

**Influencia del estado previo
del clima en el fenómeno
de los incendios forestales
provocados por rayos
en la comarca
de Requena-Utiel (Valencia)**

SALVADOR JAVIER ALCARAZ OLIVA
INGENIERO TÉCNICO FORESTAL

1.- INTRODUCCIÓN .

Con este estudio pretendemos describir el fenómeno de incendios forestales en la Comarca de Requena-Utiel, así como ver el funcionamiento de este fenómeno para establecer una serie de parámetros que permitan anticiparnos, y conocer con antelación una serie de indicadores que nos permita prever este suceso con una antelación de un mes y con una probabilidad estadística que sea aceptable.

Deseamos por lo tanto establecer y demostrar dentro del ámbito territorial que definiremos en el próximo apartado, la influencia que tienen los factores climáticos en el desarrollo de este fenómeno, y proponer un modelo que defina en una parte sustancial el proceso que desencadena este fenómeno.

El objetivo básico de este estudio es establecer los factores desencadenantes de que este fenómeno comience a producirse, no considerando nunca la frecuencia e intensidad de este fenómeno.

2.- AMBITO TERRITORIAL.

Este estudio se ha realizado sobre una serie de municipios de la Comarca Requena-Utiel que poseen un clima similar, es decir el régimen térmico y el de precipitaciones es muy similar, así como los vientos dominantes. Estos términos muni-

cipales son :

- Requena.
- Utiel.
- Venta del Moro.
- Villargordo del Cabriel.
- Camporrobles.
- Fuenterrobles.
- Caudete de las Fuentes.

Aproximadamente el 50% de esta superficie es terreno forestal arbolado, estando el terreno forestal en las zonas de más pendiente y más montañosas, que a su vez son más receptivas al fenómeno de las tormentas.

Desde el punto de vista físico, la zona goza de una unidad, que le da carácter y le diferencia del resto de las comarcas de alrededor. Su relieve es el de una pequeña meseta, de perímetro circular y unos 45 km. cuadrados de diámetro, es la única llanura del interior de Valencia, en contraste con el carácter montañoso de sus vecinas. Esta pequeña meseta que báscula de NO a SE, entre los 900 y los 600 m. de altitud, en realidad es un apéndice de la gran unidad geomorfológica que constituye la Submeseta Castellana Meridional, de la que queda desgajada por el profundo surco que abre el río Cabriel.

Las aguas de esta zona, se reparten entre dos cuencas hidrográficas, la del río Magro al N. y la de la rambla de Caballero, afluente del Cabriel, al S. La línea divisoria entre ambas cuencas, la marca la sierra de

Torrubia o de la Ceja, que no es una verdadera sierra si no, una loma coronada de una costra de rocas areniscas y conglomeradas del Terciario. La presencia de afloramientos diapíricos triásicos como el del Telégrafo, parecen indicar que esta «sierra» se ha levantado por la presión interior de los materiales triásicos subyacentes, toda ella llena de un sinfín de ramblas que bajan hacia el llano, abriendo sus cauces sobre los extensos glaciares cubiertos de viñedos.

En la mitad septentrional, la que coincide con la cuenca del río Magro, hay un predominio de depósitos cuaternarios, factor que se traduce en una mayor productividad de la tierra. Desde las altas cuencas semiendorréicas de Camporrobles y Sinarcas, bajan una serie de cañadas que acaban confluyendo en Utiel, dando lugar al río Magro. Los manantiales que permiten un caudal continuo no aparecen hasta las cercanías de Utiel, siendo los más importantes los de Caudete de las Fuentes, que dan origen al río Madre, denominado Magro 5 km. más abajo. Entre Caudete, Utiel y Requena el propio río, ha ido construyendo una serie de terrazas aluviales que dan lugar a la Vega. Inmediatamente al S. de la Torrubia, predominan las areniscas y conglomerados, que dan paso a una amplia banda de arcillas y margas jalonadas de retazos de cuaternario que siguen el curso de las ramblas o rellenan pequeñas cuencas. En

esta zona se dan llanos fértiles, y pequeños valles como el de Albosa y Hortunas. Por último otra unidad paisajística dentro de esta mitad meridional corresponde a una serie de muelas coronadas a calizas lacustres que se extienden desde la muela de los Antones a la de Juan Vich.

La máxima altitud de la zona se da en la Sierra del Tejo 1.250 m., Bicuerca, 1.180 m. y Negrete o Pico del Remedio la mayor altura de 1.310 m.

3.-CLIMA.

El clima puede ser clasificado dentro de los de tipo mediterráneo, aunque presenta rasgos de continentalidad que le vienen dados por su altitud y alejamiento del mar, rasgos estos que le diferencian notablemente del resto de las comarcas de Valencia. La temperatura media anual, según el observatorio de la Estación Enológica es de 13,9° C. con una amplitud térmica anual de 17,3° C. entre el mes más cálido que es julio, 23,2° y el mes más frío, que es diciembre 5,9° C. Esta elevada amplitud térmica da por sí sola los rasgos de continentalidad del clima. Los inviernos son fríos y muy largos. Las heladas suelen ser frecuentes durante este período, adelantándose muy a menudo incluso a los últimos días de octubre. Las temperaturas extremas más frías, han llegado a alcanzar en ocasiones hasta 15 C. bajo cero, provocadas

por la invasión de aire polar continental.

La estación primaveral suele retrasarse a menudo cada año, acompañada de altibajos en las temperaturas, con frecuentes heladas en los meses de abril y mayo.

El verano es relativamente corto, ya que no suele sobrepasar los meses de julio y agosto, pero de fuerte calor en las horas centrales del día. Las temperaturas máximas, lo son aquí mayores, que en el Litoral Valenciano. Si bien la escasa humedad ambiental hace que su percepción, no sea tan molesta. Cuando el viento predominante es el Poniente la temperatura puede alcanzar los 39° o 40° C. Por las noches suele apreciarse un brusco bajón en las temperaturas, otro rasgo más de la continentalidad citada, debido a la entrada de viento llamado «Solano» que comienza a soplar a mitad de la tarde hasta bien entrada la noche.

El Otoño es relativamente corto, las temperaturas sufren un acusado descenso y comienzan a prodigarse las escarchas y heladas matutinas.

Por lo que respecta a las precipitaciones, su característica más notable es la parquedad e irregularidad en las mismas. Las precipitaciones medias anuales oscilan en torno a los 430 mm. Dentro del año, las lluvias se reparten en dos períodos de máximos y de mínimos. La

Primavera y el Otoño son las dos estaciones lluviosas. El mes más lluvioso en Primavera es mayo, que registra una media de 47,6 l., siendo rebasado por octubre en Otoño con 76,2 l., tiempo este que viene a coincidir con la recolección de la uva. Las escasas precipitaciones en verano, suelen estar provocadas por ascensiones rápidas de masas de aire recalentado y vienen acompañadas de tormentas de granizo.

En resumen el clima de la zona se caracteriza por su sequedad, sus dos estaciones lluviosas en Primavera y Otoño, su corto verano y su largo invierno, sus fuertes oscilaciones térmicas entre la estación cálida y la estación fría y entre el día y la noche, su riesgo de heladas en Primavera y sus frecuentes granizadas en verano.

4.- DESCRIPCION DEL FENOMENO.

Este fenómeno esta formado por dos componentes que son la descarga eléctrica y el incendio forestal posterior.

4.1 Descarga eléctrica :

La descarga eléctrica de un rayo sobre una masa forestal es un fenómeno que podemos considerar como aleatorio en el tiempo que se produce casi siempre que hay tormentas y se da una diferencia de potencial considerable entre las nubes y el suelo, lo que hace saltar un arco eléctrico.

Las nubes cumuliformes, de gran desarrollo vertical, son el escenario de los rayos. El agua en forma sólida, líquida o sobreenfriada, es arrastrada hacia arriba y hacia abajo, por las corrientes verticales características de una nube de tormenta

Al igual que un peine se electrifica al frotarse contra el cabello, las fricciones, choques y fragmentaciones a que se ven sometidas las partículas de agua, terminan formando campos eléctricos, las moléculas se ionizan (pierden uno o dos electrones y adquieren carga eléctrica) lo suficiente como para romper la resistencia del aire. La ionización va avanzando desde la nube hacia abajo, y desde el suelo hacia arriba, a intervalos de unos cuarenta metros de longitud, a lo largo de un canal tortuoso de unos cuantos decímetros de grosor.

Cuando se juntan el canal descendente con el canal ascendente, ocurre una violenta descarga eléctrica, en unas cuantas millonésimas de segundo (alrededor de 50 microsegundos). La descarga eleva la temperatura del aire del canal ionizado a mas de 25.000°C. durante el relámpago. El aire caliente se expande explosivamente, produciendo la onda de choque que percibimos como un estallido con nuestros oídos: el trueno.

La corriente eléctrica en un rayo es del orden de diez a veinte

mil amperios, o más. Las ramificaciones de los rayos son producidas por descargas de bolsas de aire electrificadas alrededor del canal principal. A veces, debido a fuertes vientos, el canal se ve como una cinta, y no una sola línea.

Los rayos pueden producirse del suelo a la nube, de la nube al suelo, entre dos nubes o dentro de una misma nube, sin tocar el suelo. Un rayo dentro de la nube por lo general se aprecia como si la nube se ilumina en su interior. Las protuberancias verticales del terreno, como montañas, campanarios, torres, antenas de televisión, acortan el camino de la descarga. Estos son los puntos de contacto preferidos por los rayos. En áreas sin relieve predominante, la descarga puede ocurrir en cualquier lado, favoreciendo cualquier punto que sobresalga; arboles, tendido eléctrico, casas, etc. En el caso de la comarca Requena-Utiel, las cadenas montañosas que la rodean forman un relieve predominante que atraen la mayor parte de estos fenómenos climáticos.

Las tormentas se producen durante todo el año con mayor o menor frecuencia pero es raro el mes en que no ocurre al menos una tormenta sobre alguna de las Sierras de esta comarca.

Las descargas eléctricas se producen con mucha mayor frecuencia sobre las masas forestales, por que están ubicadas en las zonas

más montañosas, que a su vez se suelen interponer en el paso de las nubes y por este motivo se producen mayor número de descargas.

Por lo tanto el fenómeno de las descarga eléctrica es un fenómeno que podemos considerar como aleatorio ya que se produce durante todo el año, si bien su frecuencia oscila mucho, pero como el solo hecho de que halla algún rayo puede ser desencadenante de un incendio y durante todos los meses del año en mayor o menor cuantía, por todo ello podemos afirmar que se produce al menos algunos rayos durante todos los meses en alguna zona forestal de la comarca considerada.

4.2 Incendio forestal :

Por otra parte tenemos el fenómeno del incendio forestal y este se puede definir como un proceso de combustión que se desarrolla de acuerdo con las reglas físico-químicas que rigen la

transmisión del calor y la emisión de gases combustibles (llama).

En el incendio forestal esas reglas se refieren a:

a) El contenido de humedad del combustible muerto situado sobre el suelo del monte, que determina la cantidad de calor necesaria para llegar a los 200 °C, temperatura a la que aproximadamente empieza la emisión de gases combustibles.

b) La estructura de las formas de vegetación (modelos de combustibles), que condiciona la transmisión del calor y la cantidad de combustible disponible.

Contenido de humedad de los combustibles forestales

La humedad del combustible vivo varía según el estado vegetativo a lo largo del año Tabla 1 (ROTHERMEL, 1983).

ESTADO DE DESARROLLO DE LA VEGETACION	CONTENIDO DE AGUA
Follaje tierno, plantas anuales desarrollandose al principio del ciclo de crecimiento.	300%
Follaje madurando, todavía en desarrollo, con turgencia plena.	200%
Follaje maduro, nuevo crecimiento completo y comparable al follaje perenne antiguo.	100%
Comienzo del reposo vegetativo y del cambio de color, y algunas hojas que pueden haber caído del tallo.	50%
Completamente seco menor del 30% , considerado como combustible muerto.	< 30%

(TABLA 1)

La humedad del combustible muerto no excede del 30% y puede bajar hasta valores inferiores al 5%,

siempre en equilibrio higroscópico con el aire (Tabla 2) (ROTHERMEL, 1983).

		HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (Porcentaje)																			
TEMPERATURA	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89	90-94	95-99	100
TERMOMETRO																					
SECO °C																					
< 0	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	8	9	9	10	11	12	12	13	13	14
0 - 9	1	2	2	3	4	5	5	6	7	7	7	8	9	9	10	10	11	12	13	13	13
10 - 20	1	2	2	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	11	12	12	12	13
21 - 31	1	1	2	2	3	4	5	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	13
32 - 42	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	13
> 42	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	12

(TABLA 2)

4.1 Inflamabilidad

La materia vegetal es siempre combustible. Sin embargo, su inflamabilidad varía con el contenido en humedad.

Se define la inflamabilidad como el tiempo transcurrido hasta que se emitan gases inflamables bajo la acción de un foco de calor constante.

En los ensayos realizados con el epirradiator en el INIA (Puerta de Hierro, Madrid) y en el INRA (Aviñón, Francia) se han establecido listas comparativas de algunas especies mediterráneas (Tabla 111) (VALETTE *et al.*, 1979; HERNANDO *et al.*, 1989).

4.2 Combustibilidad

La combustibilidad se refiere a la propagación del fuego dentro de una estructura de vegetación. Es decir, no basta que se inicie un fuego; debe propagarse para que sea incendio.

La combustibilidad puede analizarse mediante modelos estructurales identificables visualmente en los que se puede predecir el comportamiento del fuego.

El método desarrollado por ROTHERMEL considera 13 modelos distribuidos en cuatro grupos, «Pastos», «Matorral», «Hojarasca bajo arbolado» y «Restos de corta y operaciones selvícolas», si bien estos modelos no tienen una importancia relevante para nuestro estudio.

4.3 Conclusiones sobre el fenómeno.

Concluyendo, *para que se de un incendio por rayo deben de producirse dos fenómenos.*

1º) *Que se produzca una descarga eléctrica* (suponemos que se producen estos fenómenos durante todo el año, si bien con más intensidad en unas épocas del año que en otras). Es el fenómeno detonante que por si solo no provoca incendios.

2º) *Que el contenido en humedad del combustible muerto sea tal que al caer el rayo este pueda provocar que puntualmente y en una superficie suficiente se produzcan temperaturas de 200 °C que permitan la inflamabilidad del combustible y por lo tanto se inicie la reacción que provoca el comienzo de un incendio.*

La combustibilidad afecta a la propagación del fuego pero este término no nos interesa para nuestro estudio ya que la extensión que consiga el incendio no es objeto de estudio y depende de otros factores muchos más complicados.

5.- DATOS DE PARTIDA.

Partimos de datos sobre incendios forestales que obran en poder de la Conselleria de Medio Ambiente desde 1990 y hasta 1996. Es

una serie corta pero sirve para nuestro estudio ya que los fines que se persiguen pueden ser establecidos con esta serie, si bien existen datos anteriores, pero al no existir un protocolo para su recolección de forma fiable hemos decidido no usarlos y usar esta serie, que aunque corta es muy rigurosa y sus datos son muy fiables

En la siguiente tabla se reflejan los incendios ocurridos por esta causa :

T. Munic.	Fecha	Causa	Superf. afec.
Requena	25/08/90	Rayo	8 has.
Requena	23/08/90	Rayo	0,5 has.
Requena	11/10/90	Rayo	0 has.
Requena	21/01/91	Rayo	0,5 has.
Requena	26/08/91	Rayo	2,5 has.
Utiel	20/07/91	Rayo	8 has.
Venta del M.	20/07/91	Rayo	0,3 has.
Venta del M.	20/07/91	Rayo	3 has.
Venta del M.	21/07/91	Rayo	0,5 has.
Venta del M.	14/08/91	Rayo	0,3 has.
Utiel	09/08/92	Rayo	0 has.
Villargordo	08/09/92	Rayo	1 has.
Requena	02/07/93	Rayo	0 has.
Requena	02/08/93	Rayo	202 has.
Requena	04/08/93	Rayo	0,5 has.
Requena	14/08/93	Rayo	0,2 has.
Requena	26/08/92	Rayo	2 has.
Requena	31/07/94	Rayo	1650 has.
Venta del M.	30/08/94	Rayo	0 has.
Venta del M.	31/08/94	Rayo	12 has.
Venta del M.	13/08/94	Rayo	0,2 has.
Venta del M.	31/08/94	Rayo	0 has.
Requena	09/05/95	Rayo	0 has.
Requena	09/05/95	Rayo	0 has.
Requena	18/09/95	Rayo	0 has.
Utiel	20/08/95	Rayo	0 has.
Utiel	31/08/95	Rayo	1 has.
Venta del M.	15/08/95	Rayo	0 has.
Requena	30/08/96	Rayo	0 has.
Requena	04/09/96	Rayo	0 has.
Requena	05/09/96	Rayo	0 has.

El método más eficaz para poder predecir el riesgo sería colocar sensores en puntos estratégicos y registrar la humedad de la materia vegetal muerta que es la que provoca la inflamación al producirse un rayo y cuando esté por debajo del 10% el peligro será inminente, pero este método sería muy oneroso y por ello intentaremos servirnos de otros datos de recolección más económica como son las temperaturas.

Como lo anterior es como hemos dicho muy costoso y apenas tenemos datos, hemos optado por trabajar con las temperaturas, precipitaciones y humedades relativas y hemos centrado todo nuestro estudio en observar lo que acontecía con las temperaturas medias de las máximas, de las mínimas, precipitaciones y humedades relativas (medias de las máximas y mínimas) durante el mes anterior a la existencia de incendios provocados por rayos.

Hemos querido basarnos en el valor de las temperaturas máximas y mínimas basándonos en los siguientes aspectos :

1") A mayor temperatura, la humedad absoluta, es decir la cantidad de agua que contiene el aire es mucho mayor (siempre partiendo de humedades relativas iguales) y esta proporción no es geométrica, es decir cuanto mas alta es la temperatura la capacidad de absorber agua es mucho mayor.

Temper.	Humedad relat.	Cont. en hum. del aire en kg/kg aire	Variación
40 °C	70%	46 g	12
35 °C	70%	34 g	9
30 °C	70%	25 g	7
25 °C	70%	18 g	5
20 °C	70%	13 g	4
15 °C	70%	9 g	3
10 °C	70%	6 g	

Entonces el factor de las temperaturas medias de las máximas nos indicara la capacidad de la atmósfera de absorber humedad de la vegetación y del suelo, y por lo tanto de desecar la vegetación.

Por otra parte las temperaturas medias de las máximas son un indicador de la capacidad de evaporación masiva sobre láminas de agua libres (mar y pantanos) y por lo tanto de la formación de nubes de desarrollo vertical que a su vez tienen gran importancia en la formación del fenómeno de los rayos.

Hay que señalar ya que esto es un factor fundamental, que la humedad relativa a no ser que este lloviendo no suele estar por encima del 75 %, y los meses de más calor se sitúa en el 65% pudiendo descender en días de poniente al 15%.

A simple vista ya observamos que cuando existen temperaturas medias de las máximas por encima de 27° C. Este riesgo aumenta.

2º) A menor temperatura ocurre algo similar, si bien el descenso no es tan brusco, pero en sentido contrario, es decir baja la capacidad del aire para absorber agua y por lo tanto se produce un aumento de la humedad relativa, ya que la atmósfera necesita menos agua para estar saturada, siendo raro que se produzcan condensaciones, por lo tanto a mayor temperatura media de las mínimas tenemos la misma situación.

3º) Los datos de la humedad relativa son también fundamentales ya que el valor de la humedad del combustible seco esta en equilibrio con la humedad ambiente. Por otra parte hemos observado que en todos los meses que hay incendio existe una correlación entre las humedades relativas máximas y mínimas del 93,36%, y esta relación la podemos ajustar a la siguiente ecuación :

<p>Humedad Relativa mínima = (0,57184 x Humedad relativa máxima) - 15,4605</p>

Esta relación nos va a permitir introducir un nuevo parámetro que es el residuo entre la humedad relativa mínima esperada y la registrada. Cuanto mas bajo sea el valor mas grande será la descompensación entre humedades y mas seco estará el ambiente, y es el único valor que

presenta una gran correlación. De hecho como demostraremos al final los meses en los que no ha habido incendios por motivo de no haber existido rayos o por que aun habiéndolos estos han ido asociados con grandes lluvias que ha hecho imperceptible el suceso, también se sitúan en las inmediaciones de esta recta.

4º) La precipitación es otro factor de peso, pero esta se ve indicada indirectamente en el valor de las medias de las temperaturas máximas, ya que si hay muchas precipitaciones los valores máximos se ven muy atenuados, ya que las lluvias evitan que las temperaturas máximas sean muy elevadas.

Los temperaturas las hemos obtenido del Observatorio de la Estación de Viticultura y Enología de Requena que esta en el municipio de Requena a una altitud aproximada de 700 metros y que se puede considerar representativa de la comarca considerada. Los datos sobre humedades relativas, máximas y mínimas (medias de cada mes) son obtenidas en el Campo de Experiencias de la Estación de Viticultura y Enología de El Rebollar (Requena).

Los datos obtenidos están en la tabla siguiente :

DATOS CLIMATICOS								inc.
MES	T	t	P	Hr min.	Hr máx.	Hr min. esp.	Residuos	N+1
ene. - 90	10,93	2,38	31,7	66	99	41,15166	24,84834	0
feb. - 90	18,46	4,78	0,01	46	98	40,57982	5,42018	0
mar. - 90	16,5	4,29	16,8	48	93	37,72062	10,27938	0
abr. - 90	17,4	5,23	48,9	44	93	37,72062	6,27938	0
may. - 90	24,53	9,58	31	38	95	38,8643	0,8643	0
jun. - 90	30,01	14,7	0,01	34	93	37,72062	3,72062	0
jul. - 90	32,41	16,12	10,8	32	87	34,28958	2,28958	2
ago. - 90	32,22	16,88	14,8	32	91	36,57694	4,57694	0
sep. - 90	27,5	14,65	62,1	45	96	39,43614	5,56386	1
oct. - 90	19,4	9,72	78,3	59	99	41,15166	17,84834	0
nov. - 90	15,35	4,23	35,1	55	95	38,8643	16,1357	0
dic. - 90	9,87	0,64	11,1	58	97	40,00798	17,99202	0
ene. - 91	10,64	0,9	80,3	43	74	26,85566	16,14434	0
feb. - 91	10,75	1,05	118,8	53	96	39,43614	13,56386	0
mar. - 91	15,06	5,72	41,2	43	95	38,8643	4,1357	0
abr. - 91	14,76	4,83	71,3	41	90	36,0051	4,9949	0
may. - 91	21,03	6,77	19,9	37	86	33,71774	3,28226	0
jun. - 91	28,34	14,2	16,9	37	86	33,71774	3,28226	4
jul. - 91	32,2	16,5	15,7	34	84	32,57406	1,42594	3
ago. - 91	34,51	17,08	13,3	30	83	32,00222	2,00222	0
sep. - 91	27,53	14,28	10,7	37	90	36,0051	0,9949	0
oct. - 91	18,62	7,16	22,8	44	90	36,0051	7,9949	0
nov. - 91	15,35	3,66	32	45	86	33,71774	11,282226	0
dic. - 91	10,3	3,09	35	59	93	37,72062	21,27938	0
ene. - 92	9,5	-0,75	4	48	90	36,0051	11,9949	0
feb. - 92	13,82	0,63	45,7	40	86	33,71774	6,28226	0
mar. - 92	16	3,98	17,9	40	84	32,57406	7,42594	0
abr. - 92	21,53	6,75	3,8	31	78	29,14302	1,85698	0
may. - 92	24,45	10,77	37,9	34	85	33,1459	0,8541	0
jun. - 92	23	11,06	86,7	35	88	34,86142	0,13858	0
jul. - 92	32,09	15,58	3	25	64	21,13726	3,86274	1
ago. - 92	33,97	16,74	0,9	26	82	31,43038	5,43038	1
sep. - 92	28	14,5	13,9	33	75	27,4275	5,5725	0
oct. - 92	19,8	9,95	58	41	86	33,71774	7,28226	0
nov. - 92	16,5	6	9	37	85	33,1459	3,8541	0
dic. - 92	12	4,4	38,5	53	88	34,86142	18,13858	0
ene. - 93	13,1	-0,5	21	39	88	34,86142	4,13858	0
feb. - 93	11,05	1,5	37,8	46	87	34,28958	11,71042	0
mar. - 93	15,75	2,5	45,4	34	83	32,00222	1,99778	0
abr. - 93	17,85	4,73	6,73	43	77	28,57118	14,42882	0
may. - 93	20,56	9,09	20,2	34	81	30,85854	3,14146	0
jun. - 93	27	13,2	11,1	27	74	26,85566	0,14434	2

DATOS CLIMATICOS								inc.
MES	T	t	P	Hr min.	Hr máx.	Hr min. esp.	Residuos	N+1
jul. - 93	30,01	15,88	5,3	28	77	28,57118	0,57118	4
ago. - 93	30,19	16,37	11	26	74	26,85566	0,85566	0
sep. - 93	24,41	12	46,9	28	73	26,28382	1,71618	0
oct. - 93	15,96	7,12	68,6	39	77	28,57118	10,42882	0
nov. - 93	12,6	4	49,8	48	81	30,85854	17,14146	0
dic. - 93	10,66	0,96	3,1	41	79	29,71846	11,28514	0
ene. - 94	10,82	0,14	15,4	34	75	27,4275	6,5725	0
feb. - 94	13,28	1,8	4	30	73	26,28382	3,71618	0
mar. - 94	19,43	3,96	1,2	25	77	28,57118	3,57118	0
abr. - 94	17,33	5,21	57,8	29	64	21,13726	7,86274	0
may. - 94	23,93	10,85	23,5	25	71	25,14014	0,14014	0
jun. - 94	28,53	13	0,01	21	63	20,56542	0,43458	3
jul. - 94	34,08	18,62	2	18	61	19,42174	1,42174	2
ago. - 94	33,01	18,37	25,3	18	67	22,85278	4,85278	0
sep. - 94	24,66	12,4	68,2	22	62	19,99358	2,00642	0
oct. - 94	18,25	11,01	68,6	37	70	24,5683	12,4317	0
nov. - 94	15,85	6,41	17,3	34	70	24,5683	9,4317	0
dic. - 94	11,74	1,74	1,7	34	67	22,85278	11,14722	0
ene. - 95	12,06	1,53	4,3	27	61	19,42174	7,57826	0
feb. - 95	15,76	3,44	1,3	24	63	20,56542	3,43458	0
mar. - 95	16,56	3,66	1,5	23	57	17,13438	5,86562	0
abr. - 95	19,08	5,43	8	17	59	18,27806	1,27806	1
may. - 95	24,59	10,87	42,4	16	57	17,13438	1,13438	0
jun. - 95	25,2	13,93	54,2	23	60	18,8499	4,1501	0
jul. - 95	31,54	17,61	7,5	18	56	16,56254	1,43746	4
ago. - 95	29,96	17,34	62,1	35	88	34,86142	0,13858	1
sep. - 95	24,15	12,27	8,5	36	90	36,0051	0,0051	0
oct. - 95	20,98	10,26	6,1	46	96	39,43614	6,56386	0
nov. - 95	16,48	6,8	24	50	95	38,8643	11,1357	0
dic. - 95	11,35	4,92	88,2	65	96	39,43614	25,56386	0
ene. - 96	10,85	4,45	62,2	64	96	39,43614	24,56386	0
feb. - 96	11,45	0,95	22,7	44	91	36,57694	7,42306	0
mar. - 96	15,05	4,15	8,6	43	90	36,0051	6,9949	0
abr. - 96	20,25	7,62	39	38	92	37,14878	0,85122	0
may. - 96	22,55	10,47	66	41	89	35,43326	5,56674	0
jun. - 96	28,16	14,6	12	34	86	33,71774	0,28226	0
jul. - 96	31,71	17,43	2,2	30	86	33,71774	3,71774	1
ago. - 96	30,13	18,18	1,5	35	91	36,57694	1,57694	2
sep. - 96	23,83	13,13	61,5	40	87	34,28958	5,71042	0
oct. - 96	21,6	9,6	4,3	36	87	34,28958	1,71042	0
nov. - 96	15,47	6,65	80,4	40	87	34,28958	5,71042	0
dic. - 96	11,5	4,87	116,2	40	85	33,1459	6,8541	0

Para demostrar que la inercia climática del mes anterior es mayor que la que existe 10 días antes del incendio analizamos que ocurre

con las temperaturas medias de las máximas y de las mínimas, y obtenemos los resultados de la tabla siguiente :

T. Municipal	Fecha	Causa	Superficie afectada	T° máx. (10)	T° mín. (10)
Requena	25/08/90	Rayo	8 has.	32,9	17,4
Requena	23/08/90	Rayo	0,5 has.	23,2	17,4
Requena	11/10/90	Rayo	0 has.	20,4	9,0
Requena	21/01/91	Rayo	0,5 has.	34,6	16,7
Requena	26/08/91	Rayo	2,5 has.	31,3	16,1
Utiel	20/07/91	Rayo	8 has.	36	18,1
Venta del M.	20/07/91	Rayo	0,3 has.	36	18,1
Venta del M.	20/07/91	Rayo	3 has.	36	18,1
Venta del M.	21/07/91	Rayo	0,5 has.	35,6	18,4
Venta del M.	14/08/91	Rayo	0,3 has.	33,1	15,1
Utiel	09/08/92	Rayo	0 has.	35,6	18,9
Villargordo	08/09/92	Rayo	1 has.	29,4	13,7
Requena	02/07/93	Rayo	0 has.	31,1	15,2
Requena	02/08/93	Rayo	202 has.	31,7	15,2
Requena	04/08/93	Rayo	0,5 has.	31,9	17,3
Requena	14/08/93	Rayo	0,2 has.	33,8	18,2
Requena	26/08/92	Rayo	2 has.	30,1	16,8
Requena	31/07/94	Rayo	1650 has.	32,4	18,3
Venta del M.	30/08/94	Rayo	0 has.	36,1	20,4
Venta del M.	31/08/94	Rayo	12 has.	32,4	18,3
Venta del M.	13/08/94	Rayo	0,2 has.	32,5	18,4
Venta del M.	31/08/94	Rayo	0 has.	34,2	18,7
Requena	09/05/95	Rayo	0 has.	23,1	10,3
Requena	09/05/95	Rayo	0 has.	28,9	16,6
Requena	18/09/95	Rayo	0 has.	25,6	13,0
Utiel	20/08/95	Rayo	0 has.	31,5	18,6
Utiel	31/08/95	Rayo	1 has.	27,9	15,5
Venta del M.	15/08/95	Rayo	0 has.	30,5	18,5
Requena	30/08/96	Rayo	0 has.	28,8	17,7
Requena	04/09/96	Rayo	0 has.	25,85	15,9
Requena	05/09/96	Rayo	0 has.	25,4	15,9

Vemos que aparecen 5 datos que se saldrían del modelo que proponemos ya que si nos basásemos en la temperatura de los 10 días anteriores no se podrían explicar los incendios de los meses de octubre y septiembre.

6.- METODO DE ANÁLISIS.

Para poder establecer un modelo que nos permita predecir en función de los parámetros climáticos la posibilidad de existencia de incendios por existir condiciones para ello, calcularemos una función discriminante a partir de los datos de los meses con incendios y sin incendios. De cada uno de estos grupos disponemos de cinco medidas directas que son la humedad relativa máxima y mínima, la temperatura máxima y mínima, y las precipitaciones, y una medida indirecta de gran valor como es el residuo de la humedad relativa mínima esperada frente a la registrada.

El análisis discriminante es una técnica de clasificación y asignación de un individuo a un grupo conocidas sus características. En el análisis discriminante se dispone de una serie de grupos definidos «a priori», con una serie de observaciones para cada individuo referidas a un conjunto de variables relevantes. En base a esta información se llega a calcular una función discriminante que se puede utilizar para hacer predicciones futuras.

Para ello lo que se hace es reducirlo las variables que mejor discriminan a unas pocas nuevas variables, que se denominan variables canónicas. Las variables canónicas son combinación lineal de las variables originarias y vienen expresadas por una función discriminante.

La función discriminante es una ecuación lineal con una variable dependiente que representa la pertenencia a un grupo. Combinaciones lineales de variables independientes, denominadas también predictores, sirven de base para clasificar a los individuos entre grupos.

Cuando se trabaja con dos grupos, la función discriminante no es más que una ecuación de regresión múltiple en la cual la variable dependiente es una variable nominal que toma los valores cero o uno, que representan la pertenencia al grupo respectivo.

El análisis discriminante tiene su origen en un trabajo de Fisher (1936) que trata sobre la clasificación de flores del género iris.

El método se basa en formar matrices de las sumas de todos los productos escalares de todas las medidas de todas las observaciones (en nuestro caso 84), dentro de cada grupo y del conjunto total; la siguiente etapa requiere la inversión de una matriz y el cálculo de los autovalores de otra. Y con todo esto

obtenemos una función discriminante.

El uso del álgebra de matrices proporciona un medio conveniente para el análisis de regresión de modelos lineales, en forma especial de aquellos que contienen más de una variable de predicción, y para ello utilizaremos el modelo lineal general, que expondremos más adelante.

7.- CONCLUSIONES.

1ª) La función de clasificación es la siguiente :

$$\text{Incendio} = -53,0430 + (6,5753 \times T^a \text{ m. max}) - (6,2942 \times t^a \text{ m. min}) + (0,1891 \times P) + (1,6297 \times \text{res})$$

$$\text{No Incendio} = -44,8472 + (6,2528 \times T^a \text{ m. max}) - (6,3347 \times t^a \text{ m. min}) + (0,2059 \times P) + (1,5555 \times \text{res})$$

Siendo las variables (Temperatura media de las máximas y mínimas, precipitación y humedades relativas medias de las máximas y mínimas) la media de los 30 días anteriores y el pronóstico será válido durante los 30 días siguientes a la predicción.

Por lo tanto para una situación determinada calculamos los valores de Incendio o no incendio, el valor que sea mayor determinará si habrá o no incendios en el mes siguiente con una probabilidad de acierto del 63,63%. Del 36,37 % res-

tante la causa por la que no ha habido incendios ha sido por que, o no ha habido tormentas 4,54 % de los casos o por que la tormenta ha ido acompañada de mucha precipitación y el posible incendio se ha autoextinguido (31,83%) de los casos.

Al aplicar esta formula a los datos de partida 14 de los 15 incendios siguen siendo considerados como incendios y ocho situaciones en las que no ha habido incendios son reclasificadas como incendios.

2ª) En el 100% de los casos observamos que en el mes de agosto siempre hay incendios de este tipo.

3ª) Con este sistema podemos adelantar las alertas de incendios por esta causa desde mayo hasta octubre, es decir que la alertas por este motivo se pueden comprender entre Mayo y Octubre en un año muy desfavorable o entre Agosto y Septiembre en un año muy favorable.

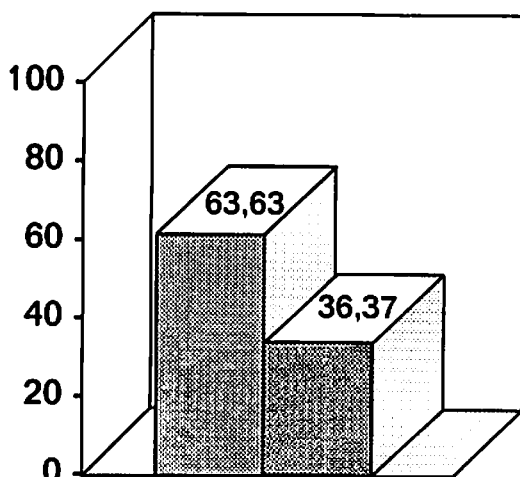
4ª) El valor de la temperatura media de las máximas con mayor peso como factor desencadenante de altos valores de inflamabilidad, altos valores de T llevan asociados escasez de precipitaciones y humedades relativas bajas.

5ª) El modelo funciona bien en localidades con un verano relativamente corto con entrada de la primavera tardía y con heladas frecuentes en Abril y Mayo.

Calidad de la clasificación

- Cuando la función de clasificación dice que **hay incendios** en el mes siguiente acierta el 63,63 % de los casos.

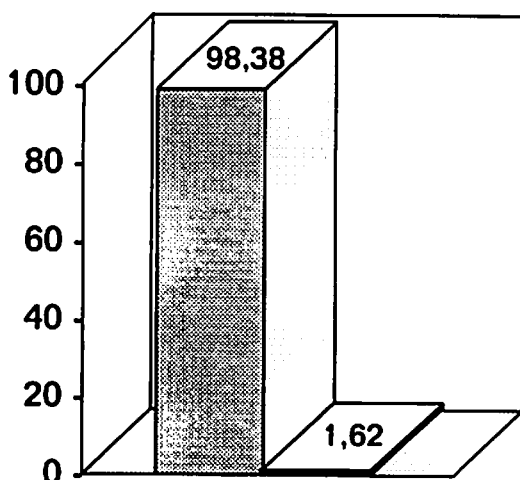
(1990 - 1996)



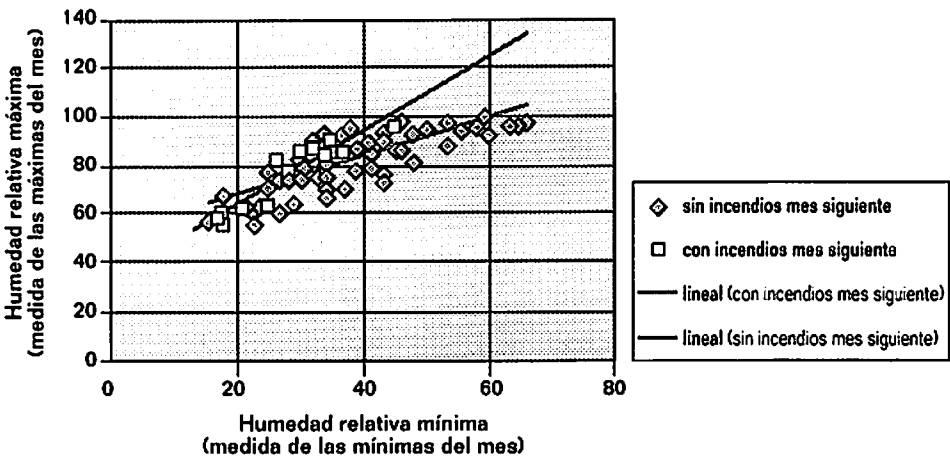
Calidad de la clasificación

- Cuando la función de clasificación dice que **no hay incendios** en el mes siguiente acierta el 98,38 % de los casos.

(1990 - 1996)



Relación entre las Humedades relativas máximas y mínimas



Recta de regresión entre la humedad relativa máxima y mínima de las medidas de un mes.

