



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-395

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

El concepto de ventana fenológica y su influencia en la prevención y propagación de incendios forestales en la Comunitat Valenciana.

QUÍLEZ MORAGA, R.¹,

¹ Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia.

Resumen

En la estimación del riesgo de incendios forestales resulta imprescindible conocer cómo evoluciona el contenido de humedad del combustible vivo de las principales especies presentes en cada entorno forestal y cómo están adaptadas a su singularidad climática.

Para ello se han tenido en cuenta las principales especies forestales que pueblan la Comunitat Valenciana, donde el motor del incendio se encuentra en la gran continuidad estructural de los combustibles de superficie, o en la predominancia de especies arbóreas como *Pinus halepensis* o *Quercus ilex* que por la recurrencia de incendios y su adaptación al clima mediterráneo, presentan portes semiarborescentes, lo que en la práctica implica que el incendio se comporte en muchas ocasiones de forma similar a la de un incendio de superficie.

Para ver la interrelación entre todos los estratos de un modelo de combustible y su contenido en humedad, se establece el concepto de ventana fenológica, que podría definirse como el contenido de humedad de la vegetación viva que presenta un modelo de combustible, como combinación del contenido de humedad de todos sus estratos, de manera que cuando el fuego propaga a través de él, el efecto provocado en la estructura depende del paso del fuego a través de cada estrato.

Palabras clave

Prevención, Riesgo y peligro, Propagación, Severidad del fuego.

1. Introducción

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua, se puede definir fenología como “parte de la meteorología que investiga las variaciones atmosféricas en su relación con la vida de animales y plantas”.

El ajuste entre los ciclos de actividad de las plantas y la estacionalidad del ambiente en el que viven, es un aspecto fundamental de la estrategia ecológica de los organismos vegetales. Por tanto, sería esperable que las posibilidades fenológicas estuvieran limitadas por las condiciones climáticas particulares de cada lugar del mundo. De este modo, la diversidad fenológica local sería escasa. Sin embargo, climas de marcada estacionalidad, como son los mediterráneos, presentan una elevada diversidad de patrones de organización estacional de las actividades vegetativas y reproductivas (MILLA GUTIÉRREZ, 2005).

El contenido de la humedad de la vegetación varía a lo largo del año. Así, el contenido de humedad de las hojas viejas varía poco, mientras el contenido de las hojas nuevas tiene una gran variabilidad a lo largo del año (SCHROEDER, M) & (BUCK, C.); 1970.

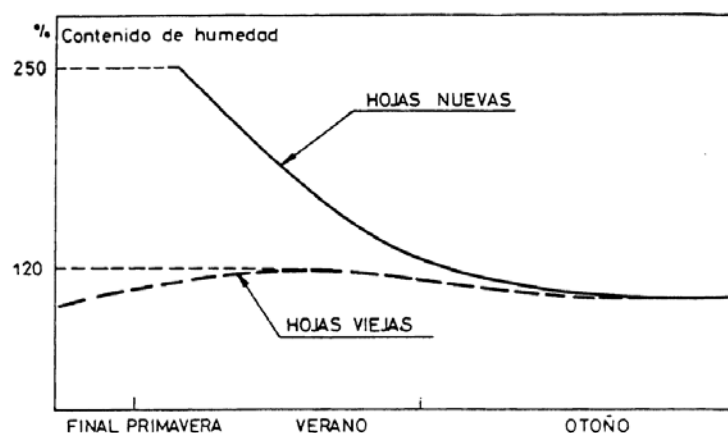


Figura1. Gráfica de la evolución del contenido de humedad de las hojas nuevas y viejas a lo largo del año. Fte. Schroeder, M; Buck, C 1970.

En relación a su grado de espesura, el contenido de humedad del combustible pesado y muerto (troncos y ramas gruesas de 15 a 45 cm. de diámetro) situado sobre el suelo del monte también varía a lo largo del año. Bajo cubierta, la humedad puede ser hasta un 10% mayor que en un claro expuesto al sol y al viento, siendo más alto para masas densas que en masas aclaradas (SCHROEDER, M) & (BUCK, C.); 1970.

En la siguiente figura se muestra como varía la humedad de los combustibles después de la lluvia. La variación en los pesados es más amortiguada, mientras que en el combustible ligero (hojas, ramillas) el descenso del contenido de humedad después de la lluvia es muy rápido. (SCHROEDER, M) & (BUCK, C.); 1970.

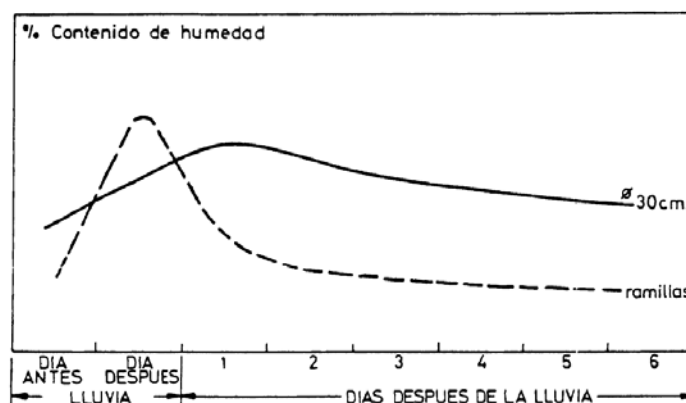


Figura 2 . Evolución del contenido de humedad después de la lluvia en función del tamaño del combustible. Fte. Schroeder y Buck, 1970.

De todo lo anterior se deduce que cuanto más largo sea el período seco más puede descender la humedad del combustible forestal. El peligro de ignición crecerá a medida que se prolonga la sequía, ya que los combustibles ligeros, en los que se inicia el fuego, tendrán cada vez menor contenido de humedad. Con cierto retraso se irán secando también los combustibles pesados que, una vez iniciado el fuego, lo alimentarán aportando su gran reserva de energía, convirtiéndolo en un incendio más o menos difícil de controlar.

Además de esto, hay que tener en cuenta que la cubierta vegetal ejerce un efecto pantalla sobre la lluvia que cae, reduciendo su efecto en el suelo. Según diferentes estudios se estima que entre un 10 y un 20% de la lluvia es interceptada por el dosel arbóreo, si bien en bosques mediterráneos se han obtenido valores de entre 23-47% dependiendo del momento del año (ROY ET AL, 1985). La interceptación es mayor en lluvias débiles que en aguaceros intensos. En general las

especies frondosas interceptan menos agua que las de hoja acicular (CHUVIECO SALINERO et al, 2004).

El incremento del contenido de humedad de la vegetación viva, como respuesta a la precipitación, no se efectúa de forma inmediata, así experiencias en matorrales californianos mostraron un retraso de entre 3 y 5 días dependiendo de la época del año (CHUVIECO SALINERO et al, 2004).

Por todo esto resulta capital conocer cómo evoluciona el contenido de humedad de las principales especies presentes en cada entorno forestal y cómo están adaptadas a su singularidad climática, es decir, no es igual la respuesta de una determinada especie adaptada a un clima continental que a otro mediterráneo.

Por su relación con el clima y su gran influencia sobre el estado de los combustibles se requiere un análisis de la fenología de las especies de la zona. La fenología de las especies mediterráneas viene marcada por la existencia de dos estaciones de elevado estrés climático, el invierno y el verano, que dividen el periodo adecuado para el crecimiento vegetal (MITRAKOS, 1980). Además, la característica variabilidad interanual de este clima limita la regularidad y duración de los periodos favorables (MOONEY Y DUNN, 1970).

Estas características del clima mediterráneo producen un crecimiento vegetal ligado a la duración de las primaveras que se está viendo condicionada por la ocurrencia del cambio climático, que está dando lugar a un periodo de altas temperaturas más largo y con una reducción de las precipitaciones en primavera por lo que genera una estación de primavera más seca y cálida, propiciando un nuevo periodo de condiciones óptimas para los incendios forestales (ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL; 2015).

Estos cambios climáticos en primavera pueden producir una época de estrés hídrico superior al actual, ofreciendo una menor oportunidad de crecimientos a las masas forestales, que pueden generar unas masas más envejecidas y al mismo tiempo presentarían un menor contenido de humedad, en las que las especies leñosas dominan sobre las especies herbáceas fruto del abandono de las actividades agroforestales. Las especies leñosas producen incendios de mayor intensidad, por lo que se conduce hacia masas más disponibles y con incendios más frecuentes e intensos.

Para la estimación de la humedad del combustible vivo tradicionalmente se habían realizado aproximaciones de las tablas de Rothermel (ROTHERMEL, C.R.;1983) o se había seguido su evolución a través de los datos de NDVI obtenidos desde la teledetección.

En Valencia el INIA realizó mediciones en la década de los años 80 del pasado siglo (ELVIRA MARTÍN, M, HERNANDO LARA, C. 1989), pero eran muy puntuales y hay información disponible de pocas ubicaciones, por lo que se decidió comenzar a recoger las humedades de los incendios que por su extensión o comportamiento mostrado presentasen alguna relevancia.

Otra cuestión que se planteaba era ver cómo influía en el comportamiento del fuego el contenido de humedad de los combustibles vivos de cada estrato, ya que en los incendios se apreciaba como en determinadas épocas el fuego sólo quemaba de superficie, y en un momento determinado el fuego comenzaba a empezar a antorchar, afectando a la vegetación arbórea.

Se podía intuir que el paso del fuego tenía que ver con la disponibilidad de los combustibles de cada estructura, aunque en determinadas ubicaciones en pendiente, o bajo unas condiciones meteorológicas claras, el fuego podía pasar al arbolado. También era significativo que tras inviernos muy secos, la disponibilidad del combustible a principios de marzo era máxima, y así lo mostraban los grandes incendios de finales de invierno o comienzos de primavera, en donde se combinaban estos periodos secos con los grandes vendavales de marzo.

Estas cuestiones junto con que actualmente se está constatando que bajo las mismas ventanas meteorológicas se producen incendios más agresivos que en el pasado, crearon la necesidad de abordar el contenido real de la humedad del combustible vivo en la Comunitat Valenciana.

2. Objetivos

El presente trabajo se centra en determinar cómo afecta el contenido de humedad del combustible vivo a la propagación del fuego y por tanto, cómo influye en el comportamiento de los incendios, como paso previo a la determinación de las ventanas meteorológicas que van a regir cada tipología de incendio.

El área de estudio se centra en la Comunitat Valenciana, en donde se han realizado tomas de humedad del combustible vivo a lo largo de toda su geografía, intentando reflejar la variabilidad florística de todo el territorio.

Como objetivos concretos de este trabajo cabe destacar:

1. Analizar el comportamiento de la fenología de las principales especies forestales y de los modelos de combustible más importantes en la Comunitat Valenciana.
2. Analizar cómo influye la combinación de la humedad del combustible vivo en sus diferentes estratos en el comportamiento del fuego.

3. Metodología

Para el estudio de la humedad del contenido de humedad del combustible vivo en la Comunitat Valenciana se han tenido en cuenta las principales especies que pueblan los montes de la provincia de Valencia, así como que en la mayoría de las ocasiones, el motor del incendio se encuentra en la gran continuidad estructural de los combustibles de superficie, o en la predominancia de especies arbóreas como *Pinus halepensis*, *Quercus ilex* que, por su adaptación al clima mediterráneo y la recurrencia de incendios, hacen que tengan portes semiarborescentes o presenten una configuración estructural donde las ramas llegan al suelo, lo que en la práctica implica que el incendio se comporte de forma similar a la de un incendio de superficie.

Para conocer la variabilidad del contenido de humedad de estas especies en el clima mediterráneo, se han tomado como referencia los trabajos de Xabier Castro en la zona de Cataluña (CASTRO et al. 2007), en los que vienen recogiendo muestras periódicas de la humedad de los combustibles forestales, lo cual ha permitido elaborar unas gráficas de evolución por percentiles del contenido de humedad de diferentes especies vegetales. Estas especies son las más comunes en los entornos forestales en la provincia de Valencia, y en concreto son *Rosmarinus officinalis*, *Quercus coccifera*, *Pinus halepensis*.

De los estudios realizados por el departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalitat de Cataluña (CASTRO et al. 2007) y en base a la propia experiencia en el combate de incendios forestales, habiendo analizado infinidad de estos, se ha aceptado la clasificación propuesta por Castro:

- Grupo1. El ciclo anual de estas plantas presenta los máximos niveles de humedad en la estación lluviosa. La variación anual de su contenido de agua es muy grande (100-150% de peso seco). El contenido de agua de estas plantas reacciona de forma significativa a las variaciones de cantidad de agua en el suelo.
- Grupo2. El ciclo anual de estas plantas presenta su máximo contenido en la época de floración, y se dan pequeñas variaciones en episodios de lluvia. La variación anual de su contenido en agua es inferior al del primer grupo (50-100%).
- Grupo3. El ciclo anual de estas plantas presenta pequeñas variaciones en el contenido en agua. La variación anual del contenido en agua es menor (20-50%).

Como ejemplos de plantas del grupo 1 se pueden citar el *Cistus monspeliensis* y el *Rosmarinus officinalis* del grupo 2 *Quercus coccifera* y *Arbutus unedo*, y del grupo 3 *Pinus halepensis*.

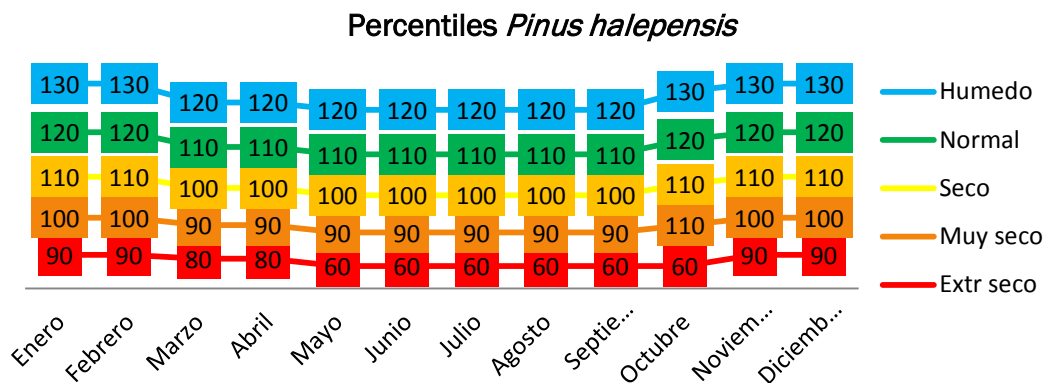


Figura 3 . Humedad del *Pinus halepensis* en función de la pluviometría anual. Fte. Elaboración propia con datos de Castro et al. 2007.

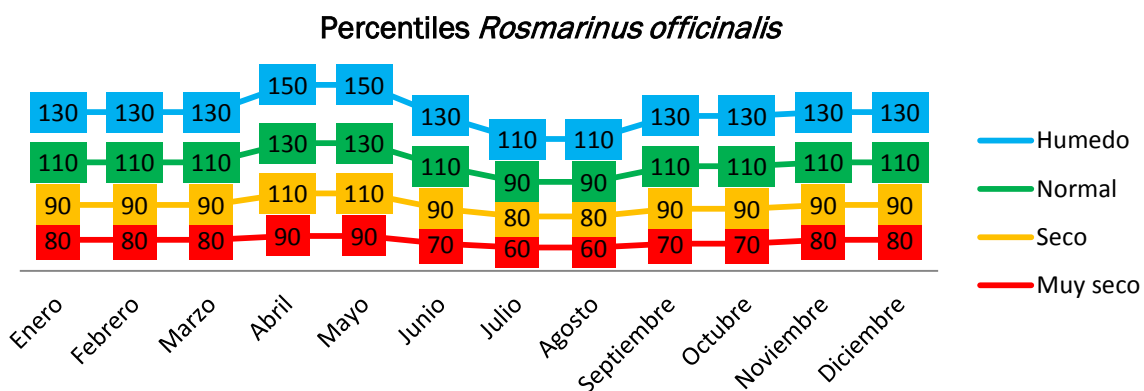


Figura 4. Humedad del *Rosmarinus officinalis* en función de la pluviometría anual. Fte. Elaboración propia con datos de Castro et al. 2007.

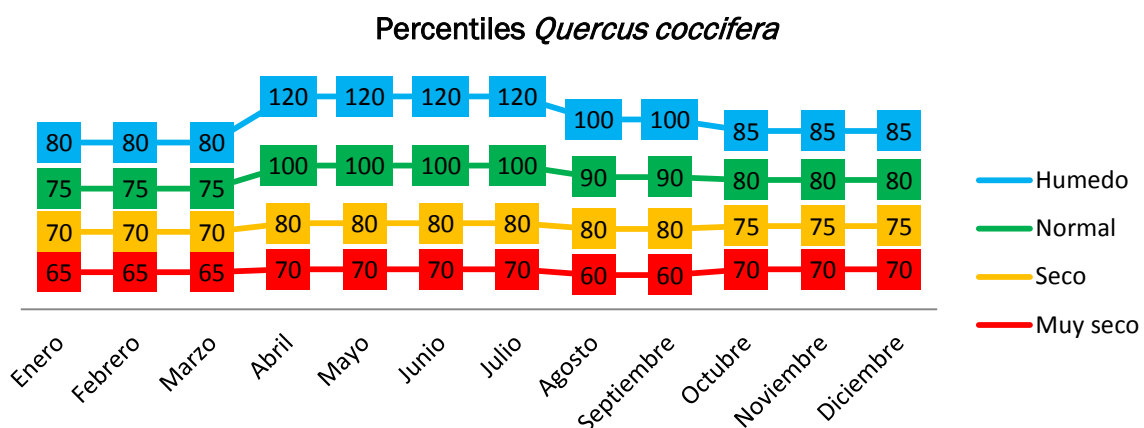


Figura 5. Humedad de *Quercus coccifera* en función de la pluviometría anual. Fte. Elaboración propia con datos de Castro et al. 2007.

Los datos contrastan con los datos de humedad de combustible vivo tomados por CEAM en las parcelas de experimentación del Caroché entre los días 19 de junio y 27 de julio de 2012, en donde las condiciones extremadamente adversas, marcadas por la climatología recogida en el invierno,

primavera y comienzos de verano de 2012, condicionaron el comportamiento extremo del incendio de Cortes de Pallás del 28 de junio de 2012, afectando de forma muy marcada a la humedad de los combustibles vivos, que son los que determinan la combustibilidad de una estructura forestal y por tanto su velocidad de propagación y la intensidad de combustión.

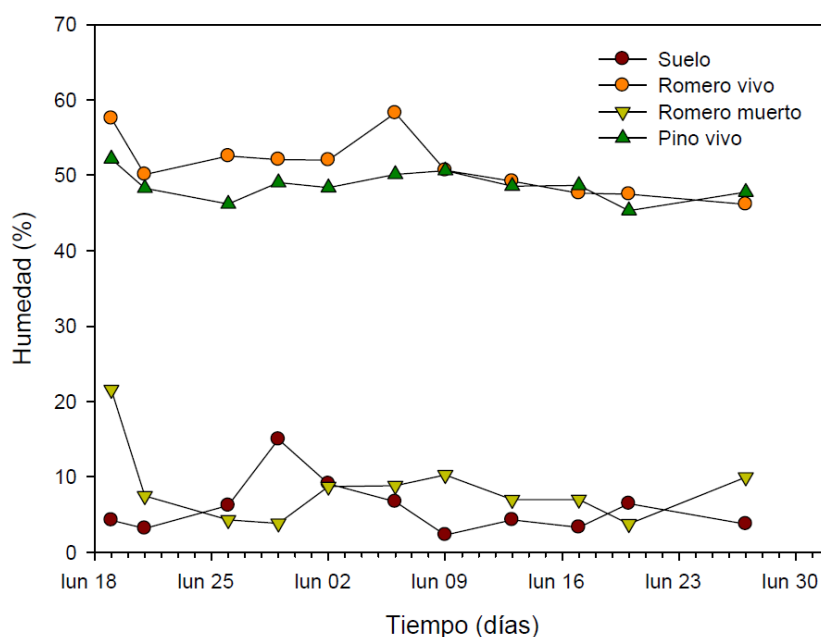


Figura 6. Gráfica de la evolución de la humedad del combustible fino vivo y muerto en romero y en acículas vivas y tallos finos de pino carrasco en un periodo que incluye los días del incendio de Cortes de Pallás. También se presenta la humedad del suelo en los primeros 5 cm. Las medidas fueron tomadas en la comarca del Valle de Ayora, próxima a la zona afectada por el fuego. Fte. CEAM.

Estos valores eran claramente diferentes a los mostrados por Rothermel, y parecidos en sus extremos a los a los obtenidos por Castro en Cataluña (CASTRO, X et al; 2006; 2007) durante años de toma de muestras.

Lógicamente los datos extraídos de las tablas de Rothermel, resultaban poco útiles para la reconstrucción de los incendios mediante simuladores. Con los datos obtenidos por el CEAM en el escenario de GIF del año 2012 se realizaron las simulaciones de los incendios de Cortes de Pallás (30.000 ha) y el de Andilla (20.000 ha) y los resultados fueron muy satisfactorios.

Dado que cada vez se tenía más claro que se debía conocer en profundidad el valor real de la humedad del combustible vivo, se comenzó a analizar la humedad del combustible vivo de incendios con un comportamiento representativo.

Para ello se siguió el protocolo de medición de humedad del combustible vivo establecido por el INIA, donde:

- Se recogen muestras de las hojas de matorral y arbolado, menores a 0,6 cm de diámetro de varios individuos por especie, en una cantidad de entre 50 y 100 gr. Siempre de zonas periféricas de la planta y en el arbolado del primer verticilo. Sin frutos ni flores.
- Las muestras se recogen en recipientes estancos con doble tapa secos, y una vez recogida se tapan y se sella la rosca de cierre con cinta adhesiva.
- Se llevan a laboratorio de la empresa ANDRANIS, S.L. para realizar la medición, entre 12 y 24 horas después de la toma de humedades.
- Se pesan los botes cerrados. Peso total
- Se extrae la muestra y se pesan los recipientes con precintos y cinta una vez secos. Peso del bote.

Peso de la muestra= Peso total – peso del bote y precintos.

- Se introduce la muestra en la estufa durante al menos 24 horas a una temperatura de 100°C, hasta obtener peso constante.
- El porcentaje de humedad será:

$$\text{HCV} = ((\text{Peso verde-peso seco})/\text{peso seco}) * 100$$

Viendo que los resultados eran bastante esclarecedores en relación con el comportamiento del incendio, se decidió ampliar el trabajo a toda la Comunitat Valenciana, cogiendo muestras de las especies más representativas en los incendios, en una batería de estaciones de muestreo fijas a lo largo de toda la Comunitat y en todas las quemas prescritas que se realizan.

En concreto el número de estaciones de muestro es de 20, (11 en Valencia, 6 en Castellón y 3 en Alicante), elegidas por criterios de homogeneidad bioclimática. Para establecerlas, se seleccionaron exposiciones sur en estos lugares, nunca en barrancos, con fácil acceso para tomar las muestras, y con representatividad de varias especies frecuentes en la Comunitat Valenciana.



En total se han realizado 2174 muestras a lo largo de toda la geografía por meses, por incendios o por quemas desde el año 2013.

La toma de muestras en incendios se realiza en zonas cercanas a la cola del incendio, pero suficientemente alejada del perímetro para asegurar que el incendio no ha interactuado con su contenido de humedad.

En las estaciones de muestreo se cogen hasta 25 especies distintas de matorral y arbolado, destacando por su presencia el *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Quercus coccifera*, *Rosmarinus officinalis*, *Ulex parviflorus*, *Genista scorpius*, *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea*, *Thymus vulgaris*, *Pistacea lentiscus*, *Chamaerops humilis*, *Erica multiflora*, *Cistus albidus*, *Stipa tenacissima*. Menos presentes en todo el territorio, pero muy importantes a nivel local se pueden destacar *Pinus pinaster*, *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*, *Quercus suber*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, entre otros. Y otras con importancia agrícola-forestal como *Olea europea*, *Ceratonía silicua*.

Figura 7. Ubicación estaciones de muestreo. Fte.- SORIANO, 2016.

4. Resultados

La exposición de los resultados se va a centrar en las especies más frecuentes en la Comunitat Valenciana recogidas en el estudio como son *Pinus halepensis*, *Rosmarinus officinalis* y *Quercus coccifera* que ya han sido antes descritas en sus percentiles extraídos de los datos de Castro (CASTRO, X et al; 2006; 2007).

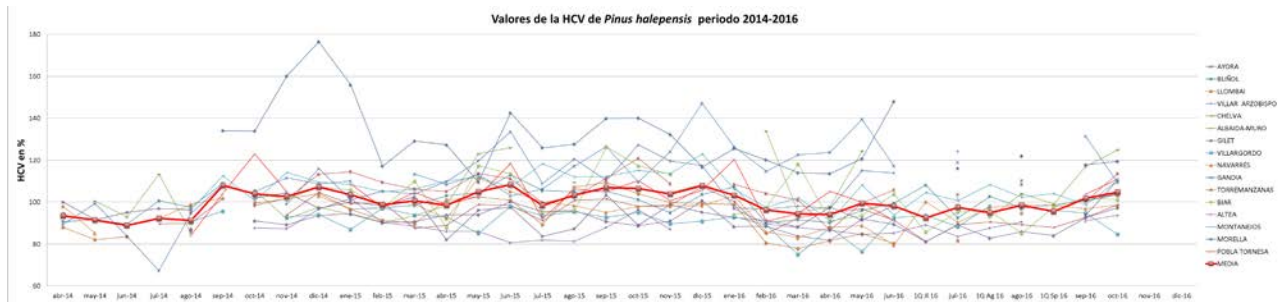


Figura 8. Gráfica de la variación de la humedad del *Pinus halepensis* (HCV) en el periodo abril 2014 a octubre 2016 por estaciones de muestreo donde está presente.

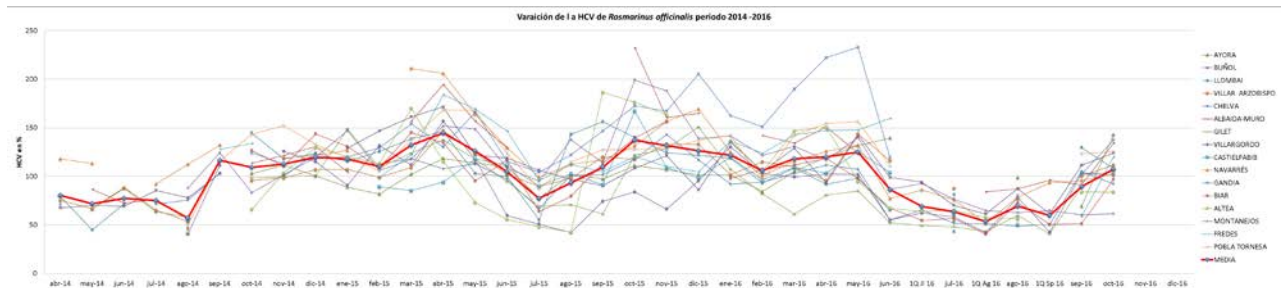


Figura 9. Gráfica de la variación de la humedad del *Rosmarinus officinalis* (HCV) en el periodo abril 2014 a octubre 2016 por estaciones de muestreo donde está presente.

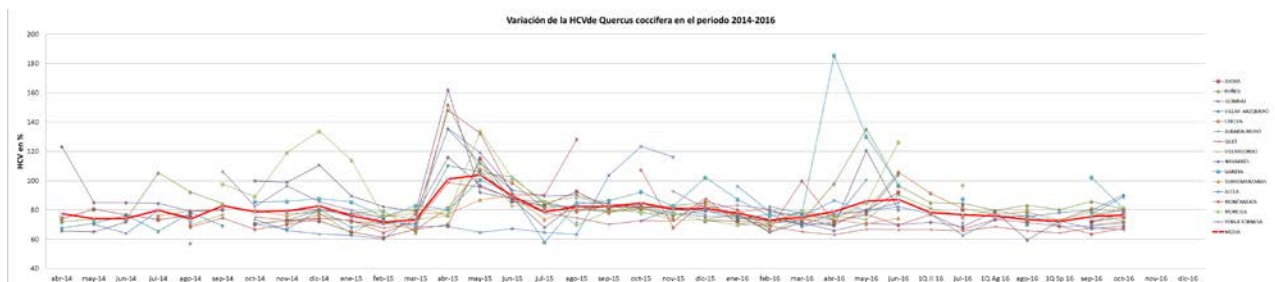


Figura 10. Gráfica de la variación de la humedad del *Quercus coccifera* (HCV) en el periodo abril 2014 a octubre 2016 por estaciones de muestreo donde está presente.

0 Se observa claramente que el *Pinus halepensis* presenta una variabilidad de entre 80 y 130 %
 1 para la mayoría de las estaciones de muestreo, encontrándose lecturas fuera de este rango en zonas
 2 donde se recogieron una gran cantidad de precipitaciones en otoño de 2014, o pocas precipitaciones
 3 en julio de 2014. Estos rangos refuerzan la idea de que las tablas de Rothermel no son aplicables a
 4 este tipo de vegetación.

5 Si analizamos el *Rosmarinus officinalis*, se aprecia una variabilidad mayor, muy marcada por la
 6 incidencia de las lluvias y por la entrada de olas de calor, que condicionan en extremo la respuesta
 7 fisiológica de esta especie, por lo que su fenología es muy sensible a la combinación de falta de
 8 lluvias y entrada de olas de calor.

9 Sin embargo, *Quercus coccifera* es estable a lo largo de todo el año, y se muestra poco sensible
 10 a estos condicionantes climatológicos, presentando una variabilidad muy reducida en valores de
 11 entre 70 y 90 % de forma general, salvo en episodios de lluvias muy intensas en primavera, como
 12 sucedió en abril de 2015. Esta respuesta puede deberse a su sistema de rizomas que sin duda
 13 supone una adaptación al clima mediterráneo.

14 5. Discusión

15

16 En las gráficas de los resultados (Figura 10) puede apreciarse que los valores recogidos en
 17 distintas estaciones de muestreo de la Comunitat Valenciana entre los meses de abril de 2014 y
 18 octubre de 2016, revelan que las tres especies descritas se comportan de manera similar a las
 19 expresadas dentro de los percentiles extraídos de los trabajos de Castro (CASTRO, X et al; 2006;
 20 2007).

21 En concreto *Pinus halepensis* presenta una variabilidad muy baja en cuanto a su contenido en
 22 humedad, y por supuesto nada comparable a los valores generales que Rothermel plantea. Se ha
 23 podido comprobar que en episodios de una intensa sequía primaveral y entrada temprana de
 24 saharianas, su contenido en humedad puede bajar hasta situarse en valores del 50% y que es en
 25 estos escenarios donde se producen los grandes incendios forestales.

26 En los incendios se aprecia claramente como es el arbolado el que incrementa en gran medida
 27 la intensidad del fuego y lo mantiene durante más tiempo, con lo que las operaciones de extinción
 28 son más costosas, de ahí que su papel en el comportamiento del fuego sea el de intensificar el
 29 incendio.

30 Si entramos en los matorrales, que son los conductores del fuego a través del escenario, vemos
 31 que hay dos respuestas, una la de *Quercus coccifera* y otra la de *Rosmarinus officinalis*. Según se ha
 32 podido comprobar en quemas e incendios, con estos valores de HCV quema con bastante facilidad
 33 prácticamente durante todo el año, por lo que se podría afirmar que está casi siempre disponible para
 34 el fuego. Sin embargo, *Rosmarinus officinalis* está disponible para el fuego sólo en determinadas
 35 épocas del año, que se corresponden con aquellas en las que existe un déficit de precipitación y que
 36 se ven incrementadas con la entrada de olas de calor.

37 En otro orden podríamos situar a especies como *Ulex parviflorus* que están disponibles durante
 38 todo el año por la gran cantidad de combustible muerto que albergan en su interior, y que sólo están
 39 sujetas al grado de disponibilidad del combustible fino muerto. También hay que comentar el carácter
 40 dinámico de los combustibles de pasto, que se agostan en verano, pasando de estar vivos a muertos.
 41 Esto hace que su humedad dependa de factores meteorológicos y no climatológicos como la
 42 humedad del combustible vivo. Por esta cuestión a estos combustibles se les denomina receptores de
 43 focos secundarios, y condicionan la velocidad de propagación del incendio mediante de saltos de
 44 fuego, en función de su grado de disponibilidad.

45 Como puede apreciarse en los siguientes ejemplos, el fuego sube o no a copas por la
 46 combinación del grado de humedad que presenta cada uno de los estratos que constituyen el modelo
 47 de combustible.

48 En el incendio de Cofrentes del día 29 de julio de 2013, la intensidad de combustión del
 49 combustible de superficie era muy alta, pero el paso del fuego a copas se vio frenado por elevado
 50 contenido de la acícula del pino carrasco, lo que sin duda frenó los antorcheos y facilitó las labores de
 51 extinción. Este incendio se comienza a las 16:30 aprox. y el viento sopla fuerte de levante con
 52 temperaturas superiores a los 35°C.

53



Figura 11. Incendio de Cofrentes 29 julio 2013.

Tabla 1. Contenido de humedad de diferentes especies en el incendio de Cofrentes de 29 de julio de 2013.

Especie	HCV (%)
<i>Rosmarinus officinalis</i>	76,03
<i>Quercus coccifera</i>	72,09
<i>Pinus halepensis</i>	106,06
<i>Juniperus oxycedrus</i>	68,52
<i>Quercus ilex</i>	67,06

54 Sin embargo, en el incendio de Pedralba del 19 de julio de 2013 se puede apreciar el paso
 55 rápido del fuego a copas, motivado fundamentalmente por la alta disponibilidad del combustible de
 56 superficie, y la humedad del combustible vivo del pino carrasco que se encuentra en unos valores
 57 medios-bajos. En este incendio la temperatura era de unos 30°C, con vientos flojos de levante y las
 58 fotografías corresponden al final de día en exposición este.
 59



Figura 12. Incendio de Pedralba 19 julio 2013.

Tabla 2. Contenido de humedad de diferentes especies en el incendio de Pedralba de 19 de julio de 2013.

Especie	HCV (%)
<i>Stipa tenacissima</i>	22,96
<i>Rosmarinus officinalis</i>	51,13
<i>Quercus coccifera</i>	70,00
<i>Pinus halepensis</i>	90,00
<i>Erica multiflora</i>	53,55
<i>Juniperus oxycedrus</i>	57,93

60 Del seguimiento de diferentes incendios bajo cubierta de arbolada de *Pinus halepensis*, con
 61 diferentes especies de sotobosque, el valor de 90% de HCV en la acícula marca el inicio de
 62 antorcheos.
 63

64 Por tanto, la combinación de diferentes humedades de combustible en arbolado y matorral,
 65 implica la propagación del fuego con una determinada intensidad por el combustible de superficie, y
 66 el paso del fuego a copas. Luego se podrán presentar situaciones meteorológicas más o menos
 67 propicias para el desarrollo del incendio, pero en primer término el valor de la humedad del
 68 combustible vivo es determinante.

69 La ventana fenológica podría definirse como el contenido de humedad de la vegetación viva
 70 que presenta un modelo de combustible, como combinación del contenido de humedad de todos sus
 71 estratos, de manera que cuando el fuego propaga a través de él, el efecto provocado en la estructura
 72 depende del paso del fuego a través de cada estrato.

73 Sin duda, el concepto de ventana fenológica puede contribuir mucho al conocimiento del
 74 comportamiento de fuego forestal. Así, la combustión de una determinada masa forestal depende
 75 fundamentalmente de la humedad de los combustibles muertos (inflamabilidad) y del grado de
 76 humedad que disponga el combustible vivo presente (combustibilidad).

77 La ventana fenológica resulta de capital importancia en las quemas prescritas y,
 78 especialmente, en aquellas que se realicen bajo arbolado, ya que el conocimiento de la cantidad de
 79 humedad de los diferentes estratos de vegetación, permitirá conseguir unos objetivos u otros, en
 80 combinación con las ventanas meteorológicas.

81 La elección del momento de la quema en función del contenido de humedad de los diferentes
 82 combustibles es muy importante, y en especial la cantidad de combustible muerto y su humedad, o
 83 de combustible vivo en superficie con bajo contenido en humedad, que permita conducir la quema, y
 84 la cantidad de agua en el dosel arbóreo, que impida que este se vea afectado.

85 De la misma forma que en la quema, el conocimiento del parámetro del contenido de humedad
 86 del combustible vivo en todos los estratos y su estado fenológico permitirá predecir mejor cómo se
 87 van a comportar los incendios venideros en una zona determinada, sabiendo quién es el conductor,
 88 cuál aporta la intensidad de combustión, si el incendio pasará a copas, si habrá muchos o pocos
 89 receptores de focos secundarios, o conocer las ventanas meteorológicas que condicionarán el
 90 comportamiento del fuego.

91 Tradicionalmente se ha trabajado en simulación con los parámetros de meteorología (no
 92 excesivamente lograda), modelos de combustibles (generalistas) y topografía, pero la fenología se ha
 93 tenido muy poco en cuenta. Hasta ahora se han venido aplicando las tablas de Rothermel (1983) de

94 humedad del combustible vivo que, como se ha podido ver en el apartado anterior, nada tienen que
 95 ver con el contenido de humedad de los combustibles forestales en el arco mediterráneo español.
 96 Posiblemente el desconocimiento de la ventana fenológica sobre una determinada zona de estudio
 97 haya propiciado el que estas simulaciones no se hayan acercado a la realidad, por lo que es habitual
 98 tener que aplicar factores de ajuste.
 99

100 Los factores de ajuste no permiten tener seguridad en la utilización de los simuladores en
 101 diseño de infraestructuras de prevención, y esta falta de ajuste es la culpable, en la mayoría de los
 102 casos, de que a los directores de extinción no tengan seguridad a la hora de utilizar los simuladores
 103 en operaciones de combate de incendios.

104 Por tanto, el conocimiento de las ventanas fenológicas es imprescindible para poder trabajar
 105 con simuladores especialmente en operaciones de extinción de incendios y quemas prescritas
 106

107 6. Conclusiones

108
 109 Como conclusiones más importantes del estudio realizado se pueden extraer:

- 110 • Se aprecia una clara relación en el contenido de humedad de los combustibles vivos y
 111 las precipitaciones en primavera en combinación con las anomalías térmicas positivas.
- 112 • El conocimiento de la humedad del combustible vivo en cada región es fundamental
 113 para entender y anticiparse a cómo van a propagar los incendios.
- 114 • Cada especie presenta una respuesta diferente a la variación de los registros
 115 pluviométricos y entradas de olas de calor, y esta respuesta está íntimamente
 116 relacionada con su adaptación al clima mediterráneo y posiblemente al régimen de
 117 incendios.
- 118 • La combinación de la humedad del combustible vivo en los diferentes estratos que lo
 119 componen, marca claramente el comportamiento del incendio. A esta combinación se la
 120 ha definido como ventana fenológica.
- 121 • El estudio de la ventana fenológica de cada modelo de combustible en cada zona,
 122 permite obtener una buena consecución de los objetivos de las quemas, a la vez que
 123 define cuáles son las ventanas meteorológicas que quemarán con cada tipología de
 124 incendio.
 125

126 7. Agradecimientos

127
 128 A Jorge Suarez, Subdirector General de la Agencia de Seguridad y Respuesta a Emergencias de
 129 la Generalitat Valenciana por facilitar los trabajos, al personal de la UT técnica 902 de VAERSA José
 130 Luis Soriano, Miguel Ángel Botella y Carlos Galarza por realizar el seguimiento de la recogida de
 131 muestras a través de las Unidades de Vigilancia, y al personal de ANDRANIS, S.L. y en especial a
 132 Jesús Pérez, por haber realizado todas las mediciones con tanta exquisitez y dedicación.
 133

134 8. Bibliografía

135
 136 (CASTRO, X.); (TUDELA, A.); (GABRIEL, E.); (MONTSERRAT, D.); (CANYAMERES, E.); (SEGARRA,
 137 M.); 2006. Evolution of live fuel moisture in mediterranean forest. V International Conference
 138 on Forest Fire Research. Coimbra.

139
 140 (CASTRO, X.); (GABRIEL DE FRANCISCO, E.); (SERRANO, E.); (MONTSERRAT, D.); (TUDELA A.);
 141 (CANYAMERES, E.); 2007. Valoración de la humedad en el seguimiento del estado de la
 142 fracción fina viva de la vegetación con relación al riesgo de incendio forestal. Servicio de
 143 Prevención de incendios forestales. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de
 144 Catalunya. Wildfire Sevilla.
 145

- 146 (CHUVIECO SALINERO, E.) & (MARTÍN ISABEL, M.P.); 2004. Nuevas tecnologías para la
147 estimación del riesgo de incendios forestales. CSIC. Madrid.
148
- 149 (ELVIRA MARTÍN, M); (HERNANDO LARA, C); 1989. Inflamabilidad y energía de las especies de
150 sotobosque. INIA. MAPA. Madrid.
151
- 152 (MILLA GUTIÉRREZ, R.); 2005. Fenología y variaciones estacionales de nutrientes en
153 fanerófitos mediterráneos. Ecosistemas 14 (3): 148-152. Asociación española de Ecología
154 Terrestre.
155
- 156 (MITRAKOS, K.A.); 1980. A theory for Mediterranean plant life. Acta Oecol. 1,
157 (MOONEY, H.) & (DUNN, E. L.); 1970. Convergent evolution in mediterranean-climate
158 evergreen sclerophyll shrubs. Evolution 24:292-303.
159
- 160 (ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL). 2015. Declaración de la OMM sobre el estado
161 del clima mundial en 2014.
162
- 163 (ROTHERMEL, C.R.); 1983. How to predict the spread and intensity of forest and range fires.
164 NWCG. PMS 436-1. NFES 1573.
165
- 166 (ROY, J.); (GARNIER, E.); (JACKSON, L.E.); 1985. Response of two perennial grasses to water
167 availability in different habitats related to sucesional change under Mediterranean climate
168 conditions. Sesimbra, Portugal.
169
- 170 (SCHROEDER, M) & (BUCK, C.); 1970. Fire Weather. Agriculture Handbook 360. USDA Forest
171 Service.
172
- 173 (SORIANO SANCHO, J.L.); 2016. Análisis de la Humedad del Combustible Vivo (HCV) en la
174 Comunitat Valenciana y la influencia de las variables meteorológicas. Trabajo fin de Master
175 Fuego. Lleida.