

EFECTO DE LA ESTRUCTURA EN MATORRALES DE *Ulex parviflorus* DE DIFERENTE EDAD EN LOS TRATAMIENTOS DE ROZA Y QUEMA CONTROLADA: IMPLICACIONES EN EL CONTROL DEL COMBUSTIBLE

M.J. Baeza, J. Raventos*, A. Escarre*, & R. Vallejo

CEAM. Parque tecnológico. C/ 4 Sector Oeste. Paterna. 46.980.Valencia. E-mail: jaime.baeza@ua.es

* Universidad de Alicante. Dept. Ecología. Facultad de Ciencias. Ap.99 Cp.03080 Alicante

RESUMEN

La proporción de combustible muerto depende de la edad de los matorrales, principalmente en especies como *Ulex parviflorus* que tienden a acumular material muerto. La edad de la vegetación es una variable sencilla que puede ser incluida en los programas de control del combustible y puede contribuir a reducir el riesgo de incendios en áreas con altas acumulaciones de combustible. El objetivo de este estudio es analizar los cambios estructurales con la edad de los matorrales y sus consecuencias en la aplicación de técnicas de control del combustible. El estudio era realizado en matorrales de diferente edad, en los que se aplicaron rozas y quemas controladas para la reducción del combustible. El aumento con la edad en la mayoría de las variables estructurales analizadas, contrasta con la disminución en la densidad aparente del combustible en los individuos más viejos. Las temperaturas máximas, velocidad de propagación e intensidad lineal disminuyen cuando aumenta la humedad de la vegetación. Sin embargo, nuestros resultados apuntan a que los cambios en la humedad total de la vegetación se deben en parte a la estructura del combustible. La supervivencia de los individuos después del tratamiento de roza se

debe a la distribución vertical del combustible en esta especie. Esta distribución del combustible varía con la edad de los individuos. Los resultados de nuestro estudio indican que tanto las quemas controladas como las rozas son dos técnicas de control del combustible que pueden estar limitadas en su uso, por la estructura y por tanto por la edad de los matorrales.

Palabras clave: Control del combustible, roza, quema experimental, estructura, edad, *Ulex parviflorus*.

INTRODUCCIÓN

La superficie total quemada en los últimos 20 años en la Comunidad Valenciana es de 600.232 ha de un total de 900.000 ha de superficie forestal. De la superficie quemada el 53.3% corresponde a bosques maduros de *Pinus halepensis* Mill. que ocupan el 80% del área forestal. La media anual de la superficie quemada es de 30.000 ha, el 3.4% de la superficie forestal total.

Al menos el 30% de la superficie forestal actual en la Comunidad Valenciana ocupan antiguos cultivos (CEAM 1997). Actualmente estos suelos suelen estar cubiertos por pina-

res maduros de *Pinus halepensis*. Con el abandono generalizado desde los años 50 hasta nuestros días de terrenos agrícolas sobre sustratos no consolidados (margas), los niveles de combustible en los bosques han aumentado considerablemente, favoreciendo el desarrollo de incendios forestales. En estas áreas es habitual encontrar matorrales de *Ulex parviflorus* Pourr. que se han regenerado por germinación tras el paso del fuego.

Ulex parviflorus es una especie germinadora estricta, con alta capacidad de germinación tras incendio que acumula cantidades importantes de biomasa muerta en estados maduros, de esta manera la probabilidad de nuevos incendios aumenta considerablemente.

Las técnicas de control de combustible, consisten fundamentalmente en perturbaciones (fuego, desbroce, defoliación, pastoreo etc.) sobre plantas o comunidades vegetales que genéricamente se denominan “indeseables”, a partir de las cuales se inician procesos de sucesión secundaria.

La roza y la quema controlada en áreas con alto riesgo de incendio son técnicas de gestión usualmente utilizadas en el control del combustible. Los estudios que analizan el efecto de estas prácticas de manejo en la supervivencia tras el fuego o la roza, son escasos (BRADSTOCK and MYERSCOUGH, 1988).

En los matorrales de *Ulex parviflorus* no se dispone de información del comportamiento del fuego para poder aplicar en los programas de gestión. La reducción del riesgo de incendio en estas áreas es prioritaria por lo que es necesario conocer el comportamiento del fuego y definir bajo qué condiciones bióticas y abióticas las quemas prescritas pueden ser controladas (FERNANDES, 1995). Esta información es básica para poder aplicar métodos de silvicultura preventiva y conocer las repercusiones de las quemas prescritas en las propiedades del suelo, regeneración de la vegetación, banco de semillas y la dinámica de las especies tras el fuego en estos matorrales.

En términos de control de combustible, el desbroce o roza actúa en las plantas con la pérdida total o parcial de tejidos. En este sentido el efecto es similar al impacto producido

por el pastoreo (herbivoría). En especies germinadoras estrictas como *Ulex parviflorus* se esperaría que la regeneración tras fuego se producirá principalmente mediante germinación de semillas, sin embargo se desconoce la existencia de otros mecanismos de regeneración, como respuesta a la perturbación producida por técnicas en el control del combustible como es el desbroce.

Los objetivos de este trabajo son analizar dos técnicas de control del combustible (roza y quema controlada) sobre matorrales en diferente estado de desarrollo: juvenil y maduro.

MATERIAL Y MÉTODOS

Medidas estructurales y de biomasa en relación a la edad

En un rango de edades 3-17 años, un total de 152 individuos de *Ulex parviflorus* fueron recolectados al azar. Previo a la separación del combustible en diferentes fracciones, se midieron las siguientes variables: longitud de la fracción viva y muerta del combustible. También se midieron algunas variables sencillas para el posterior cálculo del volumen: máxima altura, máxima cobertura y cobertura perpendicular.

En el laboratorio las plantas se separaron en fracciones de combustible vivo y muerto, así como en clases diamétricas dependiendo del diámetro de los tallos. Tallos menores y mayores de 6mm de diámetro. El material separado, se secó hasta peso constante en estufa de aire forzado durante 24 h. a 80°C.

El volumen por individuo se calculó según la forma geométrica del cono invertido de base elíptica $(D/2*d/2*\pi*h)/3$, donde D es la longitud de máxima cobertura, d es la longitud perpendicular a la anterior medida y h es la altura máxima del individuo. A partir de estos resultados y la biomasa se calculó la densidad aparente por individuo como una medida del estado de compactación de su biomasa.

La biomasa total y por fracciones se calculó por metro cuadrado en todos los matorrales como la suma de la biomasa de todos los

Tabla 1.- Comparación mediante ANOVA (media±ES) de diferentes variables que describen las características estructurales de los individuos estudiados en 3 matorrales de diferente edad. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0.001$)

Edad (años)	3	9	17
Altura total (cm)	49.40 (2.24) ^a	96.43 (5.24) ^b	151.02 (6.16) ^c
Longitud necromasa (cm)	7.37 (0.46) ^a	78.54 (4.48) ^b	134.01 (5.70) ^c
Longitud biomasa (cm)	42.03 (2.17) ^a	17.93 (1.40) ^b	17.01 (1.10) ^b
Biomasa (kg/m ²)	0.86 (0.06) ^a	2.97 (0.18) ^b	2.20 (0.20) ^c
Volumen (m ³)	0.005 (0.0007) ^a	0.08 (0.03) ^b	0.20 (0.07) ^c
Densidad aparente (kg/m ³)	5.11 (0.25) ^a	9.59 (0.49) ^b	4.42 (0.41) ^a

individuos, después de aplicar ecuaciones de regresión calculadas previamente. La biomasa del resto de especies incluyendo la hojarasca era determinada en 2 sub-parcelas de 2 X 2m. seleccionadas al azar.

Quemas experimentales

Se seleccionaron matorrales de *Ulex parviflorus* en diferente estado de desarrollo, regenerados a partir de antiguos incendios (3, 9 y 12 años). En estos matorrales se realizaron quemas experimentales en parcelas de 33 x 33 m, replicadas 3 veces por edad. En total se estudiaron nueve quemas de las que cinco se realizaron en primavera de 1994, una en otoño de 1994 y otras tres en otoño de 1996 (Tabla 3).

Por medio de una estación meteorológica se midió cada 15 minutos la temperatura ambiental y la humedad relativa a 2 m de altura. Los quemas se realizaron bajo rigurosas medidas de control, con velocidades de viento entre 4-7 Km/h.

Antes de las quemas se midieron los recubrimientos de la vegetación por el método de la línea interceptada. La humedad del suelo se obtuvo de 16 muestras tomadas al azar entre 0-5 cm de profundidad. El contenido de humedad de la vegetación era obtenido de 10 muestras de las especies más abundantes. *Ulex parviflorus* era separado en 3 fracciones de combustible: vivo, muerto y leño.

Durante las quemas experimentales se registraron las temperaturas cada minuto en 4 puntos separados 15 m. En cada punto se midieron las temperaturas a diferentes alturas en la vegetación (0, 25, y 100 cm). En el suelo las temperaturas se registraron a 2.5 cm de profundidad.

La velocidad de propagación se calculó en dos puntos distintos en cada quema a partir de pértigas en las que se conocían las distancias de separación.

La intensidad del frente (I) (kW m⁻¹) se calculó mediante la ecuación de BYRAM (1959):

$$I = HWR$$

donde H es el calor de combustión del combustible en Jg⁻¹, W es la cantidad de combustible (descontando el no consumido por el fuego) por unidad de área (g m⁻²) y R es la velocidad de propagación en m s⁻¹.

Efecto de la roza en la mortalidad de individuos

El efecto de la roza en la mortalidad de individuos de *Ulex parviflorus* se analizó en matorrales de 3 años (Bañeres, Confrides y Castell) en mayo de 1995, un año después de la aplicación de la roza. En 10 sub-parcelas de 1m² distribuidas al azar se anotó el número de individuos vivos y muertos en cada localidad para evaluar el efecto de la roza.

Tabla 2.- Evolución de la biomasa y comparación (media \pm ES) (g/m^2) en un gradiente de edad 3,9, y 17 años. Para *Ulex parviflorus* se incluyen las diferentes fracciones de su fitomasa. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.001$)

		3 años	9 años	17 años
<i>Ulex parviflorus</i>				
Fracción muerta	ramas finas	25.58 (1.60) ^a	1580.29 (106.19) ^b	1356.46 (66.94) ^b
	ramas gruesas	-	70.25 (2.97) ^a	145.98 (7.61) ^b
Fracción viva	ramas finas	489.74 (31.35) ^a	462.07 (21.09) ^a	388.80 (16.25) ^a
	ramas gruesas	26.57 (2.48) ^a	773.27 (86.71) ^b	1759.88 (87.84) ^c
Total		541.89 (34.95) ^a	2885.91 (213.69) ^b	3651.13 (177.70) ^b
Fitomasa total		1335.44 (154.56) ^a	4058.72 (437.93) ^b	5908.33 (150.83) ^c

En los individuos adultos de *Ulex parviflorus* una gran proporción de la biomasa, incluso ramas secundarias mayores de 0.5 cm de diámetro mueren ocupando los estratos inferiores, limitándose la fracción de biomasa viva a la parte superior de la planta.

Se partió de la hipótesis de que la mayor o menor altura de corte de la máquina desbrozadora tiene efectos directos (mortalidad) en los individuos de *Ulex parviflorus*, debido a la pérdida de tejido fotosintetizador. Esta hipótesis se testó a partir de 180 individuos seleccionados al azar (60 por parcela) de los cuales 90 correspondieron a individuos vivos y 90 a individuos muertos. Para ello se analizaron diferentes variables relacionadas con la estructura de los individuos: altura de la roza y diámetro del tallo. Se consideró que la altura de la biomasa muerta era una variable relevante, debido a que influye en la mayor o menor disponibilidad de biomasa fotosintética, dependiendo de la altura de la roza. Para esto se realizó un muestreo más detallado en el que se midieron 306, 195 y 131 individuos en Bañeres, Confrides y Castell respectivamente.

Análisis de datos

Se compararon mediante análisis de la varianza de un factor las variables estructurales dimensionales (sencillas y complejas) y la

biomasa en relación a la edad del matorral.

Mediante ANOVAS se analizó la relación existente entre intensidad y velocidad de propagación con la edad del matorral. Raíz cuadrada y transformación logarítmica (logaritmo natural) eran las transformaciones utilizadas usualmente para homogeneizar las varianzas (SOKAL and ROHLF 1995). La posterior comparación de medias era realizado por el test LSD.

Se exploró la relación de la velocidad de propagación con parámetros climáticos (T^a ambiente, H^a ambiental, H^a vegetación, H^a suelo, etc) y estructurales de la vegetación (cobertura, altura y biomasa). Para ello, se usaron técnicas de regresión múltiple por pasos (stepwise). Siguiendo esta misma técnica se ha relacionado la temperatura máxima en la vegetación y el suelo con los mismos parámetros anteriores.

El efecto de la roza se comparó entre individuos vivos y muertos a partir de la altura de la roza y el diámetro de los tallos, mediante ANOVA de un factor.

A partir del test de independencia del Chi-cuadrado se analizó la relación existente entre el factor altura de la roza con dos niveles (por encima o bajo la altura de la biomasa muerta) por si el valor que tome esta variable condiciona los valores que tome el factor supervivencia con los niveles vivo o muerto.

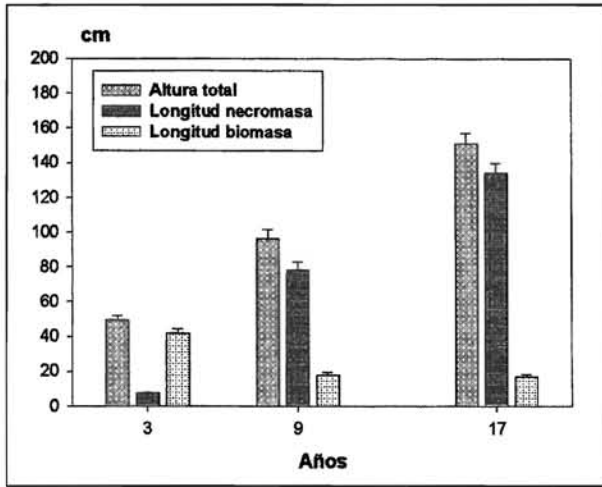


Figura 1.- Evolución de altura y longitud de las fracciones de biomasa y necromasa en individuos de *Ulex parviflorus* en un gradiente de edades (3,9 y 17 años)

RESULTADOS

Relaciones estructurales en *Ulex parviflorus* en matorrales de distinta edad

Ulex parviflorus presenta un incremento significativo con respecto a la edad en las siguientes variables: altura total, longitud de necromasa y volumen (Tabla 1).

La longitud de la fracción verde del combustible (biomasa) en los individuos de 3 años es la mayor y presenta diferencias significativas con respecto a 9 y 17 años, pero no entre estos últimos (Tabla 1, Fig. 1)

Cuando analizamos las variables que rela-

cionan volumen (Fig.2A, Tabla 1) con la biomasa de los individuos es decir, densidad aparente (kg/m^3) como una medida del nivel de compactación del combustible observamos que es mayor significativamente en los individuos de 9 años mientras que los individuos de 3 y 17 años, tienen similares densidades aparentes (Fig.2B, Tabla 1).

La biomasa total aumenta significativamente de una media de $1335.4 \pm 154.5 g/m^2$ a los 3 años hasta $4058.72 \pm 437.9 g/m^2$ en 9 años y $5908.33 \pm 150.8 g/m^2$ a los 17 años tras el fuego (Tabla 2).

Del análisis de distribución de biomasa entre fracciones vivas y muertas y clases de tamaño resulta que solamente las ramas finas de la fracción viva no presentan diferencias significativas con la edad del matorral (Fig.3 Tabla 2). Tanto las ramas gruesas de las fracciones viva y muerta como las ramas finas de la fracción muerta presentan diferencias significativas en relación a la edad del matorral, aunque no se encuentran diferencias entre los matorrales de 9 y 17 años de esta última fracción (Fig.3, Tabla 2).

En los matorrales de 3 años el mayor componente de la biomasa son las ramas finas de la fracción viva con $489.74 g/m^2$ que supone el 91.78% de la biomasa en *Ulex parviflorus*. Es interesante resaltar que a los 3 años las ramas gruesas muertas son inexistentes. En el matorral de 9 años, la clase de ramas finas de la fracción muerta es mucho mayor que el

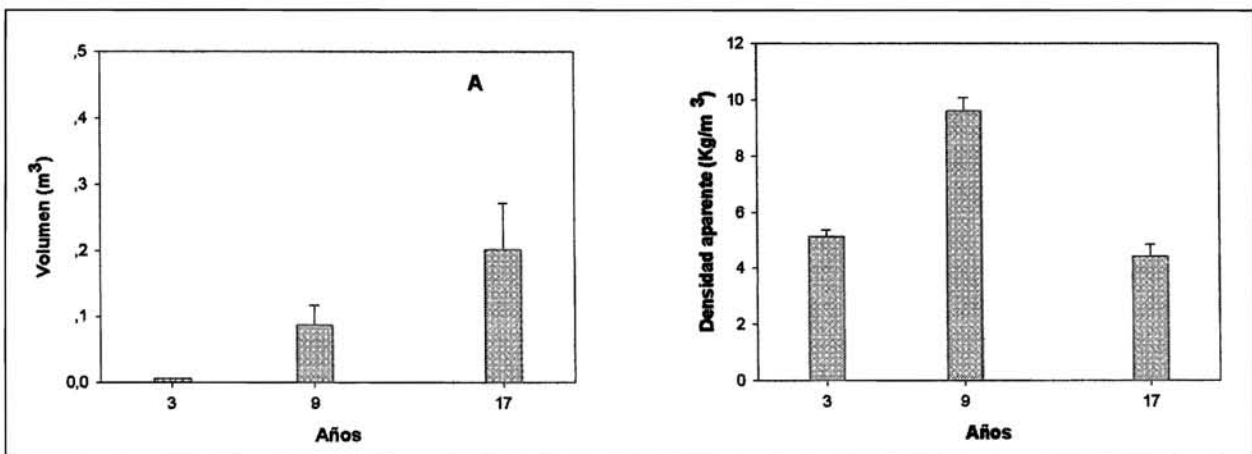


Figura.2.- Evolución del volumen (A), densidad aparente (B), en individuos de *Ulex parviflorus* en un gradiente de edades (3,9 y 17 años)

Tabla 3.- Características descriptivas de las variables ambientales, estructurales y del comportamiento del fuego en las nueve quemas experimentales

	Bañeres	Confrides	Castell	Onil	Alcoy	La Torre	Onil 1	Onil 2	Onil 3
Pendiente (°)	13-16	9-22	1-6	25	1-4	15-17	26	26	27
Edad (años)	3	3	3	9	9	9	12	12	12
Estación	P	P	P	P	P	O	O	O	O
Altura Veg. (cm)	39.88	48.97	58.32	90.8	104.6	128.6	123.4	128.2	134,4
Hª. Vegetación. (%)	85.4	59.2	67.6	21.9	32.4	43.5	50	40	70
Hª. Suelo (%)	4.8	4	3.45	8.4	7.6	32.9	26.5	13.6	18.8
Hª. Ambiental (%)	83	21	27	10	10	93	82	67	93
Tª. Ambiente (°C)	17.8	26.1	28.5	27.2	30.2	18.2	18.9	11.8	14
Cobertura (%)	77.2	89.6	52	100	82.4	100	98.9	100	98.9
Intensidad Kw ^m - ¹)	82.4	101.4	244.2	2499.7	947.3	1244.8	1438	1037.4	970
Veloc. prop. (ms ⁻¹)	0.004	0.005	0.008	0.039	0.013	0.019	0.029	0.011	0.011
** Tm (-2.5 cm)	48.3	49.98	70.53	43.08	40.35	25.2	35.7	43.13	36.5
** Tm (0 cm)	167.3	194.3	412.3	532.8	672.2	296.5	342.7	400.5	237.8
** Tm (25 cm)	76.78	241.7	411.1	652.3	515.3	381	549.2	516	491.2
** Tm (100 cm)	121.4	178.3	298.6	727.3	424.9	562.4	406.3	130.3	389.3
** Temperaturas máximas (°C)									

Tabla 4.- Regresión múltiple por pasos (stepwise) que relaciona las variables dependientes con: a) Temperaturas máximas en el suelo y a diferentes alturas en la vegetación ; b) Velocidad de propagación; n= número de réplicas; Tm= Temperatura máxima (°C), R= Velocidad de propagación (m s⁻¹), Ms= Humedad del suelo (%), Mf= Humedad del combustible (%).

a) Altura	Regresión	R ²	Significación	n
-2,5 cm	Tm = 50,4 - 0,723 Ms	0,431	0,0003	26
0 cm	Tm = 719,7 - 7,2 Mf	0,473	0,0001	26
25 cm	Tm = 802,9 - 7,82 Mf	0,473	0,0001	21
100 cm	Tm = 769,3 - 7,82 Mf	0,370	0,0010	26
b)	R = 0.03677- 0,000407 Mf	0,487	0,0041	9

resto de clases de tamaño con 1580.29 g/m². Esto representa el 55.62% de la biomasa de *Ulex parviflorus*. En la comunidad senescente (17 años) las fracciones más representadas

son ramas finas muertas y ramas gruesas vivas con 1356.46 g/m² y 1759.88 g/m² que suponen el 36.89% y 46.75% respectivamente de la fitomasa total en *Ulex parviflorus*.

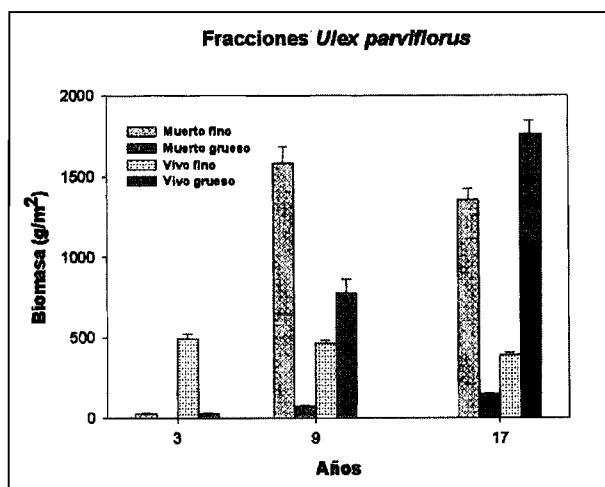


Figura 3.- Evolución de diferentes fracciones de biomasa en Ulex parviflorus en matorrales de diferente estado de desarrollo tras el fuego

Quemas experimentales

En la Tabla 3 se muestran las principales características tanto climáticas como estructurales del combustible en las que se desarrollaron las quemas experimentales. Se presentan también los resultados del comportamiento del fuego: velocidad de propagación, intensidad lineal del frente y las temperaturas máximas a diferentes alturas.

a) Temperaturas máximas

Se relacionaron las temperaturas máximas registradas en cada uno de los niveles (-2.5, 0, 25 y 100 cm) en las 9 quemas experimentales (de 3 edades diferentes) con los parámetros estructurales de cada matorral y con las condiciones climáticas (Tabla 3). Los modelos de regresión múltiple por pasos, tanto para las temperaturas máximas en el suelo como en diferentes alturas de la vegetación (0, 25 y 100 cm), seleccionan únicamente la humedad del suelo y la humedad de la vegetación. Los resultados del análisis se muestran en la Tabla 4.

b) Humedad de la vegetación

Un primer aspecto que afecta a la humedad de la vegetación, son las condiciones climáti-

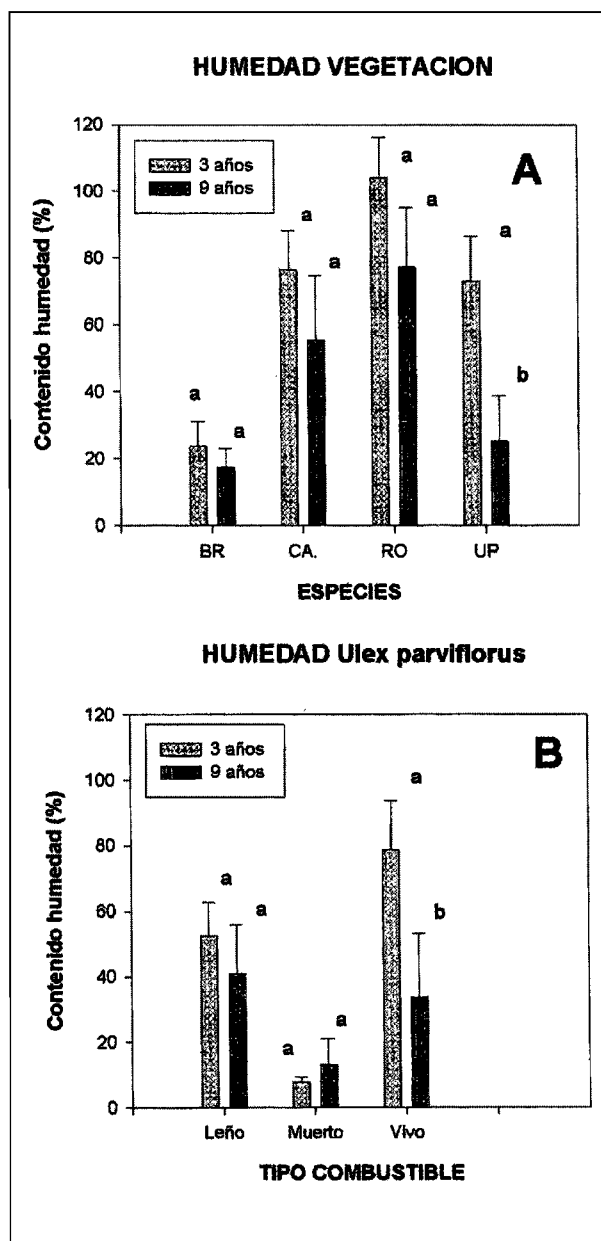


Figura 4.- Porcentaje de humedad (media \pm ES) en matorrales jóvenes (3 años) y maduros (9 años). A) Porcentaje de humedad de las especies más frecuentes. B) Porcentaje de humedad por fracciones en Ulex parviflorus. Diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0.001$) en el ANOVA. Las abreviaturas corresponden a: BR= Brachypodium retusum, CA= Cistus albidus, RO= Rosmarinus officinalis, UP= Ulex parviflorus

cas previas a la quema. Los matorrales de 3 y 9 años (excepto la parcela de Torremanzanas) fueron quemados en primavera, tras un largo periodo sin lluvias.

Tabla 5.- Características estructurales al año de la aplicación del tratamiento de roza. Comparación por ANOVA (medias±ES) (n=90). Letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.01)

	Vivos	Muertos
Altura roza (cm)	17.95 ± 7.13 ^a	9.26 ± 3.59 ^b
Diámetro (cm)	0.60 ± 0.18 ^a	0.54 ± 0.10 ^a

Por el contrario, las quemas de 12 años, se realizaron transcurridos 3-6 días de las primeras lluvias otoñales. La humedad total del combustible entre los matorrales de 3, 9 y 12 años muestra diferencias significativas entre los matorrales de 3 y 9 años. Los matorrales maduros (12 años) no se diferencian de los anteriores.

Para los matorrales de *Ulex parviflorus* de 3 y 9 años (quemados en primavera), hemos comparado la humedad de cada especie presente en el matorral. (Fig. 4A). La humedad de *Brachypodium retusum* es la más baja de todas las especies con 23% en 3 años y 17% en 9 años. Tanto *Rosmarinus officinalis* como *Cistus albidus* presentaron altos porcentajes de humedad (60-100%). En ninguna de estas especies se observaron cambios significativos en los porcentajes de humedad entre 3 y 9 años. En el caso del *Ulex parviflorus* se observa una disminución significativa en el porcentaje de humedad de los individuos pasando de 73% en etapa juvenil al 25% en las maduras (Fig. 4B).

Cuando analizamos los contenidos de humedad por fracciones en *Ulex parviflorus* observamos, una disminución significativa del 45% del porcentaje de humedad con la edad en el combustible vivo (79% en 3 años, 34% en 9 años). El contenido de humedad tanto de la fracción leñosa como muerta no presentan diferencias significativas con respecto a la edad (Fig. 4B).

c) Velocidad de propagación

La velocidad de propagación en los aulagares de 3 años, presenta valores significativamente menores que los de 9 y 12 años. Entre los matorrales maduros (9 y 12 años) no se

han encontrado diferencias significativas

En cuanto a la velocidad de propagación, mediante regresiones múltiples por pasos, hemos determinado qué elementos climáticos o del combustible son los responsables de las diferencias observadas. El modelo general resultante nos presenta a la humedad de la vegetación como el factor determinante de estas diferencias (Tabla 4).

d) Intensidad lineal del fuego

La intensidad lineal del frente en las quemas experimentales varía significativamente con la edad del aulagar. Los valores obtenidos para 3 años (123,6 kWm⁻¹) fueron significativamente menores que los de 9 (1433,3 kWm⁻¹) y 12 años (1027,4 kWm⁻¹) no encontrándose diferencias significativas entre los dos últimos.

Efecto de la roza en la mortalidad de individuos

A partir de un total de 315 individuos, la roza elimina el 46,09% de la población, quedando una alta proporción de individuos vivos (53,89%).

Para averiguar si existía alguna diferencia estructural entre los individuos vivos y muertos, un año después de la aplicación del tratamiento de roza, se midió el diámetro, el cual no presentó diferencias significativas entre individuos vivos y muertos (Tabla 5).

Posteriormente se testó la hipótesis de la altura de la roza como elemento clave en la mortalidad de los individuos, encontrándose que la altura de la roza afectó muy significati-

Tabla 6.- Resultados del Test de independencia del χ^2 para H_0 = independencia de factores altura de la roza y altura fitomasa muerta en la mortalidad de las plantas de *Ulex parviflorus*

	χ^2_{exp}	χ^2_{α}	g.l	Sig.
Bañeres	19.46	10.8	1	0.001
Confrides	21.43	10.8	1	0.001
Castell	11.73	10.8	1	0.001

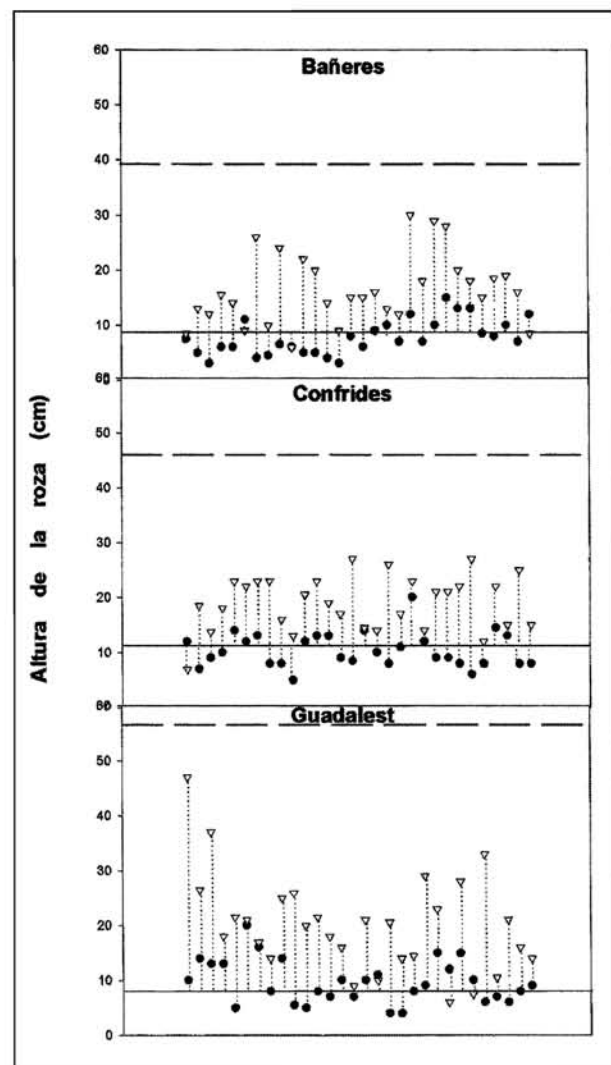
vamente la supervivencia de los individuos, siendo del orden de dos veces superior los individuos vivos frente a los muertos (Tabla 5). La altura de la roza se puede interpretar como un diferente grado de intensidad en la perturbación, por lo que existe una relación inversa entre altura de la roza y mortalidad en las plantas de *Ulex parviflorus* que se relaciona claramente con la distribución vertical de la biomasa (viva y muerta) en esta planta. Esto está sintetizado en la figura 5 que muestra la distribución de los individuos vivos y muertos según la altura de la roza en las tres zonas estudiadas, así como la altura media de la biomasa muerta de los individuos previamente al tratamiento.

El test χ^2 confirma la alta dependencia de los dos factores analizados (altura de la roza, altura de la necromasa) con un alto nivel de significación (Fig. 5 y Tabla 6). En las 3 zonas estudiadas se rechaza la hipótesis nula de independencia de factores por lo que se concluye que la mortalidad de las plantas de *Ulex parviflorus* depende de si el tratamiento de roza se realiza por debajo del nivel de la biomasa muerta o bien la probabilidad de supervivencia es alta si el tratamiento se realiza por encima de este mismo nivel.

Figura 5.- Distribución de los individuos vivos (triángulos claros) y muertos (círculos negros) según la altura de la roza un año después del tratamiento. La línea horizontal continua indica la altura media de la biomasa muerta previamente al tratamiento: Bañeres=8.98±4.45, n=306; Confrides=11.18±4.68, n=195; Castell=8.07±4.12, n=131. La línea horizontal discontinua indica la altura media total antes del tratamiento: Bañeres=39.25±15.3, n=30; Confrides=47.45±17.66, n=30; Castell=58.43±18.8, n=30

DISCUSIÓN

Las características estructurales descritas en los matorrales de diferente edad estudiados, aportan un conocimiento sobre los cambios producidos en la biomasa y ayudan a



explicar cómo estos cambios estructurales pueden influir en las técnicas de control del combustible (quema controlada y roza).

La alta densidad de individuos así como un aumento de la ocupación del espacio (volumen) con la edad, implica un crecimiento horizontal continuo (PEREIRA et al 1995) dando como resultado un aumento del nivel de combustibilidad y por lo tanto una mayor velocidad de propagación (PAPIÓ and TRABAUD, 1990).

La altura total del combustible y la altura de la necromasa aumentan con la edad. TRABAUD (1979) encontró que la altura del combustible y la distribución de la fracción muerta influye en la altura de las llamas y por lo tanto en la probabilidad del paso de un fuego de superficie a fuego de copas (CHANDLER et al. 1983). Por otra parte HOBBS and GIMINGHAM (1984) puntualizan que la altura de la vegetación es una función de la edad, y cambios en la altura se acompañan con cambios en la disponibilidad y distribución del combustible.

La densidad aparente es la primera variable que determina el estado de compactación del combustible (BROWN, 1981). Esta variable interviene en la eficiencia de la transferencia de calor en el complejo de combustible (CHANDLER et al. 1983) al aportar una estima de su estado de aireación. La disminución de la densidad aparente en los individuos más viejos (17 años) confirmaría las conclusiones apuntadas por ARMAND et al. (1993) a partir de los trabajos bibliográficos en los que observa una disminución de la densidad aparente con la edad. La transferencia de calor a través del complejo del combustible puede ser drásticamente reducida debido a sus altos niveles de compactación como se observó en los matorrales de 9 años (RIGGAN et al. 1988, CHANDLER et al. 1983). En *Ulex parviflorus* el nivel de compactación es debido básicamente a la alta cantidad de filodios y ramas finas de diámetros inferiores a 6 mm. en el combustible de esta especie. ARMAND et al. (1993) y BURGAN and ROTHERMEL, (1984) señalan que las mayores densidades aparentes se corresponden con altas intensidades en los incendios debido a que estos elementos finos están

suficientemente próximos para propagar el fuego y permiten una suficiente ventilación en la combustión. En *Ulex parviflorus* encontramos muy bajos niveles de material fino muerto en la primera etapa (3 años) resultando en bajos niveles de riesgo de incendio. En individuos de 9 años, el porcentaje de este material alcanza el 55.6% de la biomasa en esta especie. Este tipo de material se calienta rápidamente disminuyendo así el tiempo de ignición y favoreciendo la velocidad de propagación (PAPIÓ and TRABAUD, 1991).

La biomasa total tiene una influencia directa en la intensidad de fuego (Papió and Trabaud 1991, BESSIE and JOHNSON, 1995). En nuestros resultados, señalan una alta relación entre edad y biomasa ($r^2=88.33$, $n=15$, $P<0.001$) que se traduce en una mayor intensidad lineal del frente del incendio en las comunidades maduras (860-2310 Kw m⁻¹) en relación a las juveniles (69-213 Kw m⁻¹). Mediante modelos de simulación en los que se ha analizado la influencia de la edad en la intensidad del fuego, se ha observado que esta aumenta con la edad del matorral (ROTHERMEL and PHILPOT, 1973, MALANSON and TRABAUD, 1985).

Los incendios desarrollados en primavera son más intensos en las comunidades adultas (9 años). En etapas avanzadas del matorral (9 y 12 años) se observa una disminución en las intensidades a los 12 años, a pesar de que hay un aumento de la cantidad de combustible disponible. Esto es debido a las condiciones climáticas en que se realizaron las quemas. Estas se hicieron en otoño en un rango de temperatura de 11-18 °C y con alta humedad ambiental (70-90%).

Otro factor clave está relacionado con la humedad de la vegetación en el momento de las quemas. La baja humedad observada tanto en la fracción viva como en la muerta junto con el alto porcentaje de esta especie en el conjunto del complejo de combustible, explicaría que estos matorrales tengan valores totales de humedad tan bajos, especialmente en la comunidad de 9 años. Otro factor que contribuye a esta baja humedad del combustible es que la fracción viva de *Ulex parviflorus* Pourr. disminuye su contenido de

humedad en los matorrales maduros. Las especies con mayor humedad están pobremente representadas en el conjunto del matorral, por lo que contribuyen muy poco a la humedad total.

Otra técnica usualmente utilizada en el control del combustible es la roza. Nuestros resultados indican que la altura de la roza y por lo tanto el diferente grado de perturbación, afectó significativamente la supervivencia de los individuos rozados. La alta dependencia encontrada entre la altura de la roza y la altura de la biomasa muerta podría explicar la mortalidad de los individuos. Es decir la mortalidad de estos individuos dependió de la relación biomasa verde y necromasa, en la distribución vertical de la biomasa aérea total. SILVA and RAVENTÓS (1998) trabajando con gramíneas, observaron que las especies con rizomas y meristemos laterales profundos (*Leptocoryphium lanatum*) eran las menos afectadas por la pérdida de biomasa aérea y que las especies con meristemos a nivel del suelo (*Andropogon semiberbis*). Si la roza no deja ninguna fracción verde *Ulex parviflorus* no dispone o es incapaz de formar yemas adventicias en la fracción de biomasa muerta o en estructuras lignificadas como los tallos, por lo que estos individuos mueren debido a que esta especie no rebrota.

A partir de los datos estructurales de *Ulex parviflorus* se observó una alta correlación entre edad de los individuos y altura de la necromasa ($r^2=0.85$; $P<0.01$; $n=151$). La efectividad en la aplicación del tratamiento depende de la etapa de desarrollo de la especie y por lo tanto cuando la altura de la necromasa sea superior a la altura de la roza la efectividad es máxima. La técnica de roza en los aulagares jóvenes no elimina todas las plantas de *Ulex parviflorus* por lo que estos matorrales se restauran nuevamente. No obstante, en comunidades maduras (9 años) la efectividad del tratamiento de roza en la eliminación de los individuos es del 100%.

La efectividad a largo plazo de las técnicas de control de combustible en los matorrales de *Ulex parviflorus*, dependen de la biología de esta especie. Es decir, su eficacia es función de los cambios en los distintos compo-

nentes de la estructura vertical que se dan en el tiempo, así como del momento de su aplicación.

En general, tanto la roza como la quema controlada son técnicas eficaces en el control del combustible que disminuyen considerablemente la carga de biomasa disponible. Sin embargo, las quemas controladas en los aulagares pueden tener un doble efecto. Por un lado, eliminan un alto porcentaje de individuos de la comunidad incluso en quemas de baja intensidad. Por otro, estimulan la germinación de las semillas del suelo, lo que hace posible el reclutamiento de nuevos individuos capaces de regenerar nuevamente el aulagar.

La desbrozadora también tiene un doble efecto contradictorio, por un lado elimina individuos y por otro abre espacios vacíos disminuyendo la competencia a la vez que remueve el suelo facilitando la germinación y la instalación de esta especie.

Por lo tanto, a largo plazo estas técnicas podrían ver disminuida su eficacia debido a estos efectos si no se tiene en cuenta la biología de la especie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMAND, D., M. ETIENNE, C. LEGRAND, J. MARECHAL and J.C. VALETTE. 1993. Phytovolumen, phytomasse et relations structurales chez quelques arbustes méditerranéens. *Ann. Sci. Forest.* 50, 79-89.
- BESSIE, W.C. and E.A. JOHNSON. 1995. The relative importance of fuels and weather on fire behavior in subalpine forests. *Ecology*, 76 (3): 747-762.
- BRADTOCK, R.A. and P.J. MYERSCOUGH. 1988. The survival and populations response to frequent fires of two woody resprouter *Banksia serrata* and *Isopogon anemonifolius*. *Aus. J. Bot.* 36: 415-431.
- BROWN, J.K. 1981. Bulk densities of nonuniform surface fuels and their applications to fire modeling. *Forest Science* 27(4): 667-683.

- BURGAN, R.E. and R.C. ROTHERMEL. 1984. Behave: fire behavior prediction and fuel modeling system-Fuel subsystem. USDA, For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-167, Intermt. For. and Range Exp. Stn., Ogden, UTAH.
- BYRAM, G.M. 1959. *Combustion of forest fuels*. Forest fire: Control and Use (de. K.P.Davis), pp. 61-89. McGraw-Hill, New York.
- CEAM, 1997. *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana*. R. Vallejo (De.) Valencia. 601 pp.
- CHANDLER, C., P. CHENEY, P. THOMAS, L. TRABAUD, and D. WILLIAMS. 1983. *Fire in forestry*. Forest fire behavior and effects. John Wiley & Sons, New York.
- FERNANDES, P.A. and J.P. PEREIRA 1993. Caracterizaçao de combustíveis na Serra da Arrábida. *Silva Lusitana* 1(2):237-260.
- HOBBS, R.J. and C.H. Gimingham. 1984. Studies on fire in Scottish heathland communities. *Journal of Ecology*. 72: 223-240.
- MALANSON, G.P. and L. TRABAUD, 1988. Computer simulations of fire behaviour in garrige in South France. *Applied Geography*.8: 53-64.
- PAPIÓ, C. and L. TRABAUD. 1990. Structural characteristics of fuel components of five Mediterranean shrubs. *Forest Ecology and Management*. 35:249-259.
- PAPIÓ, C., and L. TRABAUD. 1991. Comparative study of the aerial structure of five shrubs of Mediterranean shrublands. *Forest Science*.37(1):146-159.
- PEREIRA, J.M., N.M. SEQUEIRA, and J.M. CARREIRAS. 1995. Structural properties and dimensional relations of some Mediterranean shrub fuels. *International Journal of wild-land fire*. 5(1):35-42.
- RIGGAN, P.J., S. GOODE., P.M. JACKS, and R. N. LOCKWOOD. 1988. Interaction of fire and community development in chaparral of southern California. *Ecological Monographs*. 58(3): 155-176.
- ROTHERMEL, R.C. and C.W. PHILPOT. 1973. Predicting changes in chaparral flammability. *Journal of Forestry*. 71: 640-643.
- SILVA J.F. and J. RAVENTÓS. 1998. The effects of end of dry season shoot removal on the growth of three savanna grasses with different phenologies. *Biotrópica*.
- SOKAL, R.R. and F.J. ROHLF. 1995. *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. 3rd de. W.H. Freeman and Co.
- TRABAUD, L. 1979. Etude du comportement du feu dans la garrigue de Chêne kermes à partir des températures et des vitesses de propagation. *Annales des Sciences Forestieres*. 36 (1), 13-38.