

# Efecto de las claras sobre la humedad de los combustibles muertos en masas de pino

Ana Daría Ruiz González<sup>1</sup>

## Resumen

Se analiza la influencia de la apertura de la masa sobre la humedad de diversos tipos de combustibles muertos del suelo, superficiales y aéreos. El estudio se basa en dos experiencias realizadas con *Pinus pinaster* y *Pinus radiata*. La experiencia en pinaster consistió en un muestreo intensivo de combustibles durante dos días y la de radiata en un único muestreo diario durante cinco días consecutivos. Se concluye que el efecto de la apertura de la masa sobre la humedad de los combustibles finos y sobre el mantillo hay que analizarlo en combinación con la nubosidad y los días transcurridos sin llover.

## Introducción

La humedad de los combustibles determina si hay posibilidad o no de iniciarse un incendio. Si el combustible está muy húmedo, por muy fino o muy rico en volátiles que sea, no se inflamará. La humedad determina la carga de combustible disponible para arder y desprender calor, y condiciona la eficiencia de la transmisión de calor. Por tanto, es una de las variables que más influye en el comportamiento del fuego, repercutiendo sobre la velocidad de propagación del frente, su intensidad y su longitud de llama (Chandler y otros, 1991; Nelson, 2001; Tolhurst y Cheney, 1999). En masas arboladas, la altura de desecado de las copas y la posibilidad de coronamiento aumenta al disminuir la humedad de los combustibles de la superficie pues esta disminución conlleva un incremento en la intensidad y la longitud de llama de la fase superficial (Rothermel, 1972). La probabilidad de coronamiento también va aumentando conforme disminuye la humedad foliar (Scott y Reinhardt, 2001; Van Wagner, 1977) pues implica una reducción en la energía necesaria para su inflamación (Van Wagner, 1977). La apertura que se produce al aclarar una masa ejerce un triple efecto sobre la evolución de un posible incendio: i) el mayor espaciamiento entre las copas previsiblemente dificultaría la propagación del fuego por las mismas; ii) al quedar los combustibles muertos del estrato superficial más expuestos al sol y al viento se secarían con mayor facilidad y iii) se favorecería el desarrollo de la vegetación de sotobosque. Los dos últimos efectos son potenciadores de la propagación del fuego por la superficie, implicando un incremento en la intensidad lineal y por lo tanto en la posibilidad de coronamiento. En este estudio se analiza la influencia de la apertura de la masa sobre la humedad de los elementos finos muertos, y sobre la humedad del mantillo, en masas de pino. La temperatura de

---

<sup>1</sup> Unidad de Gestión forestal Sostenible, E.P.S., Universidad de Santiago de Compostela, Campus Universitario s/n., 27002 Lugo, España. anaruiz@lugo.usc.es

los combustibles se eleva cuando el sol incide sobre los mismos provocando un incremento en la temperatura del aire en contacto con su superficie y una disminución en la humedad relativa. Esta alteración en el microclima del entorno de la superficie conduce a una reducción de la humedad de las partículas (Rothermel y otros, 1986). También se pretende efectuar una pequeña aportación al estudio sobre la variación diaria y horaria de la humedad de los elementos muertos en coníferas en respuesta al cambio en las condiciones atmosféricas. Los procesos atmosféricos que rigen la variación de la humedad en los combustibles muertos se describen detalladamente en Hatton y Viney (1988), Anderson (1990) y Nelson (2001).

## Material y métodos

### **Combustibles, especies, parcelas y tratamientos**

Se ha trabajado en dos masas, ambas situadas en terreno prácticamente llano y a unos 450 m de altitud: una repoblación de *Pinus radiata* de 12 años y una masa regular de *Pinus pinaster* de unos 13 años procedente de regeneración natural tras incendio. Los tipos de combustible considerados son cuatro: acículas de la superficie (AS), ramillas de la superficie de diámetro inferior a 6 mm (RFS), mantillo (M) y acículas secas de las copas (AA). En la masa de radiata, ubicada en el Término Municipal de Begonte (Lugo), se seleccionaron seis parcelas de 900 m<sup>2</sup>. De ellas, tres habían sido sometidas a un tratamiento de clara baja fuerte (área basimétrica residual con respecto a la parcela testigo del 80%) mientras que las otras tres (parcelas testigo) conservaban su estructura inicial. En la masa de pinaster, localizada en la comarca de Carballiño (Orense), se seleccionaron dos parcelas sometidas a clara baja fuerte (área basimétrica residual del 60% con respecto al testigo) y dos parcelas testigo, todas de 625 m<sup>2</sup>. Las claras por lo bajo consisten en extraer los árboles de los estratos inferiores de la masa, así como los individuos moribundos, dañados o con malas características. En las claras fuertes la extracción afecta a pies dominados, intermedios e incluso codominantes (Villarino, 1998). Las parcelas (*tabla 1*) forman parte de la red de ensayos de claras instaladas por el grupo de investigación Unidad de Gestión Forestal Sostenible de la Universidad de Santiago de Compostela.

Lugar	Tratamiento	Parcela	N (pies/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	Dg (cm)	Hm (m)	Fcc (%)
Carballiño	Clara fuerte	CARCF1	1664	22.74	13.19	9.4	32.2
		CARCF2	1344	21.41	14.24	9.7	31.1
	Testigo	CART1	3584	36.67	11.41	9.19	54.7
		CART2	3584	37.34	11.51	9.44	54.5
Begonte	Clara fuerte	BECF1	800	20.96	18.3	13.3	42.0
		BECF2	744	20.34	18.7	14.8	42.2
		BECF3	778	19.80	18.0	13.3	42.5
	Testigo	BET1	1744	25.35	13.6	11.5	48.9
		BET2	1556	25.15	14.3	10.7	51.1
		BET3	1711	26.06	13.9	10.5	51.4

**Tabla 1**– Características de las parcelas. N=densidad, G=área basimétrica, Dg=diámetro medio cuadrático, Hm=altura media, Fcc=fracción de cabida de cubierta.

### **Descripción de las experiencias**

La experiencia de Carballiño consistió en un muestreo de combustibles intensivo durante dos días consecutivos (7 y 8 de julio de 2005). Cada día se efectuaron, en

cada una de las cuatro parcelas, seis mediciones espaciadas entre sí aproximadamente una hora. La primera medición del día 7 se efectuó hacia las 13:00 horas y la última hacia las 18:00. En el segundo día el muestreo comenzó sobre las 12:00 y terminó hacia las 17:00 horas. La experiencia de Begonte se desarrolló durante 5 días consecutivos del verano de 2004 (del 30 de agosto al 3 de septiembre) y consistió en un único muestreo diario, realizado a primeras horas de la tarde, en cada una de las seis parcelas. En Carballiño se muestrearon acículas de la superficie, ramillas finas y mantillo durante los dos días y acículas aéreas únicamente en cuatro ocasiones durante el segundo día. En Begonte se trabajó con acículas de la superficie y con mantillo. En ambos casos las experiencias consistieron en: i) tomar muestras de los combustibles en las parcelas; ii) determinar, en laboratorio, las humedades de las muestras mediante pesado y secado en estufa; iii) recoger información atmosférica relacionada con la humedad de los combustibles muertos.

Las muestras se recogieron a lo largo de itinerarios en el interior de cada parcela. Se empezaba a caminar y cada poco se paraba para coger una pequeña porción de material y así se continuaba hasta completar el recipiente. Con esto se pretendía que las muestras de combustible resultasen representativas de las condiciones medias de cada lugar. Se utilizaron botes de pirex de capacidad 250 ml en Begonte y de plástico de 1 litro de en Carballiño, en ambos casos con cierre hermético. Cada día, una vez recogidas las muestras de acículas y de mantillo en las parcelas de Begonte, se llevaban rápidamente al laboratorio de la Escuela Politécnica Superior de Lugo (distante unos 30 km), para su pesado. En la experiencia de Carballiño, dada la distancia entre las parcelas y el laboratorio, superior a 100 km, no fue posible acudir a éste para pesar las muestras cada vez que se recogían. Se trató de pesar las muestras húmedas en campo mediante una balanza portátil pero se rechazó la idea al comprobar la imposibilidad de nivelarla bien y de evitar corrientes de aire. Se optó por ir almacenando los botes bien cerrados (con obturador, tapa y cinta adhesiva) en un lugar sombreado hasta obtener la última muestra diaria y entonces, ya rápidamente, regresar al laboratorio y pesar todos los botes nada más llegar. Las muestras se secaron en estufa a 100°C durante 24 horas para eliminar su agua libre e higroscópica y poder determinar su peso seco. Al tratarse de restos muertos y por tanto muy pobres en volátiles toda la pérdida de peso de la muestra tras el secado se atribuyó a pérdida de agua. Conocidos los pesos húmedo ( $P_h$ ) y seco ( $P_s$ ) de cada muestra se calculó el contenido en humedad ( $m$ ), expresado en porcentaje respecto a peso seco, mediante la siguiente expresión:

$$m = \frac{P_h - P_s}{P_s} 100$$

Simultáneamente a la toma de muestras de combustible en cada parcela también se anotó la temperatura (°C) y humedad relativa (%) a 1,5 metros del suelo obtenidas con un psicrómetro centrífugo y unas tablas psicrométricas. Además se hicieron anotaciones sobre la velocidad del viento, la nubosidad y los días sin llover. El ensayo de radiata se enfocó hacia el estudio de la variación en la humedad mínima diaria de las acículas de la superficie y del mantillo. La experiencia en pinaster se orientó a la variación de la humedad a lo largo del día, incrementándose además el número de combustibles analizados.

### **Tratamiento de la información**

El estudio del efecto de la apertura de la masa sobre la humedad de los distintos tipos de combustible se basa en un análisis de varianza efectuado de forma

independiente para cada experiencia. El análisis responde al siguiente modelo lineal mixto en el que se han incluido como factores fijos el tratamiento y el tipo de combustible, como factor aleatorio anidado al tratamiento la parcela, y como covariables la temperatura y la humedad relativa:

$$m_{(ijk)l} = \mu + T_i + C_j + T_i C_j + P_{(i)k} + \alpha h + \beta t + \varepsilon_{(ijk)l}$$

Donde  $m$  es la humedad del combustible,  $\mu$  la humedad media,  $T$  el factor tratamiento,  $C$  el factor tipo de combustible,  $P$  el factor parcela,  $h$  la humedad relativa,  $t$  la temperatura del aire,  $\alpha$  y  $\beta$  los parámetros que acompañan a las covariables y  $\varepsilon$  es el error. Los análisis de varianza se han complementado con el test de comparación múltiple de medias de Tukey-Kramer (Kramer, 1956) y se han llevado a cabo con el procedimiento GLM del programa estadístico SAS/STAT (SAS Institute Inc., 2004).

El estudio de la variación diaria y horaria de la humedad se basa en representaciones gráficas de los datos así como en el cálculo, mediante el procedimiento CORR de SAS/STAT (SAS Institute Inc., 2004), del estadístico de correlación lineal de Pearson entre las humedades observadas y las variables atmosféricas. Este estadístico, que mide la asociación lineal entre dos variables aleatorias es el cociente entre la covarianza y el producto de las desviaciones estándar y responde a la siguiente expresión en la que  $x$  e  $y$  son las variables,  $n$  es el número de parejas de valores enfrentados y  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$  son los valores medios de dichas variables:

$$\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

## Resultados

### Carballiño

Durante los dos días el cielo permaneció totalmente despejado de nubes, no se registró viento en el interior de las parcela y al inicio de la experiencia al menos habían transcurrido ocho días sin llover. Se observa (*tabla 2*) el mayor contenido en humedad del mantillo frente al resto de los combustibles. La humedad de los finos no supera el punto de saturación de la fibra cifrado en un 30-35% (Cheney, 1981) lo cual contrasta con lo observado en experiencias similares (Ruiz y Vega, 2005) pero realizadas durante un verano más lluvioso y fresco que el de 2005, durante un mayor número de días y con una franja horaria de recogida de muestras más amplia. El mantillo resultó ser el combustible con mayor oscilación en su humedad a lo largo de los dos días de muestreo y para ambos tratamientos. Para todos los combustibles finos la oscilación es ligeramente superior en las parcelas testigo que en las parcelas tratadas. En el caso del mantillo la diferencia es mucho más notable. El menor valor de humedad (7%) se observó en las acículas de la superficie de las parcelas aclaradas mientras que el mayor (44%) en el mantillo de las parcelas testigo. En relación con las condiciones atmosféricas, se observa que la temperatura registrada en las parcelas aclaradas es ligeramente superior y la humedad relativa ligeramente inferior, a la de las parcelas testigo.

	N	Media	S.D	Mínimo	Máximo	Recorrido
AS - CF	24	9.24	1.47	7.04	12.43	5.39
AS - T	24	11.81	1.82	9.20	16.30	7.10
RFS - CF	24	11.99	1.95	9.27	16.88	7.61
RFS - T	24	13.93	2.22	10.20	18.89	8.69
M - CF	24	17.17	4.76	11.02	30.49	19.47
M - T	24	30.56	6.95	17.07	44.26	27.19
AA - CF	8	10.59	0.61	9.95	11.72	1.77
AA - T	8	10.97	0.92	9.86	12.59	2.73
	N	Media	S.D	Mínimo	Máximo	Recorrido
Temperatura (°C) - CF	24	26.0	1.7	23.0	29.0	6.0
Temperatura (°C) - T	24	25.5	2.0	22.0	28.0	6.0
Humedad relativa (%) - CF	24	39.6	4.4	33.0	48.0	15.0
Humedad relativa (%) - T	24	41.6	5.8	35.5	54.0	18.5

**Tabla 2** – Estadísticos descriptivos de las humedades de los combustibles (en pct respecto a peso seco) observadas en pinaster, de la temperatura y de la humedad relativa durante el muestreo. N=número de datos, CF=clara fuerte, T=testigo.

Fijado un nivel de significación  $\alpha = 0.05$  se ve que las dos fuentes principales de variación (el tratamiento y el tipo de combustible), así como la interacción entre ellas, influyen significativamente en la humedad (tabla 3). En relación con las covariables, la no significación de la humedad relativa ha de ser debida a su relación lineal con la temperatura.

Fuente de variación	g.l.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob.> F
Tratamiento	1	572.32	572.32	57.90	<.0001
Combustible	3	5027.02	1675.67	169.53	<.0001
Combustible * Tratamiento	3	1105.25	368.41	37.27	<.0001
Temperatura	1	126.92	126.92	12.84	0.0005
Humedad relativa	1	31.81	31.81	3.22	0.0748
Error	150	1482.61	9.88		

**Tabla 3**– Resultados del análisis de varianza de la experiencia en Carballiño.

En el análisis de Tukey-Kramer se excluyó el mantillo pues su elevada humedad en relación con el resto de los combustibles (tabla 2) podría enmascarar las diferencias entre los finos. Se observa (tabla 4) que existen diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) entre la humedad de los tres tipos de combustibles finos.

	RFS	AA
AS	<.0001	0.0009
RFS		0.0048

**Tabla 4**– Resultados del test de Tukey-Kramer para los combustibles finos en Carballiño.

Respecto a la combinación entre tratamientos y tipos de combustible se deduce (tabla 5) que existen diferencias significativas entre las humedades de las acículas de la superficie (AS) en las parcelas testigo (T), y en las parcelas aclaradas (CF). Lo mismo se puede decir para las ramillas finas (RFS) pero no para las acículas secas de la copa (AA).

Los coeficientes de correlación lineal de Pearson indican en todos los casos (tabla 6) que al aumentar la temperatura disminuye la humedad del combustible mientras que el incremento en la humedad relativa va acompañado de un incremento

en la humedad del mismo. La correlación es significativa para los dos tipos de restos de la superficie (AS y RFS) en los dos tipos de tratamiento, siendo superiores los valores de los coeficientes en el caso de las acículas que en el de las ramillas para los dos tratamientos. Los valores de los coeficientes en las parcelas testigo superan a los de las parcelas sometidas a clara fuerte tanto en el caso de las acículas como en el de las ramillas. La correlación, tanto con la humedad relativa, como con la temperatura, es menos patente a nivel de mantillo que a nivel del combustible superficial. Los valores de los coeficientes así como la significación de los mismos en las acículas secas de la copa (AA) no son comparables con el resto debido al menor número de datos disponibles para el análisis. En otros trabajos (Pook y Gill, 1993; Ruiz, 2005) se obtuvieron buenas correlaciones.

	AA - T	AS - CF	AS - T	RFS - CF	RFS - T
AA - CF	0.9999	<.0001	1.000	0.9730	0.0013
AA - T		<.0001	0.9969	0.9963	0.0025
AS - CF			<.0001	<.0001	<.0001
AS - T				0.7479	<.0001
RFS - CF					<.0001

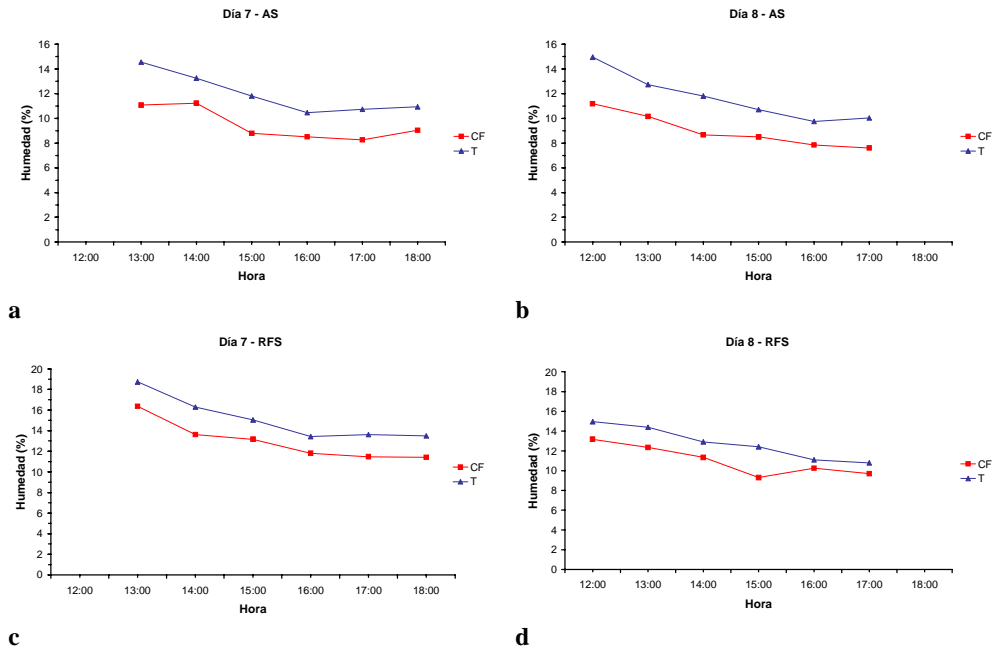
**Tabla 5**– Resultados del test de Tukey-Kramer para las combinaciones de tratamientos y combustibles en Carballiño.

	Temperatura	Humedad relativa	N
Acículas de la superficie - CF	-0.7781**	0.7119**	24
Acículas de la superficie - T	-0.8930**	0.8840**	24
Ramillas de la superficie - CF	-0.6839**	0.6174**	24
Ramillas de la superficie - T	-0.7182**	0.6584**	24
Mantillo - CF	-0.4345*	0.3424	24
Mantillo - T	-0.4336*	0.3661	24
Acículas secas de la copa - CF	-0.6066	0.3156	8
Acículas secas de la copa - T	-0.8594**	0.7293*	8

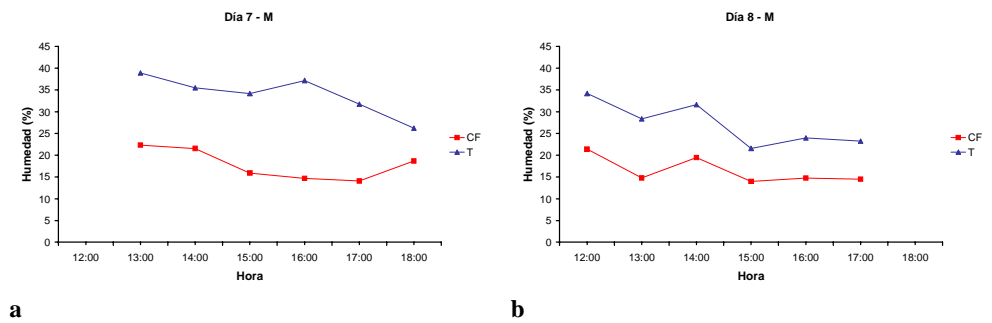
**Tabla 6**– Coeficientes de correlación de Pearson entre la humedad de los combustibles en la experiencia de Carballiño, la temperatura y la humedad relativa. \*\* Indica significativo al 99% y \* al 95%. N es el número de parejas de datos.

En la figura 1 se muestra la evolución horaria de la humedad de los combustibles finos de la superficie durante los dos días de desarrollo de la experiencia y para los dos tratamientos (AS gráficos a-b y RFS gráficos c-d). En la figura 2 se ve la evolución de la humedad del mantillo y en la figura 3 la de las acículas secas de la copa (AA). Los gráficos se han elaborado a partir de la media de las humedades registradas en cada momento en las dos parcelas de cada tratamiento y hay que contrastarlos con la evolución de la temperatura y de la humedad relativa a lo largo del período de muestreo (*fig. 4*); los datos de esta figura corresponden únicamente a las parcelas aclaradas pero hay que indicar que en las parcelas testigo la evolución de dichas variables mostró una pauta muy similar. Durante el día 7 se observa que la humedad de los elementos finos de la superficie disminuye conforme va aumentando la temperatura (y disminuyendo la humedad relativa) para posteriormente, a partir del entorno de las 16:00 horas cuando el sentido de variación de estas variables se invierte, estabilizarse en el caso de las ramillas, e iniciar un ligero incremento en el caso de las acículas. Hay que indicar que en el segundo día, cuando acabó la experiencia a las 17:00 horas, la temperatura todavía no había comenzado a disminuir (ni la humedad relativa a aumentar) de forma que únicamente se nota una ligera recuperación de la humedad en las acículas de la superficie de las

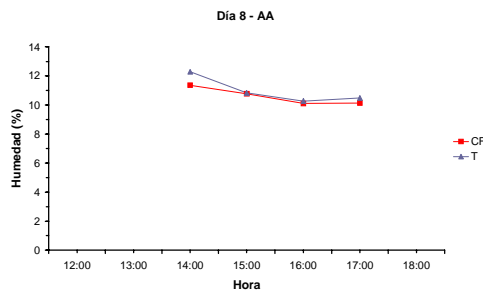
parcelas testigo (*fig.1*) y en las acículas aéreas (*fig. 3*), pero no en las ramillas. Comparando la figura 4 con la 2 se aprecia que la humedad del mantillo está menos relacionada con la temperatura y la humedad relativa en el momento de la medición que el resto de los combustibles tal y como se obtuvo en el análisis de correlación.



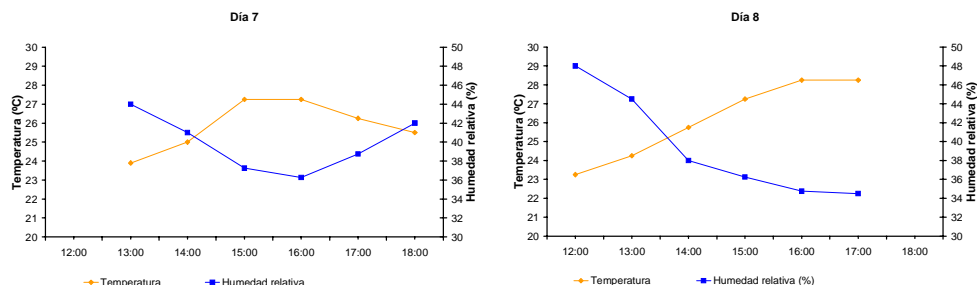
**Figura 1**– Variación de la humedad de las acículas (AS) y ramillas de la superficie (RFS) en las parcelas testigo (T) y aclaradas (CF) durante los dos días del desarrollo de la experiencia.



**Figura 2**– Variación de la humedad del mantillo (M) en las parcelas testigo (T) y aclaradas (CF) durante los dos días del desarrollo de la experiencia.



**Figura 3**– Variación de la humedad de las acículas secas de la copa (AA) en las parcelas testigo (T) y aclaradas (CF) durante el segundo día.



**Figura 4–** Evolución de la temperatura y de la humedad relativa durante el período de recogida de muestras en los dos días del ensayo en pinaster.

### Begonte

Las humedades observadas en esta experiencia (*tabla 7*) son bastante superiores a las de la experiencia en pinaster (*tabla 2*); las muestras se recogieron en momentos de mayor humedad relativa y menor temperatura a pesar de que todas las mediciones se efectuaron a primeras horas de la tarde. Además, esta experiencia se inició tan solo un día después de haber llovido y salvo en el segundo día la nubosidad superó el 85%. De nuevo, el mantillo está mucho más húmedo que las acículas.

	N	Media	S.D	Mínimo	Máximo	Recorrido
AS - CF	15	17.44	1.28	15.37	20.38	5.01
AS - T	15	18.34	1.77	15.28	20.65	5.37
M - CF	15	58.81	34.69	25.64	131.49	105.85
M - T	15	63.66	39.12	27.47	151.57	124.10
	N	Media	S.D	Mínimo	Máximo	Recorrido
Temperatura (°C)	5	21.9	1.5	20.0	24.0	4.0
Humedad relativa (%)	5	63.9	7.8	55.5	75.0	20.0
Nubosidad (%)	5	75.0	33.3	10.0	95.0	85.0
Días sin lluvia	5	3	1.4	1	5	4

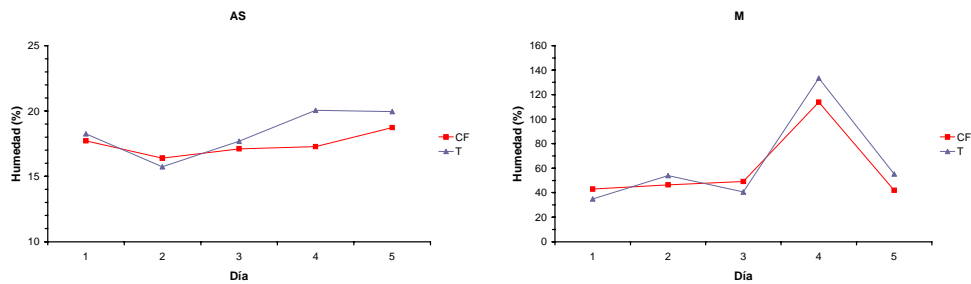
**Tabla 7–** Estadísticos descriptivos de las humedades de los combustibles (pct respecto a peso seco) observadas en radiata, así como de la temperatura, la humedad relativa, la nubosidad y los días sin lluvia durante la toma de muestras. N=número de datos, CF=clara fuerte, T=testigo.

Los resultados del análisis de varianza y del test de Tukey-Kramer indicaron diferencias significativas entre la humedad de los dos tipos de combustibles (AS y M) pero no entre un mismo combustible sometido a tratamientos distintos. La ligera reducción de la fracción de cabida de cubierta del arbolado en las parcelas tratadas frente a las testigo, en torno a un 8% en contraste con el 23% de la experiencia en Carballiño (*tabla 1*), así como la elevada nubosidad probablemente tengan que ver con este resultado. En la figura 5 se muestra la evolución de la humedad de las acículas y del mantillo a lo largo de los cinco días que duró la experiencia. El pico de humedad mostrado por el mantillo en el cuarto día ha de ser debido a la ocurrencia de precipitación aunque en la estación meteorológica más cercana (Guitiriz) no quedó registrada.

Se observaron correlaciones significativas, y con el signo apropiado, entre la humedad de las acículas, la temperatura, la humedad relativa y la nubosidad (*tabla 8*). El signo del coeficiente relativo a los días sin lluvia carece de sentido pues indica que



un incremento en los días sin llover provoca un incremento en la humedad. Esto refuerza la idea de que entre el tercer día y el cuarto llovió.



**Figura 5**– Variación de la humedad de las acículas de la superficie (AS) y del mantillo (M) a lo largo de los cinco días de la experiencia en Begonte. Todos los datos fueron tomados a primera hora de la tarde.

	Temperatura	Humedad relativa	Nubosidad	Días sin lluvia	N
AS	-0.5533**	0.6470**	0.5760**	0.4827**	30
M	-0.0484	0.2010	0.0727	0.0464	30

**Tabla 8**– Coeficientes de correlación de Pearson entre la humedad de los combustibles y las variables atmosféricas en Begonte. \*\* Indica significativo al 99%. N es el número de parejas de datos.

## Conclusiones

La influencia de la apertura de la masa sobre la humedad de los combustibles finos y sobre el mantillo hay que analizarlo en combinación con la nubosidad y los días transcurridos sin llover. Con tiempo soleado y cuando la humedad está controlada por el intercambio de vapor con la atmósfera se ha visto que una reducción en la fracción de cubierta de cubierta en torno al 20% implica una importante disminución de la humedad en los restos de la superficie y en el mantillo. Los cambios de humedad experimentados por los combustibles muertos conforme avanza el día en respuesta a la evolución de la temperatura y la humedad relativa han de ser tenidos en cuenta por su efecto sobre el comportamiento del fuego.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con cargo al proyecto de investigación PGIDIT02RFO29103PR “Estudio de las cortas de mejora (claras) en las masas de coníferas de Galicia”, financiado por la Secretaría Xeral de Investigación e Desenvolvemento de la Xunta de Galicia.

## Referencias bibliográficas

- Anderson, Hal E. 1990. **Moisture diffusivity and response time in fine forest fuels**. Can. J. For. Res. 20: 315-325.
- Chandler, Craig; Cheney, Phillip; Thomas, Philip; Trabaud, Louis; Williams, Dave. 1991. **Fire in forestry. Volume I: Forest fire behavior and effects**. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida. 298 p.

Cheney, Phillip. 1981. **Fire behaviour**. En: Gill, A.M.; Groves, R.H; Noble, I.R. ed. Fire and the Australian Biota. Canberra: Australian Academy of Science; 151-175.

Hatton, Thomas J.;Viney, Neil R. 1988. **Modelling fine, dead, surface fuel moisture**. En: Proceedings of Conference on Bushfire Modelling and Fire Danger Rating Systems. CSIRO. Cheney, N.P. y Gill, A.M ed. Canberra 11-12 July 1988; 119-125.

Kramer, C. Y.1956. **Extension of Multiple Range Tests to Group Means with unequal Numbers of Replications**. Biometrics 12:307-310.

Nelson, Ralph M. 2001. **Water Relations of Forest Fuels**. En: Johnson, Edward A; Miyaneshi, Kiyoko ed. Forest Fires Behavior and Ecological Effects. USA: Academic Press; 79-149.

Pook, E.W.; Gill, A.M.1993.**Variation of live and dead fine fuel moisture in *Pinus radiata* plantations of the Australian Capital Territory**. Int. J. Wildland Fire 3(3): 155-168.

Rothermel, Richard C.1972. **A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels**. Res. Paper. INT-115. Ogden, UT. Intermountain Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 40 p.

Rothermel, Richard C.; Wilson, Ralph A.; Morris, Glen A; Sackett, Stephen S. 1986. **Modeling moisture content of fine dead wildland fuels: input to the BEHAVE Fire Prediction System**. Res. Paper INT-359. Ogden, UT. Intermountain Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agricultura; 61 p.

Ruiz, Ana D. 2005. **La predicción de la humedad en los restos forestales combustibles; aplicación a masas arboladas en Galicia**. U. Politécnica de Madrid; 440 p. Tesis doctoral.

Ruiz, Ana D.; Vega, José A. 2005. **La humedad de los restos forestales combustibles en masas de *Pinus pinaster* y *Pinus radiata*; niveles alcanzados en masas de Galicia y fuentes de variación**. En “Libro de resúmenes, conferencias y ponencias del 4º Congreso Forestal Español”. SECF ed. Zaragoza 26 a 20 de septiembre de 2005.

SAS Institute Inc. 2004. **SAS/STAT® 9.1 User’s Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Scott, Joe H.; Reinhart, Elizabeth D. 2001. **Assesing crown fire potencial by linking models of surface and crown fire behavior**. Res. Paper RMRS-RP-29. Rocky Mountain Research Station, Fort Colling, CD, Forest Service, U.S. Department of Agricultura; 59 p

Tolhurst, Kevin G.; Cheney, N.P. 1999. **Synopsis of the knowledge used in prescribed burning in Victoria**. Melbourne: Department of Natural Resources and Environment; 97 p.

Van Wagner, C.E. 1977. **Conditions for the start and spread of crown fire**. Can. J. For. Res. 7: 23-24.

Villarino, Juan J. 1998. **Apuntes de selvicultura. Libro II**. E.P.S. Lugo. 322 p.