

# REDUCCIÓN DEL COMBUSTIBLE EN MATORRALES CON ALTO RIESGO DE INCENDIO: ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS EMPLEADAS A MEDIO-LARGO PLAZO.

BAEZA<sup>1</sup>, M.J.; VALDECANTOS<sup>1,2</sup>, A.; BELDA<sup>2</sup>, J.; MATA<sup>2</sup>, C. y MARTÍN<sup>3</sup>, M.

<sup>1</sup> Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM). C/ Charles R. Darwin, 14. Parque Tecnológico, 46980 Paterna. Valencia. Spain.

<sup>2</sup> Dept. Ecosistemas Agroforestales, EPS Gandía, Universidad Politécnica de Valencia.

<sup>3</sup> Dept. Química, EPS Gandía, Universidad Politécnica de Valencia.

Autor para correspondencia M.J. Baeza. mail: jaime.baeza@ua.es

Mesa temática 6: Protección contra los incendios forestales.

## Resumen

Los aulagares de *Ulex parviflorus* presentan una amplia distribución en la vegetación Mediterránea del Este de España. Esta especie acumula combustible muerto en pie, por lo que presentan alto riesgo de incendio, especialmente durante el verano. La aplicación de técnicas de control del combustible en estos matorrales es necesaria para reducir el riesgo de incendios no programados. En esta investigación se analiza el estado de la vegetación a los 9 años tras el manejo de la vegetación en matorrales en diferente estado de desarrollo (3 y 9 años). Las dos técnicas aplicadas son el desbroce mecánico y la quema controlada. Una tercera parcela en la que no se aplicó tratamiento alguno sirvió como control. Los resultados de esta investigación muestran que los tratamientos aplicados fueron muy efectivos en el control del combustible, sin embargo la posterior regeneración de la vegetación estuvo asociada a la edad del matorral (mayor en los matorrales jóvenes) y, en menor medida, a los tratamientos aplicados. Los matorrales jóvenes tratados vuelven a estar dominados por *Ulex parviflorus* mientras que en los maduros la vegetación cambia hacia *Cistus albidus*. En los matorrales no tratados la tendencia es a ser dominados por *Rosmarinus officinalis* especialmente los matorrales maduros. El estado nutricional (P y K) de los individuos de *Ulex parviflorus* y *Cistus albidus* disminuyó con los tratamientos de control del combustible y con la edad del matorral en el momento de la actuación.

**Palabras clave:** *Cistus albidus*, Concentración foliar de nutrientes, Estados sucesionales, Regeneración, Riesgo de incendio, *Ulex parviflorus*.

## INTRODUCCIÓN

El manejo de la vegetación mediante la aplicación de diferentes técnicas como el desbroce (en sus diferentes formas: manual o mecánico), quemas prescritas, herbicidas, control biológico etc, para la reducción del riesgo de incendio se basan en la eliminación de la vegetación susceptible de ser quemada en un incendio descontrolado no programado (normalmente en verano). Estas actuaciones se fundamentan en el hecho de que la vegetación es el único factor sobre el que técnicamente se puede actuar, frente a la meteorología o el relieve, como medidas preventivas en la incidencia de los incendios forestales.

Algunas investigaciones han analizado el efecto de las quemas prescritas o la regeneración post-incendio en matorrales dominados por especies rebrotadoras, y han destacado su alta capacidad resiliente tanto en estructura como en composición (TRABAUD, 1992; CLEMENTE et al., 1996; WHITTLE et al., 1997; CALVO et al., 1998). Por otro lado, el fuego en ecosistemas mediterráneos puede suponer una pérdida de fósforo y potasio del 60 % (Trabaud, 1994), si bien moviliza en el corto plazo una fracción de nutrientes que estaba secuestrada en la vegetación. Hasta la fecha los tratamientos de reducción de combustible se aplican sin considerar la respuesta de las especies implicadas y cómo van a responder desde el punto de vista morfológico y nutricional.

Las comunidades vegetales con escasa presencia de especies arbustivas rebrotadoras y, por lo tanto, con menor capacidad de regeneración están ampliamente distribuidas en la vertiente mediterránea. Matorrales como los aulagares y romerales se consideran altamente susceptibles a los incendios debido a la inflamabilidad de las especies que la componen. Ambos factores contribuyen a que estas comunidades se consideren de alto riesgo de degradación. Recientemente algunos estudios han puesto en duda la capacidad resiliente, y por lo tanto la estabilidad de matorrales mediterráneos formados por genistáceas como *Cytisus eriocarpus* (FARACO, 1998), o bien en matorrales atlánticos dominados por *Calluna vulgaris* (HOBBS & GIMINGHAN, 1984). Estos estudios muestran que la respuesta de estas comunidades no son del tipo autosucesional, en el sentido de HANES (1971), y por lo tanto se podría hablar de cambios degradativos en la vegetación por efecto de los incendios u otras perturbaciones

Debido a la escasa información existente en relación a los efectos que tienen los programas de reducción de combustible, tanto desde el punto de vista de la dinámica de las comunidades vegetales como del riesgo de incendios asociado a los tipos de vegetación resultante, en esta investigación se analiza a medio-largo plazo el efecto del desbroce mecánico y la quema controlada en matorrales de *Ulex parviflorus*. Los objetivos de esta investigación son estudiar el estado de la vegetación a los 9 años de los tratamientos aplicados y analizar la concentración foliar de P y K de las especies más abundantes.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Área de estudio**

El área de estudio se encuentra entre las provincias de Alicante y Valencia al este de España en localidades situadas en estribaciones de las sierras de Mariola (38°43'N, 0°39'W) y Aitana (38°39'N, 0°23'W). La altitud de las 6 localidades se encuentran en un rango entre 450-900 m sobre el nivel del mar (Tabla 1) con clima mediterráneo seco-subhúmedo y temperaturas medias anuales de 13.8-14.5 °C y precipitaciones entre 500-600 mm. El substrato son margas y los suelos son Cambisol Calcareos (FAO, 1988). Todas las áreas fueron cultivadas hasta los años 50 en que fueron abandonadas. La vegetación está formada por matorrales homogéneos pertenecientes a la alianza Rosmarino-Ericion (DE LA TORRE Y ALÍAS, 1996) dominados por *Ulex parviflorus* y en menor medida por otras especies germinadoras obligadas como *Rosmarinus officinalis* y *Cistus albidus* y escasa presencia de especies arbustivas rebrotadoras.

### **Diseño experimental y tratamiento del combustible**

De la base de datos de la Consellería de Medio Ambiente de la Comunidad Valenciana (1973-1993) se seleccionaron 6 incendios ocurridos en verano sobre pinares maduros de *Pinus halepensis*. Tres incendios ocurrieron en 1991 y otros tres en 1985 por lo que las áreas afectadas corresponden a diferentes estados de regeneración tras incendio (joven y maduro). Cuando comenzamos la investigación en 1994 los matorrales tenían 3 y 9 años de edad. Los matorrales de 3 años se localizan en Bañeres (38°43'N, 0°39'W), Confrides (38°42'N, 0°18'W) y Castell (38°39'N, 0°9'W) y los de 9 años en Alcoy (38°40'N, 0°34'W), Onil (38°39'N, 0°40'W) y La Torre (38°37'N, 0°23'W). En cada uno de los 6 incendios seleccionados se marcaron 3 parcelas de 33 x 33 m, y entre mayo y junio de 1994 se aplicaron tratamientos de reducción del combustible: desbroce, quema experimental y control (no actuación). El desbroce consiste en un tratamiento de aclareo del matorral con tractor de cadenas. Las 6 quemas experimentales se realizaron en primavera después de eliminar la vegetación en pequeños cortafuegos de 6-8 m alrededor de la parcela para evitar que el fuego quemara zonas no programadas. Durante las quemas experimentales se midieron varios parámetros meteorológicos como la temperatura del aire, la humedad ambiental y la velocidad del viento y también la humedad de la vegetación. Una descripción más detallada de los tratamientos aplicados puede encontrarse en BAEZA et al. (2002, 2003).

### **Muestreo de la vegetación**

Para evaluar el estado de la vegetación a los 9 años de la aplicación de los tratamientos (verano 2003) se marcaron al azar 8 sub-parcelas de 1x1 m en cada localidad y por tratamiento. En cada sub-parcela se midió el diámetro de todos los individuos de *Ulex parviflorus*, *Cistus albidus* y *Rosmarinus officinalis*. La biomasa total ( $m^2$ ) de estas especies se obtuvo aplicando ecuaciones alométricas que habían sido obtenidas previamente en áreas próximas a la zona de estudio, utilizando como variable estructural el diámetro. Para *Ulex parviflorus* se utilizaron ecuaciones obtenidas a partir de individuos maduros de 9 y 17 años de edad (BAEZA et al. en prensa). Para *Cistus albidus* ( $Y=49.99x^{2.177}$ ,  $r^2=0.879$ ,  $n=69$ ) y *Rosmarinus officinalis* ( $Y=40.36x^{2.073}$ ,  $r^2=0.877$ ,  $n=55$ ) las ecuaciones se obtuvieron en el marco del proyecto de investigación GeoRange (EVK2-CT-2000-00091) financiado por Comisión Europea en el que se analiza el estado de la vegetación en el año 2002 de áreas quemadas previamente en 1991 y 1979 por lo que corresponden a matorrales maduros similares a los estudiados en esta investigación. La biomasa total por superficie ( $m^2$ ) corresponde a la suma de todos los individuos enraizados en el interior de cada cuadrado.

Para analizar la concentración foliar de P y K en ese mismo verano de 2003 se tomaron muestras de hojas del año anterior de 5 individuos de *Ulex parviflorus* (filodios) y *Cistus albidus*, en todas las parcelas experimentales (control, desbroce y quema controlada). Las muestras se llevaron al laboratorio donde se secaron en estufa de aire forzado a 60°C durante 48 h, y se trituraron posteriormente. Realizamos una digestión en caliente con ácido sulfúrico concentrado y agua oxigenada al 30% adaptando el método descrito por Jones y Case (1990). La concentración de P se determinó mediante colorimetría tras reacción con azul de molibdeno, y el K mediante emisión espectral en fotómetro de llama.

Se comparó la concentración foliar de P y K y la biomasa en los tres tratamientos aplicados y el estado de desarrollo de los matorrales mediante Anova de dos factores. Se utilizó el test Tukey para el análisis de comparaciones múltiples. Los datos de biomasa por especie se transformaron cuando fue necesario aplicando la transformación Ln para la homogeneización de varianzas. Se empleó el paquete estadístico Spss para todos los análisis.

## RESULTADOS

A los 9 años tras la aplicación de los tratamientos la biomasa de *Ulex parviflorus* fue significativamente afectada por la edad del matorral (d.f. 1;  $F=22.54$ ;  $P<0.001$ ). En todos los tratamientos la biomasa de los matorrales jóvenes fue mayor que en los maduros (Fig. 1). Los tratamientos afectaron significativamente la biomasa de *Ulex parviflorus* (d.f. 2;  $F=4.68$ ;  $p=0.031$ ) con valores mayores en los tratamientos control frente a la roza y la quema en este orden.

*Cistus albidus* se comportó de manera contraria a *Ulex parviflorus* tanto en cuanto a la edad de los matorrales como en los tratamientos aplicados (Fig. 1). La mayor biomasa se observó en los matorrales maduros frente a los jóvenes con diferencias altamente significativas (d.f. 1;  $F=11.56$ ;  $p=0.005$ ). Aunque las tendencias indican mayor biomasa de *Cistus albidus* en las quemadas controladas no se observaron diferencias significativas (d.f. 2;  $F=2.46$ ;  $p=0.127$ ).

La biomasa de *Rosmarinus officinalis* no mostró un efecto significativo en la edad de los matorrales (d.f. 1;  $F=2.37$ ;  $p=0.152$ ) aunque los mayores valores se observaron en los matorrales maduros. Los tratamientos afectaron significativamente la presencia de *Rosmarinus officinalis* (d.f. 2;  $F=4.79$ ;  $p=0.032$ ). Sin embargo, el tratamiento control no mostró un comportamiento diferente al desbroce.

La concentración foliar de P no sufrió cambios significativos nueve años después de la aplicación de los tratamientos de control de la vegetación en ninguna de las dos especies consideradas (Fig. 2), si bien los individuos de *U. parviflorus* de la parcela quemada mostraron una concentración de P en los filodios un 15% inferior que en la parcela control (7.02 vs. 8.17  $mg\ g^{-1}$ , respectivamente). La edad del matorral en el momento de la ejecución de los tratamientos experimentales sí mostró un efecto significativo sobre la concentración de P foliar de *U. parviflorus*, disminuyendo ésta con la edad del matorral.

La concentración foliar de K fue más sensible a los factores considerados en ambas especies

(Fig. 3). Así, tanto los individuos de *U. parviflorus* como los de *C. albidus* mostraron reducciones del K foliar en las parcelas tratadas respecto a los controles (20 y 16% menos concentración en *Cistus* y *Ulex*, respectivamente). También el factor edad del matorral resultó significativo, con descensos en la concentración foliar de K de las dos especies en los matorrales más viejos.

## DISCUSIÓN

Aunque la vegetación mediterránea ha sido denominada como muy resiliente (HANES, 1971) nosotros observamos que solamente en los matorrales jóvenes la vegetación tiende a recuperar los aulagares independientemente de los tratamientos aplicados. Los matorrales maduros tratados están dominados principalmente por *C. albidus* y en las parcelas control de los matorrales maduros se observa un aumento considerable de *R. officinalis*.

La baja respuesta de *U. parviflorus* en los matorrales maduros pudo deberse a bajos niveles de bancos de semillas y al hecho de que todos los individuos fueron eliminados tras el desbroce o la quema (BAEZA, 2001). Los desbroces en los matorrales jóvenes no eliminan todos los individuos y esto pude explicar que en este tratamiento la biomasa de esta especie registre los valores más altos. Este mismo efecto se observa en *R. officinalis* y además esta especie no muestra mucha capacidad de respuesta particularmente en las áreas quemadas, lo que indicaría que *R. officinalis* puede ser muy sensible a los incendios. La única especie que muestra una clara presencia en las áreas tratadas es *C. albidus* debido a que en los matorrales maduros esta especie disponía posiblemente de un importante banco de semillas frente a los matorrales jóvenes de 3 años en los que este tiempo no fue suficiente para producir una gran cantidad de semillas. En esta especie el tiempo transcurrido entre perturbaciones (fuego o desbroce) afecta su capacidad de regeneración, similarmente a lo observado en *P. halepensis* (PAUSAS et al. 2003).

Los niveles de concentración foliar de P y K en *U. parviflorus* de nuestro trabajo son superiores e inferiores, respectivamente, a los encontrados en aulagares del S de Francia (BALLINI & BONIN, 1994). En general, observamos una disminución de la concentración foliar de P y K con ambos tipos de perturbación. Asimismo, las comunidades que tenían 9 años en el momento de las actuaciones (1994), presentan nueve años después un estado nutricional más bajo que las que tenían tres años.

El potasio es el elemento que en mayor medida ha respondido a los dos factores considerados (edad del matorral y técnica de control del combustible), haciéndolo de manera consistente en las dos especies. El potasio es un elemento muy móvil en el sistema suelo-planta, y tiene un papel prioritario en el control estomático de los vegetales y, por tanto, en su adaptación y superación de los periodos de sequía. Se ha observado que el K es el catión que más rápidamente se lava en los restos vegetales de *U. parviflorus* (BALLINI & BONIN, 1994), aspecto que podría explicar en parte la disminución de la concentración foliar de K que hemos observado con los desbroces. En caso de que el aporte de potasio sea limitado, las hojas más viejas son las que en mayor medida sufren esta deficiencia debido a la movilización del K hacia nuevos tejidos.

El patrón observado de menor concentración de P y K en las parcelas más viejas cuando se aplicaron los tratamientos puede estar relacionado con la dinámica nutricional a lo largo de la vida de los individuos. No obstante, la edad de los individuos muestreados es la misma en las parcelas de 3 y 9 años (diez años), salvo en el caso de las parcelas control (13 y 19 años). Igualmente, la disminución del P y, especialmente, del K foliar en las parcelas desbrozadas y quemadas sí que podría estar reflejando en mayor medida la diferencia de edad de los individuos.

El posible aumento de la disponibilidad de nutrientes que el desbroce puede suponer, por el aporte de materia orgánica a la superficie del suelo, no se ha reflejado a largo plazo en la concentración foliar de K y P de *U. parviflorus* y *C. albidus*. BALLINI (1997) estableció que la hojarasca de *U. parviflorus* presenta una tasa de pérdida de peso del 10-24% anual, por lo que toda la biomasa aportada en los desbroces se habría mineralizado antes del muestreo foliar.

## Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada parcialmente por la UE con el proyecto Spread (Forest fire spread prevention and mitigation, contrato: EVG1-2001-0027). El CEAM se financia por la Consellería de Territorio y Vivienda y Bancaja. Este trabajo se basa en una investigación más amplia incluida en los proyectos fin de carrera de Jorge Belda y Cyntia Mata.

## BIBLIOGRAFÍA

BAEZA, M.J.; DE LUÍS, M.; RAVENTÓS, J. & ESCARRÉ, A.; 2002. Factors influencing fire behaviour in shrublands of different stand ages and the implications for using prescribed burning to reduce wildfire risk. *J. Environ. Manage.* 65, 199-208.

BAEZA, M.J.; RAVENTÓS, J.; ESCARRÉ, A. & VALLEJO, V.R.; 2003. The effect of shrub clearing on the control of the fire-prone species *Ulex parviflorus*. *For. Ecol. Manage.* 186: 47-59.

BAEZA, M.J.; RAVENTÓS, J.; ESCARRÉ, A. & VALLEJO, V.R. Fire risk and vegetation structural dynamics in Mediterranean shrubland. *Plant Ecol.* (en prensa).

BALLINI, C.; 1997. Dynamics of litter mass loss in some *Ulex parviflorus* Pourr. scrubs in southeastern France. *Pedobiologia* 41: 375-384.

BALLINI, C. & BONIN, G.; 1994. Nutrient cycling in some *Ulex parviflorus* Pourr. scrubs in Provence (southeastern France). I. Nutrient supplies to the soil through litter and pluviolachates. *Eur. J. Soil Biol.* 30 (3): 107-118.

CALVO, L.; TÁRREGA, R. & DE LUIS, E.; 1998. Space-time distribution patterns of *Erica australis* L. subsp. *aragonensis* (Willk) after experimental burning, cutting and ploughing. *Plant Ecol.* 137:1-12.

CLEMENTE, A.S.; REGO F.C. & CORREIA, O.A.; 1996. Demographic patterns and productivity of post-fire regeneration in portuguese Mediterranean maquis. *Int. J. Wildland Fire* 6(1): 5-12.

DE LA TORRE, A. Y ELÍAS, L.; 1996. Suelos y Vegetación en el Alto Vinalopó. Servicio de Publicaciones de la Universidad de la Alicante. Alicante. 263 pp.

FAO-UNESCO; 1988. Soil map of the world. Revised legend. World Soil resources report, 60. Roma. 99 pp.

FARACO, A.; 1998. Gravedad del fuego y patrones espaciales y temporales post-incendio de las plantas de un escobonal de la Sierra de Gredos. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

HANES, T.L.; 1971. Succession after fire in the chaparral of Southern California. *Ecological Monographs* 41:27-52.

HOBBS, R.J. & GIMINGHAM, C.H.; 1984. Studies on fire in Scottish heathland communities. *Journal of Ecology* 72: 223-240.

JONES, J.B.JR. & CASE, V.W.; 1990. Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. In: R.L. Westerman (ed.). Soil testing and plant analysis. 389-427. SSSA Book Series nº 3. Madison, WI.

PAUSAS, J. G., OUADAH, N., FERRÁN, A., GIMENO, T., AND VALLEJO, R. (2003) Fire severity and seedling establishment in *Pinus halepensis* woodlands, eastern Iberian Peninsula. *Plant Ecol.* 169, 205-213.

TRABAUD, L.; 1992. Community dynamics after fire disturbance: short-term change and long-term stability. *Ekistics* 356: 287-292.

WHITTLE, C.A.; DUCHESNE, L.C. & NEEDHAM, T.; 1997. The impact of broadcast burning and fire severity on species composition and abundance of surface vegetation in a jack pine (*Pinus banksiana*) clear-cut. *Forest Ecology and Management* 94: 141-148.

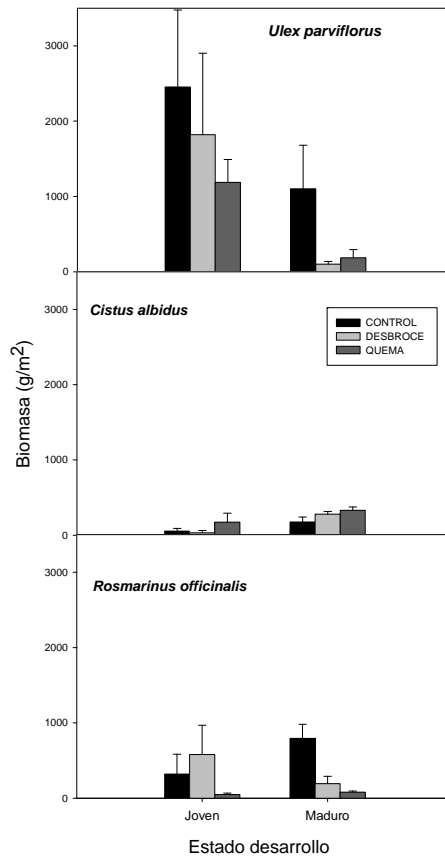


Figura 1. Biomasa de *Ulex parviflorus*, *Cistus albidus* y *Rosmarinus officinalis* a los 9 años tras la aplicación de tratamientos de reducción de combustible (desbroce y quema controlada) en matorrales jóvenes y maduros dominados por *Ulex parviflorus*. La parcela control de los matorrales jóvenes tienen 12 años y los maduros 19 años.

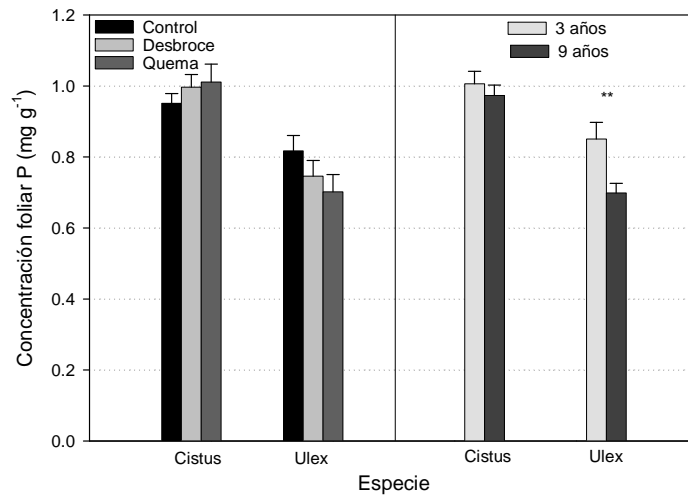


Figura 2. Concentración foliar de fósforo en individuos de *Cistus albidus* y *Ulex parviflorus* nueve años después de la aplicación de los tratamientos, en función de los tratamientos experimentales (izqda.) y de la edad del matorral (dcha.). Se muestran las medias y el error típico (n=30 para el factor tratamiento y n=45 para el factor edad). \*\*: p<0.01.

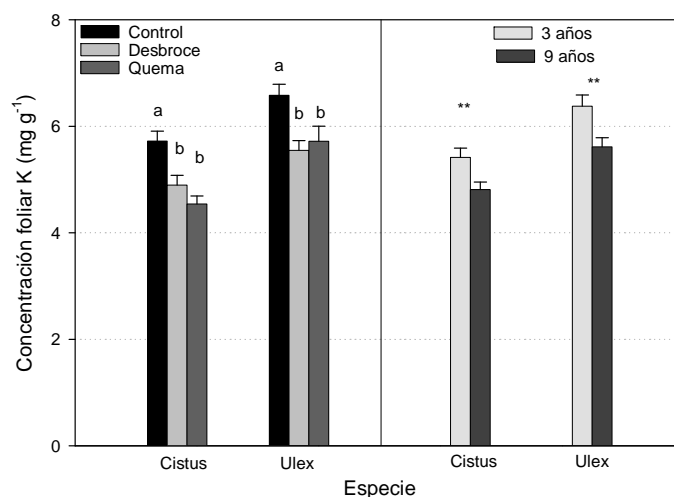


Figura 3. Concentración foliar de potasio en individuos de *Cistus albidus* y *Ulex parviflorus* diez años después de la aplicación de los tratamientos, en función de los tratamientos experimentales (izqda.) y de la edad del matorral (dcha.). Se muestran las medias y el error típico (n=30 para el factor tratamiento y n=45 para el factor edad). Letras distintas indican diferencias significativas mediante el test de Tukey (p<0.05). \*\*: p<0.01.

Tabla 1. Características de las parcelas y de la vegetación en las que se aplicaron tratamientos de reducción del combustible.

| Parcela                      | Bañeres | Confrides | Castell | Onil | Alcoy | La Torre |
|------------------------------|---------|-----------|---------|------|-------|----------|
| Edad (años)                  | 3       | 3         | 3       | 9    | 9     | 9        |
| Altitud (m)                  | 820     | 900       | 450     | 800  | 900   | 900      |
| Orientación                  | NW      | W         | S       | NW   | N     | N        |
| Pendiente (°)                | 13-16   | 9-22      | 1-6     | 25   | 1-4   | 15-17    |
| Altura vegetación (cm)       | 40      | 49        | 58      | 91   | 104   | 128      |
| Biomasa (g m <sup>-2</sup> ) | 1057    | 1043      | 1585    | 3474 | 3997  | 3981     |
| Cobertura vegetal (%)        | 77      | 89        | 52      | 100  | 82    | 100      |