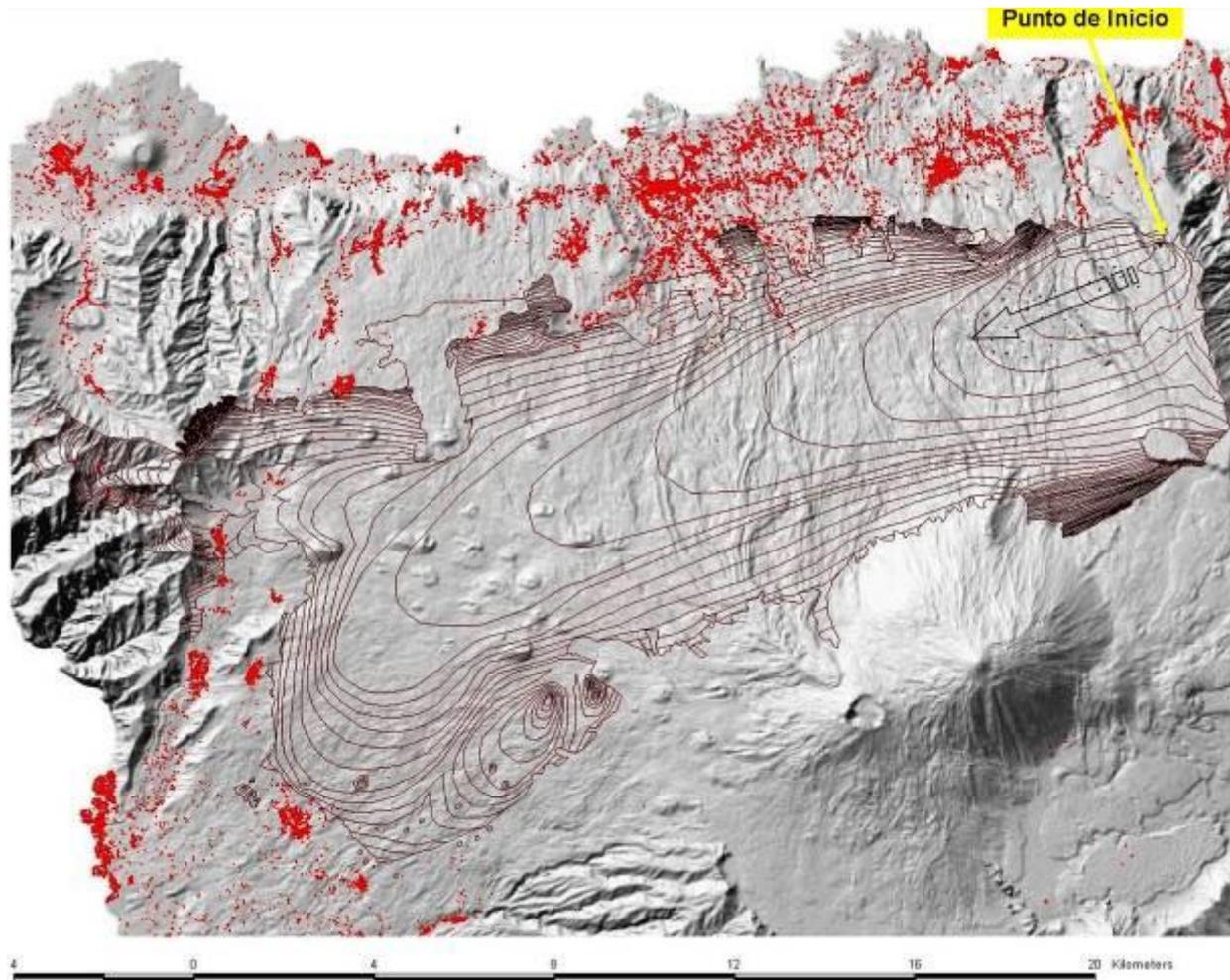


En las Figura 40 se observa un incendio en Cantabria en 2007 con dos focos incipientes, cada uno con su propio desarrollo aunque convergiendo para formar un único incendio.

Por otra parte, es muy importante distinguir por separando el concepto sector del frente o parte de incendio y los comportamientos potenciales y reales que se puedan generar en éste. En la realidad cada metro lineal del perímetro de fuego intenta desarrollar su propia propagación, con su propia cabeza si llega a tener factores favorables y/o alineados. Así, en la cola del incendio, no siempre se dará un comportamiento de baja intensidad: Esto es porque en condiciones reales, como mencionamos anteriormente, aparecen otras variables en el proceso (vegetaciones distintas, cambios en la topografía, varios vientos, etc.) y su propagación no suele ser tan simple ni fácil de prever



Incendio de Ariñez (Gran Canaria) en 2004. Inicialmente el incendio se consideró conducido por el viento. No obstante en la parte de atrás, en la cola del incendio se apreciaron por efecto de los profundos barrancos y el contraviento generado longitudes de llama cercanas a los 40 metros y caída de pavesas a kilómetros.



Propagación del Gran Incendio de Tenerife de 2007 con 18.414 ha consumidas e con isocronas cada hora. Se aprecia el punto de inicio y su desarrollo por viento del ENE según eje principal, en rojo núcleos habitados y viviendas aisladas.

INCENDIOS TOPOGRÁFICOS

- En ladera
- En barrancos
- En collados

EN LADERA



Típicos incendios que se inician en la base de montañas y sierras con viento convectivo (no hay un fuerte viento general). Su eje principal suele seguir la línea ascendente de máxima pendiente. El frente principal o cabeza de incendio puede llegar a recorrer con mucha fuerza y en muy poco tiempo la distancia hasta la cresta si las condiciones para propagar son favorables

Todo el personal que se encuentre entre estos dos (fuego y cresta), corre un cierto riesgo de atrapamiento que se debe valorar.

El típico comportamiento suele ser una carrera más o menos potente de la cabeza que se frena al llegar a la cresta



Las imágenes muestran como descargas con medios aéreos a media ladera o en la mitad superior de la misma no son eficientes, pues el motor del incendio, es decir, la cola de éste, continúa funcionando y su desplazamiento lateral (posicionamiento del flanco), generará nuevas carreras ascendentes que tendrán un comportamiento similar a la primera carrera. Nótese como la descarga de la foto derecha se produce en el límite del campo situado a unos 40m a la izquierda de la primera descarga.

Descargas sobre el frente más activo versus descargas en las zonas con mayor carrera potencial. Fotos: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

EN BARRANCOS, VAGUADAS Y CAÑONES

Los fuegos en barrancos son de los más complicados de extinguir por su alta peligrosidad, al generarse comportamientos extremos del incendio (Blow-up) también llamado comportamiento eruptivo del fuego (Viegas 2006).

La presencia de vientos ascendentes o descendentes, canalizados, y en muchos casos diferentes a los generales hacen que merezca la pena su estudio en profundidad. Suelen darse fenómenos tan peligrosos como los remolinos o las fuertes corrientes de ladera en recodos y confluencia de barranco. La seguridad de los combatientes es prioritaria siempre, en todo incendio pero en estos casos debe procederse con mucha más precaución. De hecho una gran cantidad de fatalidades ocurridas a combatientes son directamente generadas en estas situaciones.

A partir del cauce, debemos prever **tres carreras principales**, la del fondo de valle hacia la cabecera donde se abre y corona, y las carreras laterales sobre las dos laderas del cauce principal. El comportamiento de estas carreras puede ser alternativo, parcial o simultaneo:

Alternativo: Arden cada sector por separado.

Parcial: Arde solo una o dos de la tres.

Simultaneo: Arden las tres

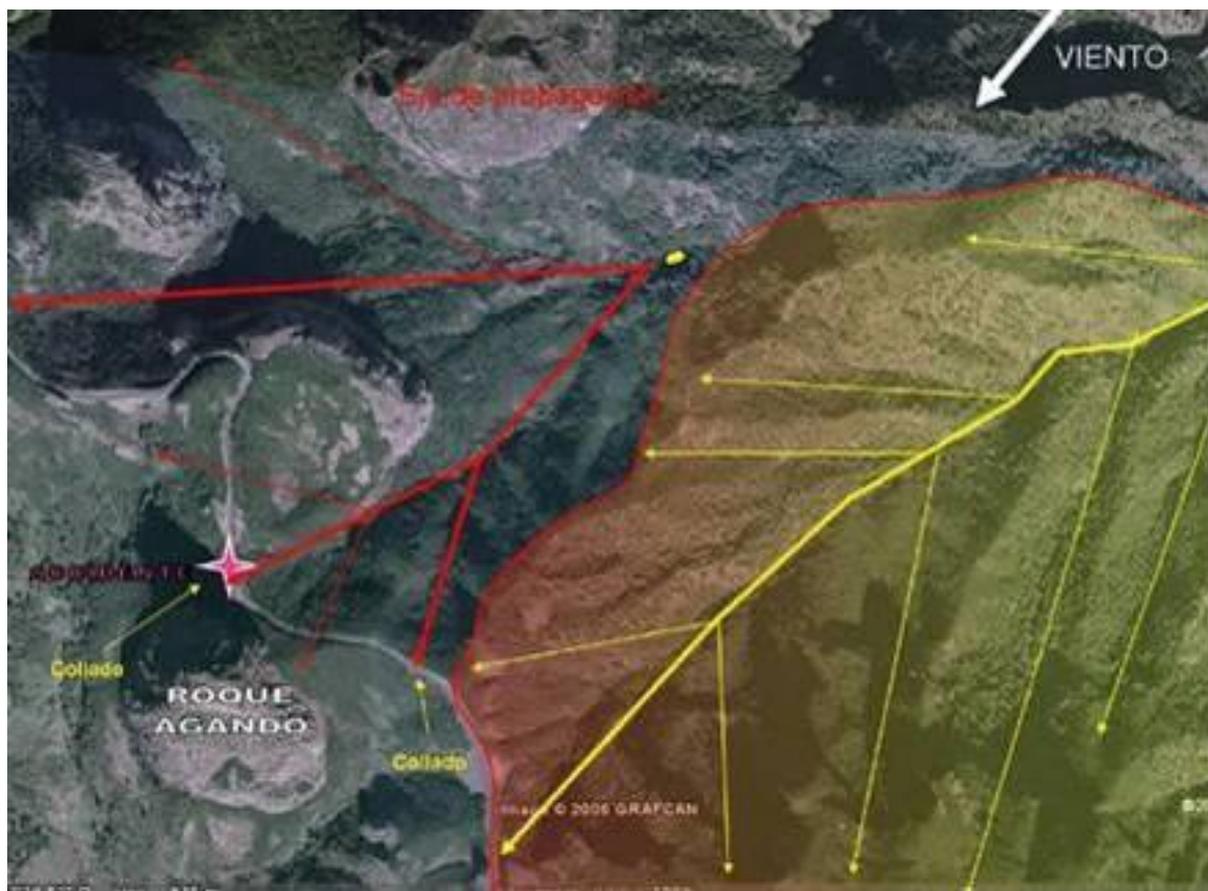
UNO DE LOS CASOS PARCIALES es el que se da cuando el fuego desciende por una de las laderas (y por tanto contra pendiente) desde los lomos hacia el cauce, una vez superado este último arderá con carrera fuerte en la ladera opuesta (ahora a favor de pendiente). Este último caso pudiera ser el de Guadalajara el 17 de julio de 2005, en el que murieron 11 combatientes (ver hipótesis de Figura 46 a y b).



Incendio de Guadalajara del 17/7/2005, hipótesis planteada según firma del incendio (véanse las líneas de árboles con copa intuyendo las isocronas). Fases: El incendio desciende de flanco por la ladera del barranco. Pasado el punto crítico se propaga forma súbita atrapando a una brigada. El cortafuego natural pudo frenar inicialmente la obertura del flanco y posiblemente confundió a la brigada que no podía ver que sucedía más abajo.



También fue el origen y desencadenante de las fatalidades en la isla canaria de La Gomera el 11 de septiembre de 1984 donde murieron 20 personas, tras una carrera fuerte desde el fondo de un barranco por debajo de la posición en la que se encontraban

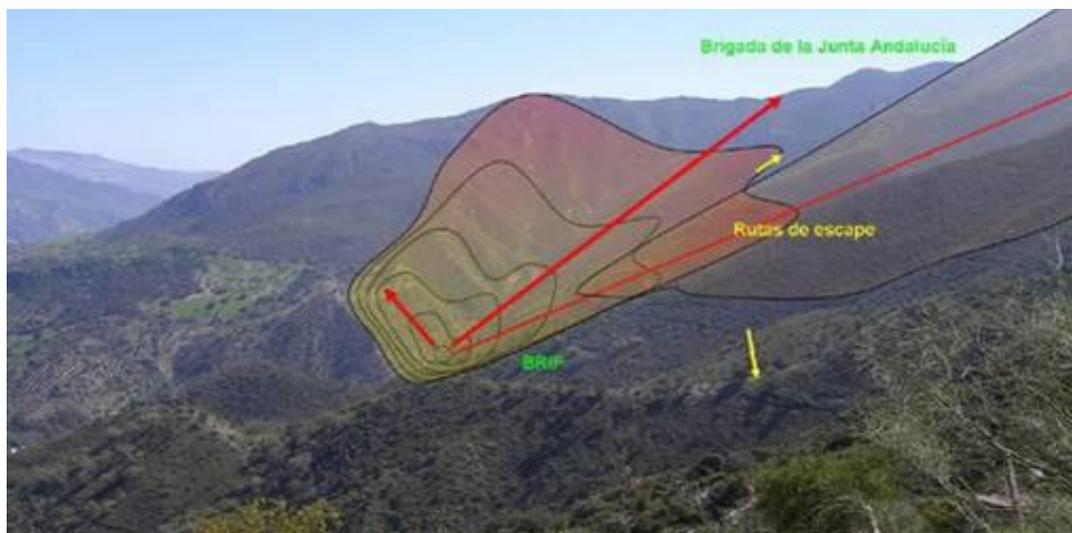
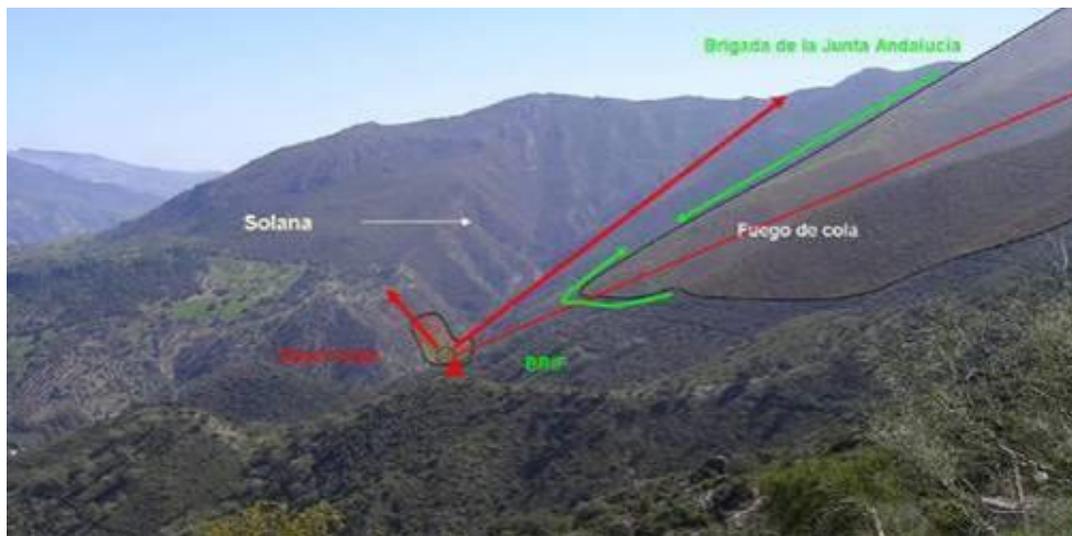


En ambos casos se evidencia la importancia de la figura del observador o vigía que establece el protocolo LACES-OCEL de obligado cumplimiento para la brigadas, con una visión total de todo el escenario del incendio y cierta capacidad de análisis que le permitan comunicar a la unidad los cambios en el comportamiento del fuego.

Simultaneo: en este último caso se genera la propagación de todo el barranco con un comportamiento extremo traducido en potentes carreras o propagación extrema. Esto sucedió en La Gomera (Islas Canarias) comentado en el párrafo anterior (aunque el fuego alcanzó el fondo de barranco quemando contra pendiente, lentamente, una vez llegado a ese punto se propagó de forma súbita o simultánea hasta la cabecera

En Grazalema (Cádiz) ocurrió algo parecido: el fuego quemó el barranco de forma parcial, a contra pendiente y de superficie. Un foco secundario por debajo, en el cauce generó la propagación de todo el barranco, volviendo a quemar o retornando sobre la superficie que ya había ardido (esta vez como fuego activo de copas), y que se encontraba prácticamente finalizando la fase de control. (Figuras 48 a y 49). Las fases según testigos son: El frente descendía de superficie con comportamiento de baja intensidad. 2 brigadas intentaban controlarlo, una de ellas en descenso. Al mediodía se genera un foco secundario por debajo en la ladera opuesta (solana caliente). Se produce una propagación con carrera fuerte por todo el barranco, quemando incluso la superficie que ya se había quemado. Aunque ambas fueron avisadas por el observador, la brigada que descendía no consiguió completar su ruta de escape en ascenso pereciendo 5 componentes. La BRIF que si tenía ruta de escape pudo salir a tiempo.

en Grazalema (Cádiz) con 5 muertos el 6 de septiembre de 1992





Incendio en el Barranco del Susto, Grazalema (Cádiz) del 06/09/1992. La ladera de la derecha, en sombra, estaba casi controlada, la propagación fue tan fuerte que volvió a quemarla.

COLLADOS



aparecen en las zonas altas entre montañas, coincidiendo en muchos casos con cabeceras de barranco. Presentan el inconveniente de ser zonas muy ventosas. La explicación es simple: son zonas donde el viento se ve forzado a pasar a través de una sección menor con lo que su velocidad tiene que aumentar inevitablemente por Efecto Venturi

Nunca debiera plantearse una estrategia de contención del incendio con personal en estas zonas si se aprecia riesgo potencial. En el incendio comentado en el apartado anterior en la isla de La Gomera, año 1984, las 20 víctimas y los numerosos heridos se encontraban contemplando el incendio en un collado por encima del barranco en el que se encontraba el incendio

Cuando el viento en el collado sopla en dirección contraria al sentido de avance del fuego (incendio topográfico) estas zonas con un efecto totalmente contrario, frenando el incendio, por lo que es interesante tenerlas muy en cuenta para mal y para bien.

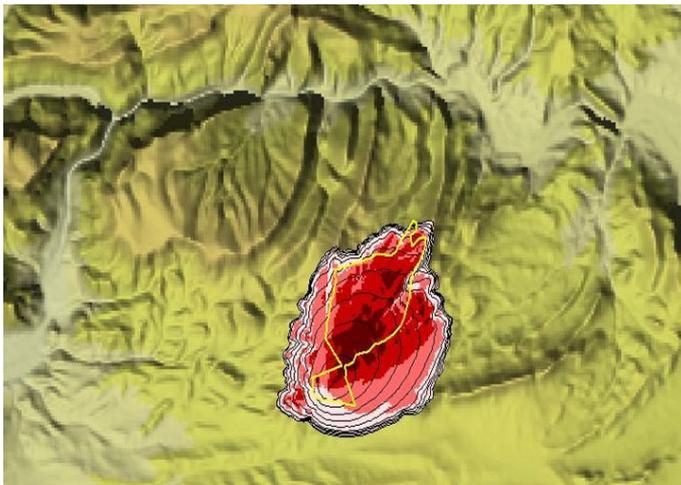
SUCCIÓN EN VALLES PRINCIPALES

Existe una tipología de incendios marcados por unos vientos distintos al viento general. En zonas de grandes cuencas hidrográficas o amplios valles, se canaliza el flujo de aire (se re-direcciona) debido al efecto del calentamiento diferencial de distintas zonas la superficie (que genera los vientos) y la topografía que tenemos. Para entender este fenómeno ha de tenerse en cuenta la dirección del viento y la del valle:

- Cuando ambas coinciden la propagación del incendio será la misma dentro y fuera de valle. Aparentemente el incendio mantiene su eje de propagación aunque se podrá denotar una mayor velocidad en su interior, mayor si el viento asciende valle arriba. Podrán darse dos casos principales: viento ascendente o descendente. En el primer caso se potenciará de día por el calentamiento y en el segundo de noche (régimen general de vientos en barrancos).
- Cuando los ejes de viento y valle no coinciden se producirá el efecto de succión del incendio por canalización de dicho viento. Dependiendo del ángulo que presenten ambos podrá generarse mayor o menor giro aparente del incendio. El principal indicador estará en la columna de humo al verse arrastrada hacia el valle (ascendente o descendente).



Incendio de Cubells (Lleida) del 21/06/2001. En la imagen superior izquierda se aprecia un cambio en la dirección de la columna (debido a succión por efecto venturi de valle principal, en este caso río Segre). En la segunda imagen, se observa propagación intensa en descendente y columna claramente inclinada hacia el valle principal. En la imagen inferior se muestra la simulación con Farsite™ de dicho incendio.



INCENDIOS CONDUCIDOS POR VIENTO

Son aquellos incendios forestales en los que el motor principal en la propagación es el viento, bien porque su módulo sea importante o porque, no siendo muy intenso, es el único factor a destacar

Cuando interviene además la topografía se debe tener muy en cuenta que la dirección de propagación vendrá dada por la **dirección de los ejes de cresta**, es decir esta tipología de incendios propaga según la dirección de éstos accidentes topográficos. En este sentido, no se debe confundir dirección de propagación (que coincidirá con la dirección de los ejes de cresta) con **dirección de las carreras** del incendio, que pueden ser incluso perpendiculares al eje de la cresta y desde las partes baja de las laderas hacia las altas.

Las estrategias de ataque debieran basarse en acciones de flanqueo, progresando desde la cola hacia la cabeza, conducentes a detener o contener la cabeza (que en muchas ocasiones podrá estar fuera de la capacidad de extinción), hasta que llegue a una zona no expuesta al viento (y por ello dentro de capacidad de extinción). Las mejores estrategias de ataque y estabilización del frente se basarán en el uso de quemas de ensanche y contrafuegos sobre infraestructuras existentes aprovechando la existencia de contravientos en lugares de pérdida de los ejes de cresta, que a su vez son los que definen la dirección de propagación del incendio como se vio anteriormente. Al ser operaciones muy rápidas, en muchas ocasiones con esto se consigue ganar un tiempo crucial



forex
Incendios forestales

En este tipo de fuegos, es aún más importante conocer la meteorología, y su incidencia en la intensidad y dirección del viento. Si este cambia de dirección, el incendio girará. Si fuese ya muy alargado, un flanco se convertiría en la cabeza de envergadura muy considerable. Esto ha ocasionado que muchos incendios se hayan descontrolado como el de la Figura 160: Incendio de Otways en Australia

Cuando este tipo de fuegos, con viento importante, se combinan con la topografía, se dan dos situaciones claras: que este sea a favor o en contra. Ambas deben ser identificadas para evitarse las primeras y aprovecharse como zonas de control las segundas. Las peores situaciones se van a generar cuando el incendio, conducido por el viento, llega a laderas y barrancos orientados en la misma dirección de la propagación. En la interacción meteorología-topografía, se generarán dinámicas por viento en efecto directo y dinámicas por contraviento que debemos conocer e interpretar.



A la izquierda, arriba imagen del flanco izquierdo desde la cabeza, el viento general lanza pavesas en la parte baja de la sierra, generando focos secundarios que ascienden por pendiente y fases de contraviento (arriba derecha). Abajo: La elevada velocidad de propagación se aprecia en estas instantáneas encadenadas

La estrategia de extinción en estos incendios consiste en identificar las zonas en las que el eje de cresta pierde su continuidad y por tanto se rompe la dirección de propagación del incendio, pues habitualmente en estos puntos (en caso de ser suficientemente evidentes) aparece el efecto contraviento, que puede facilitar operaciones de ataque paralelo o bien indirecto, para detener la propagación del fuego



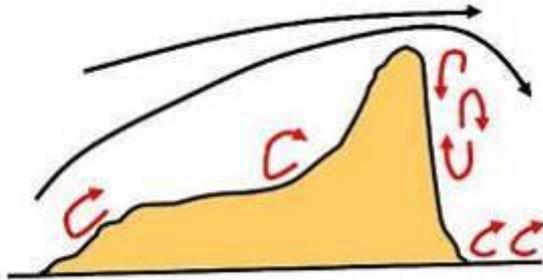
con columna claramente inclinada que indica fuego conducido por viento; a la derecha registro histórico de incendios conducidos por viento en el sur de Tarragona, en el que se evidencia que la dirección de propagación viene definida por los ejes de cresta.



Incendio del Norte de Tenerife de 2007 a las 3 horas de iniciado. Se observa el potente viento del este y la influencia de la cadena que forman el Volcán Teide, a la izquierda de la imagen, y el macizo de Teno, a la derecha, sobre la potente columna de humo

Turbulencias mecánicas y contravientos

A sotavento de las zonas montañosas, se pueden originar varios tipos de fenómenos que se deben tener muy en cuenta a la hora de analizar y prever el comportamiento de un incendio forestal. El viento al pasar una cadena montañosa origina una serie de turbulencias mecánicas, debido al rozamiento del aire con la superficie terrestre, favorecida por los obstáculos y la orografía,



Dicho efecto (turbulencia mecánica, también conocida como efecto rotor) provoca la formación de los ya mencionados contravientos a sotavento como se observa en las Figuras





Efecto del contraviento

forex
Incendios forestales

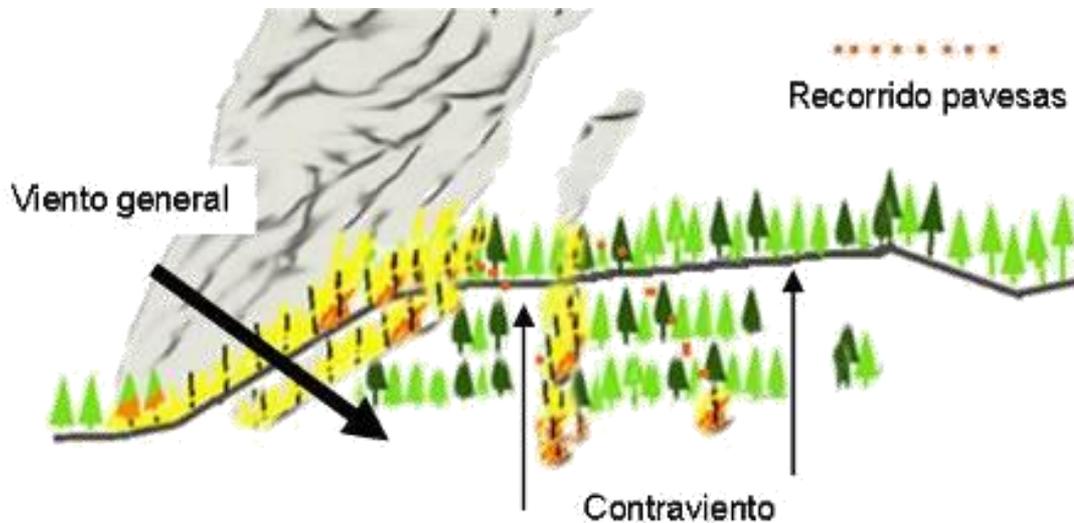
El contraviento es el resultado de tres parámetros: La velocidad del viento general, la dirección de dicho viento y la forma del relieve. Para que tenga lugar, estos tres parámetros tienen que darse con unas características concretas:

a) **La velocidad del viento general tiene que ser suficientemente elevada** para producir el “efecto rotor”. Cuanto más rápido sea el viento general, más intensamente actuará el contraviento.

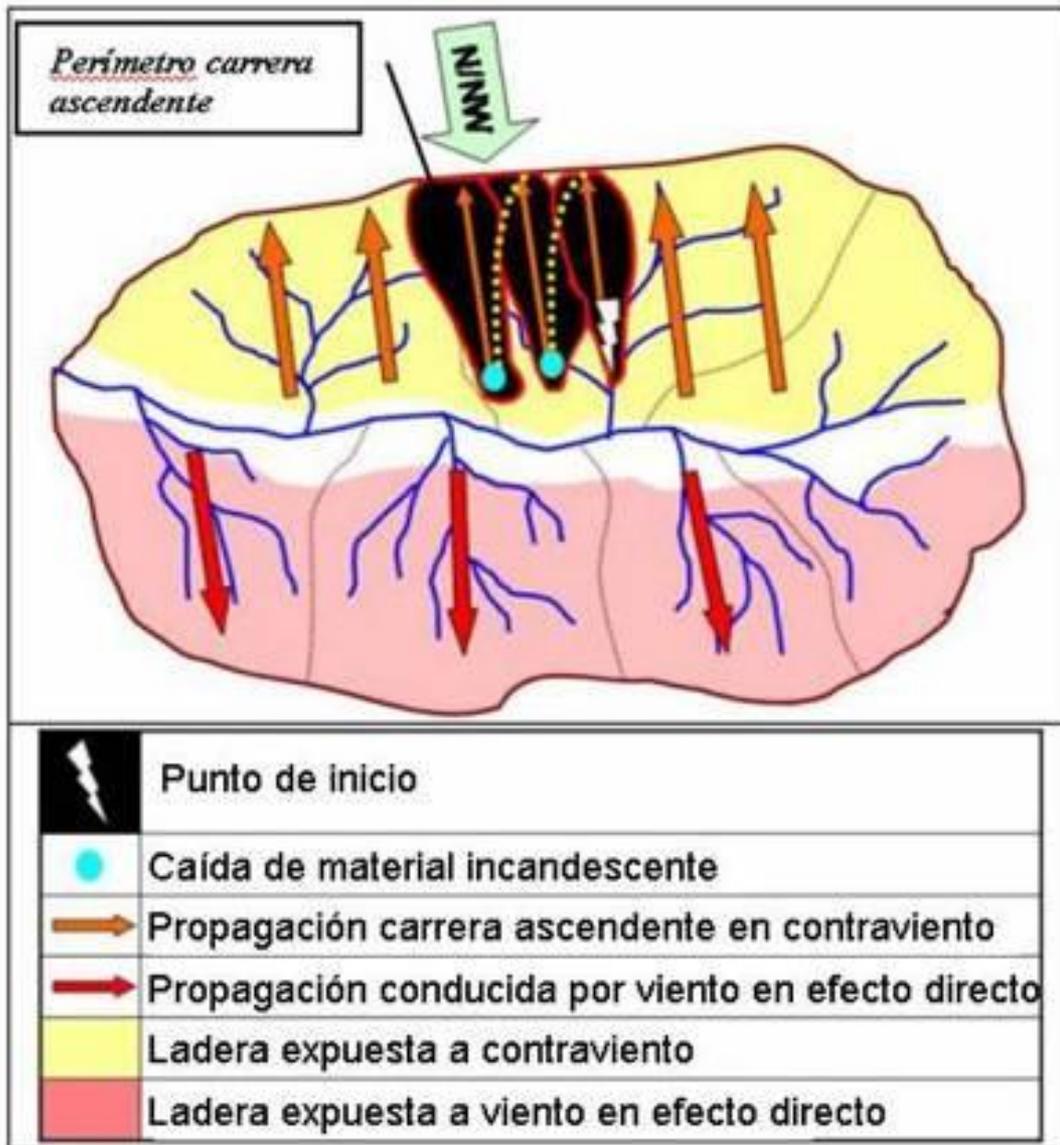
b) **La dirección de los vientos tiene que ser “no paralela” a la cadena montañosa**, aunque tampoco es necesario que sea estrictamente perpendicular. Recordemos que los incendios conducidos por vientos (el de contraviento en un claro ejemplo), propagan según la dirección de los principales ejes de cresta.

c) **La orografía de la montaña debe ser lo suficientemente abrupta** (relieves tabulares, mesetas, crestas,...) para producir este efecto justo en el lugar donde se produce la rotura de pendiente. En relieves suaves, el viento seguirá el perfil de la montaña sin que se produzcan dichos efectos

Una vez se ha declarado el incendio, los contravientos pueden actuar de forma local o determinar el comportamiento general del incendio. Generalmente producen vientos en la misma dirección pero sentido contrario al viento general. El comportamiento del fuego más extremo y caótico se produce en la línea de ruptura de pendiente (por ejemplo, en la cima de la cresta, collados,...) donde se producen elevadas longitudes de llama y gran producción de pavesas debido a la interacción viento general-contraviento. Generalmente es en esta zona donde la vegetación queda más dañada.



La generación de pavesas dificulta las tareas de extinción y como hemos dicho antes puede determinar el comportamiento general del incendio. En efecto, las pavesas producidas por el contraviento son dirigidas a favor del viento general, pudiendo generar nuevos focos secundarios en la parte baja de la ladera que a su vez den lugar a nuevas carreras. Esto se debe a que estos focos secundarios caen en zonas a favor de pendiente y viento (contraviento) convirtiéndose en el “motor” del incendio. Apagar dichos focos secundarios se convierte en una prioridad (para impedir nuevas carreras) si queremos detener el avance del incendio. Al ser una maniobra poco segura (con riesgo conocido y asumido de nuevas pavesas), hay que plantearse abortar la maniobra si llega a ser necesario.



Esquema de propagación de incendio a contraviento. Se observa que en función de la zona de recepción de focos secundarios, la carrera de esta nueva ignición será ascendente en zona de contraviento o bien en la ladera expuesta al viento general (color siena).

INCENDIOS CONDUCIDOS POR COMBUSTIBLE

A) TIPO HAMBRIENTO

Uno de los factores más importantes de la propagación del incendio es la vegetación o biomasa que puede arder (combustible disponible). Con una cantidad elevada de combustibles disponibles se pueden liberar grandes cantidades de energía en forma de calor. En esa situación, se pueden llegar a producir comportamientos que no responden exclusivamente a las variables comentadas anteriormente, ya sean topográficas o meteorológicas, sino que influye un tercer factor que es el propio incendio y que presenta la capacidad de modificar las condiciones (meteorológicas, de estado de disponibilidad del combustible...) de su entorno más inmediato (hasta una distancia considerable de más de 100 m). En el momento en que un incendio muestra este comportamiento, decimos que presenta **ambiente de fuego**, lo cual se identifica fácilmente porque muestra gran capacidad de propagación por puntos (pavesas). Así, la velocidad de avance del incendio será mayor que la de avance del frente ya que avanza a saltos (pavesazos).

La zona afectada por este fenómeno queda comprendida entre el frente de llamas y la zona de recepción de focos secundarios, y en ella las carreras tienen lugar en sentido contrario al frente principal impulsadas por la “succión” que genera el propio incendio. En esta zona a la que hacemos referencia el viento resulta ser de la misma dirección y sentido contrario al general pero de mayor intensidad, la humedad suele caer a valores muy por debajo de la estación de referencia y la temperatura experimenta el efecto contrario. Todo esto se traduce en una reducción considerable de los contenidos de humedad de los combustibles de 1, 10 y 100 horas de retardo en la zona de influencia del “ambiente de fuego”. En definitiva, en la zona de ambiente de fuego, la meteorología que rige es la “meteorología del incendio” y no la general. Esto es, siempre infraestimaremos el comportamiento del fuego en esta zona si usamos como datos del problema los de la meteorología general.



forex
Incendios forestales

La Figura 63 muestra un claro patrón de propagación por puntos. En esta misma imagen se identifica claramente como las pavesas generan focos secundarios e inician una nueva carrera (dentro del ambiente de fuego) en la misma dirección, pero en sentido contrario al del incendio. Este es el motivo por el que debemos prescindir de plantear maniobras con fuego técnico en aquellos puntos que se encuentren dentro del ambiente de fuego, pues los puntos de ignición creados para combatirlo presentarían un comportamiento similar al de los focos secundarios y ello retroalimentaría el motor del incendio, que funciona como una gran depresión térmica (asimilable a una turbina).

A) TIPO IRREGULAR O HETEROGENEOS

En otros casos la propagación del incendio se verá condicionada por la distribución espacial del combustible, con zonas de más o menos carga de este, más o menos humedad o turgencia, etc. Para entender este doble concepto baste con fijar las variables que mueven al incendio y determinar lo que ocurre cuando un frente en análisis pasa de un combustible seco a uno húmedo (de solana a umbría o de una especie a otra más turgente)



COMPORTAMIENTO EXTREMO

a) Radiación

Cuando el incendio forestal es pequeño o no tiene un comportamiento muy severo, estando más o menos dentro de la capacidad de extinción, se observa que su progresión es debida a la radiación que genera el frente de llamas. Esta se genera a partir de un foco calorífico que radia en todas direcciones transmitiendo el calor en forma de onda por el espacio (Figuras). Los cuerpos radiados (combustible, bomberos, casas, etc.) reciben dichas ondas del foco emisor y se calientan, no así el aire que hay entre ambos.



La radiación afecta al bombero, impidiendo que se acerque si supera una intensidad. Incendio en el que se aprecia la lucha sin éxito de control de un bombero, como se vio posteriormente cuando la maniobra finalmente fue abortada.

b) Convección

En determinadas ocasiones, el incendio aumenta de severidad, y tiene mayores longitudes de llama e intensas propagaciones. En esos momentos, la gran cantidad de calor que se genera en el frente por la combustión de grandes cantidades de biomasa se transfiere por convección a combustibles a los que no llega la radiación del frente de llamas todavía.

Cuando la convección es importante, se genera un comportamiento más extremo del incendio, caótico y por tanto mucho más complicado de predecir con exactitud y por ello, de modelizar. Así, los fuegos activos de copas, los podemos modelizar todavía y, sin embargo, los fuegos independientes de copas no

Se podrá apreciar como la columna se endereza y sube potente por la fuerza del flujo convectivo, hacia la atmósfera, incluso a varios kilómetros, para inclinarse, cuando pierda fuerza, hacia donde sople el viento general de altura. Otros indicadores de que la convección está rigiendo al incendio pudieran ser el color de la columna al teñirse de las cenizas, el giro de esta por el remolino de viento que genera en su interior o la aparición a distancia de focos secundarios por pavesas (incluso a decenas de kilómetros). En otras ocasiones, se apreciarán incluso remolinos de fuego.



se aprecia la columna del frente principal y las columnas de los focos secundarios que van por delante con gran intensidad.



Además, el principal inconveniente de los incendios que presentan convección es que suelen estar fuera de la capacidad de extinción (fuera de umbral de control) de los dispositivos contra incendios. Un ataque convencional con medios estándares se ve abocado al fracaso. Ya no propagan de forma continua. No es un frente de llamas que avanza, de manera uniforme y continua, sino que da saltos o pulsos. Así, en ocasiones, alternan fases más tranquilas o frías con otras muy críticas o calientes en las que emiten pavesas por delante del frente. Se pueden originar multitud de focos secundarios que ponen a arder gran cantidad de superficie muy por delante del frente principal. Este frente, antes con forma lineal, adquiere profundidad y cambia a una forma superficial, una gran área se pone a arder con múltiples focos que pueden terminar por converger en una gran columna convectiva. El proceso comenzaría de nuevo.

Tabla 4: Indicadores del comportamiento del fuego

| Indicador | Interpretación |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Columna de humo inclinada | Velocidades de propagación elevadas y pequeños alcances de focos secundarios |
| Columna de humo cortada | Vientos que pueden causar focos secundarios a gran distancia |
| Columna de humo bien desarrollada | Fuego intenso y propagación del fuego en cualquier dirección. Cuando la fuerza del fuego se convierte en mayor que el poder de los vientos locales, se llama GIF o fuego que muestra de manera sostenida un comportamiento que escapa a la capacidad del sistema de extinción y genera su propia meteorología. El peligro de estos fuegos es el potencial para quemar grandes extensiones de territorio |
| Columna de humo cambiante | Si es hacia un color más oscuro y comienza a girar rápidamente o partirse en dos. Puede indicar que el fuego está creciendo en intensidad (remolinos) |
| Árboles que comienzan a antorchar | Es un indicador de que el fuego comienza su transición de fuego de superficie a fuego pasivo de copas |
| El fuego incandescente se está avivando | Las condiciones atmosféricas están cambiando. Se puede anticipar un incremento en la intensidad del fuego |
| Se están observando remolinos de fuego | Son otro indicador de que el fuego de superficie puede convertirse potencialmente en fuego pasivo o activo de copas |
| Frecuentes focos secundarios | Incremento de la propagación y complejidad del fuego |

LA ZONA DEL HOMBRE MUERTO PROTOCOLO DE SEGURIDAD

Definimos la Zona del Hombre Muerto (CHENEY & al. 2001) como toda la superficie que se encuentra por delante de los frentes del incendio con posibilidad de atrapar al personal que allí se encuentre. Las consecuencias son las derivadas de la radiación y del humo (quemaduras y asfixia). También la podemos denominar como Zona de Negligencia para la seguridad del combatiente. Este concepto surge de los australianos como una respuesta al estudio de casos de atrapamientos de personal en extinción en varios incendios.



Una unidad queda envuelta por el fuego por incorporarse a medio flanco (el izquierdo) sin tener apagado detrás. Se retiran al interior del quemado para refugiarse, quemándoseles algunas mangueras.



FIN

forex
Incendios forestales