



**Universitat de les
Illes Balears**

Facultat de Biologia

Memòria del Treball de Fi de Grau

Seguiment de l'efecte de la cabra assilvestrada a la recuperació de la vegetació després de l'incendi de Juliol de 2013

Auba Capó Rodríguez

Grau de Biologia

Any acadèmic 2013-14

DNI de l'alumne: 43190723N

Treball tutelat per Elena Baraza Ruiz
Departament de Biologia

S'autoritza la Universitat a incloure el meu treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació

Paraules clau del treball: Incendi forestal, herbivoria, cabra domèstica assilvestrada

Índice

Resumen.....	4
Introducción	5
Materiales y métodos	9
Área de estudio.....	9
Trabajo de campo.....	10
Análisis de datos	10
Resultados y discusión	11
Cobertura vegetal	11
Grado de ramoneo	16
Imágenes	23
Referencias bibliográficas.....	29

Resumen

Se ha estudiado y realizado un seguimiento del efecto de herbivoría de la cabra doméstica asilvestrada (*Capra hircus* L.) en la regeneración de la vegetación en cuatro áreas de la Sierra de Tramuntana afectadas de forma directa e indirecta por el incendio de Sa Coma Calenta (Andratx-Estellencs, Julio de 2013) y con diferente densidad de población de cabras. Para ello, se ha determinado el porcentaje de cobertura y la sucesión vegetal mediante transectos lineales, y el grado de ramoneo por evaluación de la presencia de mordiscos recientes en la vegetación. El seguimiento ha consistido en 3 muestreos, realizados a partir de los dos meses tras el incendio, coincidiendo con las épocas de otoño (octubre), invierno (enero) y primavera (mayo), en los que se identificaron un total de 19 especies principalmente perennes y arbustivas. Tras el incendio, independientemente de la densidad de población de cabras en la zona, la vegetación se regenera de forma gradual siguiendo un modelo de autosucesión, siendo las especies rebrotadoras *Ampelodesmos mauritanica*, *Arisarum vulgare*, *Chamaerops humilis* y *Pistacia lentiscus* las dominantes con mayor grado de regeneración y cobertura vegetal. El mayor grado de regeneración en cuanto a diversidad vegetal se da en las áreas con mayor grado de afectación por fuego, donde con el avance de la temporada aparecen especies facultativas y germinadoras. En cuanto al grado de afectación por herbivoría, es superior en las áreas en estado de regeneración, donde las plantas se encuentran en forma de rebrote o plántula, que en las no afectadas por el fuego. Se observa una reducción del grado de afectación con el avance de la temporada, mayor en las áreas con control de población de cabras y alcanzando valores mínimos en primavera. Las especies con mayor grado de afectación por ramoneo son *Ampelodesmos mauritanica* y *Pistacia lentiscus*, las cuales presentan un nulo o muy bajo grado de ramoneo en las áreas no afectadas por el fuego, siendo ambas dos especies con alta cobertura y abundancia; y *O. europaea*, con un alto grado de ramoneo en todas las áreas en las que se encuentra disponible, presentando una baja cobertura y abundancia.

Abreviaturas

- PB: Pinar quemado en Ses Basses
- PT: Pinar no quemado en La Trapa
- MB: Matorral quemado en Ses Basses
- MT: Matorral quemado en La Trapa
- MNT: Matorral no quemado en La trapa

Introducción

En los ecosistemas mediterráneos, destaca el efecto de dos importantes factores ecológicos de perturbación con gran influencia sobre la vegetación: el régimen de incendios y la herbivoría no controlada, cuya combinación resulta en una transformación de la vegetación y del paisaje (Naveh, 1994; Lloret *et al.*, 2003). Como respuesta a ello, la vegetación mediterránea ha desarrollado mecanismos de regeneración y resistencia a ambos elementos perturbadores.

El efecto del fuego sobre la vegetación

El fuego es un importante factor ecológico perturbador que influye en la estructura y composición de la vegetación ya desde tiempos históricos, tanto de forma natural como antrópica (Naveh, 1994; William & Keeley, 2005). El clima mediterráneo es de por sí propenso a los incendios en verano, favorecidos por las sequías y altas temperaturas estivales, cuando la vegetación presenta un bajo nivel de humedad y mayor cantidad de material combustible (Pausas, 2004). El cambio climático ha aumentado la media de días con condiciones de alta temperatura y vientos secos durante los períodos de sequía, que combinado con los cambios en el uso del suelo, como son el abandono de zonas de cultivo y la gestión de bosques, provocando una mayor acumulación de materia orgánica; han resultado en un aumento de la frecuencia y extensión de los incendios en el último siglo (Pausas, 2004; Martínez, 2013).

A lo largo de la evolución del paisaje mediterráneo, se han seleccionado las características que favorecen la adaptación y persistencia en plantas sometidas a regímenes de incendios recurrentes, resultando en una gran capacidad de regeneración, reestableciéndose la comunidad original, tanto en su estructura como en composición, en un período de unos 5 años mediante un modelo de autosucesión (Cavero & Ederra, 1999; Pausas, 2004). Se ha definido incluso una correlación entre la inflamabilidad y la capacidad de regeneración en especies que se ven favorecidas por fuegos recurrentes, siendo *Ampelodesmos mauritanica* (Poiret) la especie mediterránea representante de zonas de matorral cuya dominancia aumenta con la recurrencia de incendios, pudiendo alcanzar altos valores de cobertura en tan solo dos años tras un incendio (Lloret *et al.*, 2003; Pausas, 2010).

Los principales mecanismos de respuesta y regeneración tras el impacto del fuego son el rebrote y la germinación, produciendo una rápida recuperación de la estructura y composición de la vegetación (Cavero & Ederra, 1999; Pausas, 2004). Las consideradas especies rebrotadoras presentan la capacidad de rebrotar después de ser completamente afectadas por el fuego, ya que la parte subterránea (y en algunas especies incluso aérea) de la planta no muere, de forma que los individuos persisten tras el fuego. Las especies no rebrotadoras mueren tras el fuego, pero pueden persistir si presentan un banco de semillas resistentes o protegidas del calor del fuego, siendo así consideradas especies germinadoras. Existen especies rebrotadoras facultativas con semillas resistentes al fuego, presentando la capacidad tanto de rebrotar durante los primeros meses tras la perturbación, pero con una menor capacidad de rebrote que en las especies rebrotadoras obligadas (Pausas & Juliá, 2009); como de germinar una vez que la capacidad de rebrote cede (Cavero & Ederra, 1999). Especies que no presenten ninguna de las estrategias anteriores son eliminadas de forma temporal tras un incendio, debiendo colonizar de nuevo la zona (Pausas, 2004). De esta forma, se definen cuatro posibles estrategias en función de la capacidad rebrotadora de la especie o la resistencia del banco de semillas al calor del fuego (tabla 1).

		Banco de semillas resistente al fuego	
		SI	NO
Capacidad de rebrotar	SI	Rebrotadoras facultativas	Rebrotadoras obligadas
	NO	Germinadoras obligadas	Germinadoras colonizadoras

Tabla 1: Estrategias que siguen las especies que aparecen tras un incendio según si presentan capacidad de rebrotar al ser quemadas o si presentan un banco de semillas resistentes o protegidas del calor del fuego (Pausas, 2004; modificado por la autora).

El hecho de que la vegetación mediterránea presente estrategias de respuesta al fuego no implica que las especies no se vean afectadas por los incendios, sino que su persistencia está condicionada por la intensidad y recurrencia del fuego (Cavero & Ederra, 1999; Lloret *et al.*, 2003; Pausas, 2004). Una alta intensidad del fuego aumenta la mortalidad de las especies rebrotadoras, por lo que se disminuye la abundancia de especies, pero se favorece la regeneración de las especies germinadoras. Por otra parte, altas recurrencias agotan el banco de semillas resistentes y reducen la capacidad de respuesta de las especies rebrotadoras frente a siguientes perturbaciones, disminuyendo diversidad de especies. La estación del año en que se produce el incendio también afecta a la regeneración de la vegetación, siendo los incendios otoñales los que más favorecen la recuperación de la vegetación, y los incendios estivales los de mayor impacto, al presentar la vegetación un menor nivel de humedad y mayor cantidad de material combustible (Cavero & Ederra, 1999; Pausas, 2004).

El efecto de los herbívoros

Al igual que en el caso del fuego, los herbívoros son un importante agente moldeador de la vegetación. Las plantas son organismos sésiles, lo que supone una ventaja para sus consumidores (Strauss & Agrawal, 1999). Sin embargo, éstos presentan la desventaja de que se trata de un alimento pobre en nutrientes con una baja cantidad de proteínas (Decandia *et al.*, 2000). Para compensarlo, muchos herbívoros, y en concreto las cabras, presentan una dieta generalista seleccionando una gran variedad de alimentos, un metabolismo bajo y un sistema digestivo eficiente (Barroso *et al.*, 1995; Campbell & Josh Donlan, 2005). La selección de una especie o incluso de un individuo en particular a partir del que alimentarse se realiza en función de su palatabilidad (Barroso *et al.*, 1995). Entendemos por palatabilidad lo agradable y apetecible que le resulta la planta en cuestión al herbívoro, lo que está asociado con su olor, sabor, composición y textura (Barroso *et al.*, 1995).

Como adaptación y forma de resistencia a la herbivoría, las plantas siguen dos posibles estrategias: la defensa y la tolerancia al daño por herbivoría (Rosenthal & Kotanen, 1994). La defensa consiste en evitar o reducir el daño producido por herbivoría (Rosenthal & Kotanen, 1994). En muchas especies, compuestos derivados del metabolismo secundario actúan como inhibidores de la digestibilidad o son incluso tóxicos para los herbívoros (Barroso *et al.*, 1995). Las estructuras de defensa mecánica, como son púas y espinas, afectan a la palatabilidad (Barroso *et al.*, 1995). La tolerancia implica una capacidad de respuesta una vez se ha producido el daño por herbivoría, reduciendo el efecto negativo que ésta tiene sobre la eficacia biológica de la planta al reemplazar y compensar los tejidos dañados, y mantener la capacidad reproductora (Rosenthal & Kotanen, 1994; Strauss & Agrawal, 1999). Algunos de los rasgos que confieren tolerancia a la herbivoría son características derivadas de la competencia y adaptación frente otros tipos de daños: el rápido crecimiento y la capacidad de ramificación son rasgos derivados de la competencia por recursos, que a su vez contribuyen a la tolerancia a la herbivoría (Rosenthal & Kotanen, 1994); y la capacidad de rebrote, a parte de ser un mecanismo de respuesta al fuego, es también una adaptación a la depredación por herbivoría (Martínez, 2013).

Las cabras (*Capra hircus* L.) en ecosistemas mediterráneos se alimentan principalmente de vegetación de matorral (Lopez-Trujillo & Garcia-Elizondo, 1995), la cual presenta en muchos casos, un alto contenido de sustancias tóxicas que reducen la palatabilidad y digestibilidad (Decandia *et al.*, 2000). Sin embargo, las cabras son capaces de tolerar la intoxicación por dichas sustancias y compensar la reducción de digestibilidad que éstas causan (Aldezabal & Garin, 2000). Se trata entonces de una especie ramoneadora oportunista con una dieta variada y gran plasticidad en el uso de recursos, siendo el principal herbívoro regulador de la biodiversidad vegetal de ecosistemas mediterráneos (Fernández-Olalla & San Miguel-Ayanz, 2007; Seguí *et al.*, 2005). La cabra se introdujo en Mallorca por los primeros colonizadores neolíticos hace aproximadamente 4000 años como fuente de recursos cárnicos y lácteos (Seguí *et al.*, 2005). Hoy en día, en la Sierra de Tramuntana se distinguen dos poblaciones fragmentadas derivadas de su interacción con el hombre, diferenciables morfológica y etológicamente: la cabra salvaje o "mallorquina"; y la cabra doméstica asilvestrada (Seguí *et al.* 2005). Mientras la cabra salvaje deriva de la primera introducción, existe una gran variedad de cabras domésticas asilvestradas, de las que se estima una gran población, resultantes de la hibridación entre la cabra de primera introducción y variedades domésticas introducidas posteriormente (Seguí *et al.*, 2005). En el año 2010, la población de cabras domésticas asilvestradas se cifraba en unos 20.000 individuos, mientras que para la cabra salvaje era de unos 4.000 individuos (Vives & Baraza, 2010). Al carecer la población doméstica asilvestrada de manejo o interés cinegético, junto con la superior capacidad reproductora, se ha dado una sobrepoblación incompatible con el buen estado de la cobertura vegetal, provocando un gran impacto sobre la vegetación y compitiendo con la cabra salvaje por hábitat y recursos (Seguí *et al.* 2005; Mayol & Domenech, 2013).

En islas donde la vegetación ha evolucionado en ausencia de grandes herbívoros, la presencia de cabras asilvestradas ha causado grandes daños a la vegetación y pérdida de biodiversidad por sobrepastoreo, siendo considerada una especie invasora (una de las 100 peores del mundo según la IUNC) y objeto de intensas campañas de erradicación (Campbell & Josh-Donlan, 2005; Vives & Baraza, 2010). Sin embargo en Mallorca, la vegetación presenta una alta adaptación y tolerancia a la herbivoría ya que ha evolucionado bajo la selección de un gran herbívoro ancestral ya presente mucho antes de la llegada del hombre, *Myotragus balearicus*, extinto como consecuencia su llegada y desplazado por la introducción de la cabra (Seguí *et al.*, 2005; Vives & Baraza, 2010).

El efecto combinado

Los efectos del fuego y de los herbívoros son en muchos aspectos análogos, siendo ambos consumidores de la vegetación, moldeando y modificando el paisaje (William & Keeley, 2005).

Dada la incidencia de la cabra sobre la regeneración de la mayoría de especies vegetales por un incendio, se la considera el principal factor limitante de la restauración de la vegetación y de su capacidad de respuesta frente a futuras perturbaciones (Seguí *et al.*, 2005; Tercero-Bucardo *et al.*, 2007). En ambientes en regresión por incendios, la sobrepoblación de cabras conlleva graves cambios en la vegetación, dificultando la sucesión al limitar el rebrote y crecimiento de plántulas al ser éstas menos tolerantes a la herbivoría que las plantas ya establecidas (Rosenthal & Kotanen, 1994; Seguí *et al.*, 2005). Por ello, múltiples autores (Campbell & Josh Donlan, 2005; Martínez, 2013; Mayol & Domenech, 2013) recomiendan la eliminación de la cabra de los ambientes afectados por el fuego. Sin embargo, en un ambiente afectado por un incendio, no todos los efectos de la cabra son negativos. La total eliminación de la cabra, puede conllevar a un desequilibrio por proliferación de determinadas especies, desplazando las propias de los hábitats, entre las que se encuentran especies endémicas (Seguí *et al.*, 2005). Por otro lado, un cierto grado de herbivoría resulta incluso beneficioso como

herramienta preventiva de incendios al reducir la acumulación de biomasa potencialmente inflamable, existiendo incluso programas financiados de pastoreo para la creación de zonas cortafuegos (Ruiz-Mirazo, 2008).

Objetivo

El objetivo del presente estudio es analizar el efecto combinado del fuego y la presencia de herbívoros sobre la cobertura vegetal en dos hábitats típicamente mediterráneos: el pinar y el matorral. El estudio se centra en el incendio que se inició el 26 de Julio de 2013 en Sa Coma Calenta, que afectó a la zona situada en el sur-oeste de la Sierra de Tramuntana en los términos municipales de Andratx, Estellecs y Calvià. La zona incendiada tiene una superficie de 2.406,75 ha (Servei de Gestió Forestal i Protecció del Sòl, 2013), declarada en su totalidad Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO el año 2011. De la superficie afectada, el 34% corresponde a hábitats de pinar y el 58% de matorral, siendo únicamente el 6% superficie agrícola, y el 2% restante de acantilados (Servei de Gestió Forestal i Protecció del Sòl, 2013). Como parte del plan de regeneración de la cubierta vegetal elaborado por el Servei de Gestió Forestal i Protecció del Sòl, se planteó un programa de eliminación local de las poblaciones de cabra asilvestrada de la zona afectada durante el primer año tras el incendio, con el objetivo de reducir la población a un nivel mínimo tal que no dañe significativamente la regeneración, planteando controles y mantenimiento de la población restante durante los años posteriores al nivel conseguido durante el primer año. De esta forma, se llevan realizando partidas de caza intensiva en determinados puntos de la zona afectada, como control de herbivoría desde Septiembre de 2013, y programadas hasta Marzo de 2016.

Con ello, se plantean las siguientes preguntas:

1. ¿Qué especies aparecen primero tras el fuego en el proceso de regeneración?
2. ¿Cómo varía la cobertura y diversidad vegetal en diferentes zonas con diferente grado de afectación por el fuego y presencia de herbívoros?
3. ¿Sufren los parches de vegetación que sobreviven al incendio una mayor presión por parte de los herbívoros?
4. ¿Se dan diferencias de ramoneo entre especies y áreas con diferente grado de afectación por fuego y densidad de población de cabras?

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se ha realizado en cuatro áreas de la zona de Sa Coma Calenta (imagen 1), dos de matorral y dos de pinar, afectadas de forma directa o indirecta por el incendio. Las cuatro áreas se encuentran ubicadas en dos zonas, la finca pública de La Trapa (término municipal de Andratx) y Ses Basses (término municipal de Estellencs), ambas con diferente densidad de población de cabras y grado de influencia por herbivoría.

El clima de ambas zonas es típicamente mediterráneo, con inviernos suaves y veranos secos y calurosos, con un irregular régimen de lluvias que tienden a concentrarse a finales de verano y principios de otoño. La temperatura media anual es de 16,5°C, y la precipitación de unos 500 mm de media anuales.

En la zona de la finca pública de La Trapa se determinaron dos áreas de estudio (imagen 1) denominadas como "Pinar no quemado" (PT, 39°35'46"N 002°21'46"E) y "Matorral quemado" (MT, 39°36'02"N 002°21'34"E). El área PT es un pinar de pino carrasco (*Pinus halepensis*) no afectado directamente por el fuego, pero cercano a zonas de matorral quemadas. El área MT es una zona de matorral ya afectada con anterioridad por un incendio el año 1994, completamente afectada por el fuego de forma que se considera que la totalidad de la vegetación se eliminó con el incendio. Esta, se encuentra colindante con una pequeña área de matorral no afectada por el fuego, denominada "Matorral no quemado" (MNT). La zona presenta una baja densidad de población de cabras, menguante desde Septiembre de 2013 debido a la caza intensiva por parte del Govern, llegando así a eliminar más de 100 cabras en cada partida. Durante los muestreos no se avistaron individuos y sólo se encontraron excrementos frescos y se escuchó el balido de una cabra en el primer muestreo de otoño.

En la zona de Ses Basses (Estellencs) se determinaron dos áreas de estudio denominadas como "Pinar quemado" (PB, 39°35'56"N 002°24'45"E) y "Matorral quemado" (MB, 39°36'20"N 002°23'46"E). El área PB es un pinar de pino carrasco completamente afectado por el fuego de forma que se considera que la totalidad de la vegetación se eliminó con el incendio, en el que se encuentran pinos de pies mayores completamente quemados. El área MB es un matorral rocoso afectado de forma intermitente por el fuego formando un mosaico de parches de vegetación poco quemada o sin afectar, y parches completamente quemados. La zona presenta una moderada densidad de cabras controlada por los propietarios de los territorios, avistando rebaños y múltiples heces en cada muestreo, especialmente en MB, donde se pudieron observar cabras consumiendo la vegetación.

De esta forma se han definido cuatro tipologías de área en función el tipo de vegetación y el grado de afectación de los dos factores de perturbación estudiados:

- Matorral con fuerte efecto del fuego y baja herbivoría (MT)
- Matorral con medio efecto del fuego y alta herbivoría (MB)
- Pinar con alto efecto del fuego y alta herbivoría (PB)
- Pinar sin efecto del fuego y baja herbivoría (PT)

Se han realizado tres muestreos en cada zona de estudio a partir de los tres meses tras el incendio, coincidiendo con las épocas de otoño (octubre) de 2013, invierno (enero) y primavera (mayo) de 2014.

Trabajo de campo

En cada muestreo se tomaron los siguientes datos:

Cobertura vegetal

La sucesión de la cobertura vegetal se ha determinado mediante el método de intercepción lineal de Cummings & Smith (2000), a partir del que se estima la cobertura de las especies vegetales de porte accesible a los herbívoros. Se realizaron 5 transeptos lineales no fijos de 20 metros de longitud en cada área de estudio, dispuestos de forma aleatoria, en los que se determinó la longitud de intercepción para cada especie vegetal o suelo en contacto o bajo un mínimo de 1cm de longitud del transepto en cuestión. La cobertura vegetal se calculó como porcentaje de cada especie vegetal en función de la longitud total de transeptos realizados. De esta forma se cuantificó la cobertura de las especies dominantes en cada área y época de estudio, así como la aparición de especies en la sucesión y regeneración vegetal. Se entiende por regeneración vegetal el incremento de cobertura y diversidad de la vegetación observado durante el período de estudio.

Grado de ramoneo

Se realizó una estimación observacional del grado de ramoneo de las especies vegetales perennes siguiendo el método de Étienne & Rigolot (2001). Mediante este método se identifican visualmente los mordiscos recientes no cicatrizados o eliminación de hojas del tallo realizados por los herbívoros. A cada individuo se le asignó un valor de ramoneo en una escala de 0 (sin ramoneo) a 6 (sólo el tallo o cortada a ras del suelo). En cada área de estudio, en la misma zona en la que se realizaron los transeptos de disponibilidad, se determinó el grado de ramoneo en 20 individuos de las especies más abundantes elegidos al azar. En algunos casos se determinó el grado de ramoneo en especies de gran interés pero escasa abundancia, en un mínimo de 4 individuos. En el área de matorral quemado de La Trapa, se contabilizaron 10 individuos de las especies de matorrales predominantes y comunes con el resto de zonas que aparecen en el matorral no quemado colindante (MNT), con el fin de poder comparar el daño sufrido por estos individuos frente a los de otras zonas menos afectadas por el fuego.

La presencia de cabras en las zonas de estudio en el momento del muestreo se determinó a partir del avistamiento de rebaños e individuos solitarios, y heces recientes.

Análisis de datos

El cálculo de porcentajes de cobertura total para las distintas especies o grupos de especies en todas las áreas de estudio según la época se calcularon con el programa informático Microsoft Excel 2008 versión 12.0.

El estudio de la variación del grado de ramoneo entre áreas y periodo se realizó para cada una de las especies mediante un modelo ordinal logístico con el programa JMP versión 11.0.

Resultados y discusión

El número de especies identificadas como componentes mayoritarias de la vegetación durante el periodo de estudio fue de 19, entre las que se distinguen especies perennes y anuales, principalmente arbustivas y herbáceas. Se han contabilizado las arbóreas en regeneración, *Pinus halepensis* Miller, y *Olea europaea* L., que en zonas con menor grado de afectación por el fuego se ha encontrado con porte arbustivo debido a la limitación de crecimiento por continuo ramoneo.

Cobertura vegetal

En las medidas de cobertura vegetal se identificaron un total de 17 especies vegetales perennes y anuales (tabla 2). Las plantas herbáceas y plántulas anuales de menor interés y abundancia se han agrupado bajo las denominaciones "Otras herbáceas anuales".

Se ha realizado un cálculo de la cobertura de vegetación perenne al excluir las especies anuales geófitas *Arisarum vulgare* Targ.-Tozz y *Urginea maritima* L., y la agrupación "otras herbáceas anuales".

Tabla 2: Total de especies consideradas en la cobertura vegetal y el porcentaje de cobertura en cada área (MB: matorral quemado Ses Basses; MT: matorral quemado La Trapa; PB: Pinar quemado ses Basses; PT: Pinar no quemado la Trapa) y época de estudio. Se indica entre paréntesis la estrategia de regeneración seguida por cada especie, siendo rebrotadora obligada: R; rebrotadora facultativa: RG; germinadora obligada: G; o no afectada por el fuego: N.A. (Cavero & Ederra, 1999; Lloret *et al*, 2003; Pausas & Juliá, 2009). No se indica en el caso de las agrupaciones de herbáceas anuales. En especies con bajas coberturas inferiores al 4%, la cuantificación de dicha especie en los transeptos está sujeta a la aleatoriedad de los mismos, pudiendo estar presentes en el área pero no aparecer en ninguno de los transeptos. Se indica mediante un asterisco la época de estudio en que dichas especies se encuentran presentes en la zona, pero no son contabilizadas en los transeptos debido a su baja cobertura.

ÁREA	ESPECIES	% de cobertura		
		OCTUBRE	ENERO	MAYO
MB	<i>Ampelodesmos mauritanica</i> (R)	2,33	2,38	8,36
MT	<i>Ampelodesmos mauritanica</i> (R)	10,42	11,38	21,97
PB	<i>Ampelodesmos mauritanica</i> (R)	3,44	8,28	9,67
PT	<i>Ampelodesmos mauritanica</i> (N.A.)	9,8	9,94	17,57
MT	<i>Anthyllis cytisoides</i> (RG)	0	0	0,09
PB	<i>Anthyllis cytisoides</i> (RG)	0,02	0,00*	0,00*
PT	<i>Anthyllis cytisoides</i> (N.A.)	4,36	3,59	5,55
MB	<i>Arisarum vulgare</i> (R)	32,52	38,81	0*
MT	<i>Arisarum vulgare</i> (R)	13,69	18,03	1,79
PB	<i>Arisarum vulgare</i> (R)	3,46	27,51	4,55
PT	<i>Arisarum vulgare</i> (N.A.)	0,00*	1,84	0,04
MB	<i>Asparagus acutifolius</i> (R)	0,09	0,00*	0,00*
PB	<i>Asparagus acutifolius</i> (R)	0,03	0,00*	0,24
PT	<i>Asparagus acutifolius</i> (N.A.)	0,91	0,92	0,41
MB	<i>Asphodelus aestivus</i> (R)	3,91	11,99	10,84
MT	<i>Asphodelus aestivus</i> (R)	0,00*	0,00*	0,18
PB	<i>Asphodelus aestivus</i> (R)	0,17	7,4	2,68
PT	<i>Asphodelus aestivus</i> (N.A.)	0,00*	0,09	0,17
MB	<i>Brachypodium retusum</i> (R)	0,93	0,00*	9,78
MT	<i>Brachypodium retusum</i> (R)	0*	2,91	15,94
PB	<i>Brachypodium retusum</i> (R)	0,43	0,00*	7,08
PT	<i>Brachypodium retusum</i> (N.A.)	22,67	22,5	20,6
MB	<i>Cistus albidus</i> (N.A.)	3,24	0,00*	2,31
MT	<i>Cistus albidus</i> (G)	0	0	0,05
PB	<i>Cistus albidus</i> (G)	0	0	0,24
PT	<i>Cistus albidus</i> (N.A.)	5,53	5,38	3,44
MB	<i>Chamaerops humilis</i> (N.A., R)	3,82	9,06	11,3
MT	<i>Chamaerops humilis</i> (R)	3,77	1,87	1,33

PB	<i>Chamaerops humilis</i> (R)	2,41	8,38	5,94
PT	<i>Chamaerops humilis</i> (N.A.)	0,00*	0,00*	0,08
MT	<i>Erica multiflora</i> (RG)	0	0	0,09
PB	<i>Erica multiflora</i> (RG)	0,02	0,00*	0,1
PT	<i>Erica multiflora</i> (N.A.)	0,95	0,6	0,00*
MB	<i>Euphorbia dendroides</i> (N.A.)	0,00*	0,00*	0,18
PT	<i>Genista lucida</i> (N.A.)	0,65	1,38	1,82
MB	<i>Olea europaea</i> (N.A.)	0,00*	0,00*	1,11
MT	<i>Olea europaea</i> (R)	0	0	0,00*
PB	<i>Olea europaea</i> (R)	0	0	1,44
PT	<i>Olea europaea</i> (N.A.)	0,91	0,78	0,95
PB	<i>Pinus halepensis</i> (G)	0	0,00*	3,97
PT	<i>Pinus halepensis</i> (N.A.)	0,69	0,74	1,99
MB	<i>Pistacia lentiscus</i> (N.A., R)	2,93	6,13	6,46
MT	<i>Pistacia lentiscus</i> (R)	6,55	5,02	4,72
PB	<i>Pistacia lentiscus</i> (R)	2,51	2,47	4,64
PT	<i>Pistacia lentiscus</i> (N.A.)	16,8	9,43	9,2
PT	<i>Rosmarinus officinalis</i> (N.A.)	0,56	0,28	4,35
PB	<i>Rubia peregrina</i> (R)	0	0	0,14
MB	<i>Urginea maritima</i> (R)	0	0,37	0*
MT	<i>Urginea maritima</i> (R)	0	0,25	0,09
MB	Otras herbáceas anuales	0	0,00*	7,89
MT	Otras herbáceas anuales	0	0,99	8,66
PB	Otras herbáceas anuales	0	0,00*	3,64
PT	Otras herbáceas anuales	0	0,00*	2,78
MB	Vegetación total	49,77	68,74	58,21
MT	Vegetación total	34,42	40,44	55,05
PB	Vegetación total	12,49	54,04	44,38
PT	Vegetación total	63,82	57,47	68,96
MB	Vegetación perenne	17,25	29,56	50,33
MT	Vegetación perenne	20,73	21,18	44,52
PB	Vegetación perenne	9,03	26,53	36,19
PT	Vegetación perenne	63,82	55,63	66,14

A continuación, se realiza un análisis de la sucesión de especies y variación de la cobertura vegetal tras el fuego, de forma general y detallada para cada área de estudio.

¿Qué especies aparecen primero tras el fuego en el proceso de regeneración?

Las primeras especies encontradas en las áreas afectadas por el fuego son aquellas rebrotadoras obligadas, y en algunas áreas, rebrotadoras facultativas, es decir, especies que había previamente. La diversidad, cobertura vegetal inicial y aumento de cobertura durante el periodo de estudio es mucho mayor en las especies rebrotadoras obligadas que en las facultativas.

Las especies presentes desde el primer muestreo en todas las áreas de estudio afectadas por el fuego, y con mayor abundancia y porcentaje de cobertura vegetal son las especies rebrotadoras obligadas *A. mauritanica*, *A. vulgare*, *C. humilis* y *P. lentiscus* (tabla 2), llegando a producir inflorescencias en los casos de *A. mauritanica* y *C. humilis* en primavera, asegurando el mantenimiento de la especie y favoreciendo la sucesión. Otras especies rebrotadoras identificadas son *A. acutifolius*, *A. aestivus*, *B. vulgare*, *O. europaea*, *R. peregrina* y *U. maritima*, que aparecen en algunas áreas, con valores de cobertura inferiores, menor abundancia o en los muestreos posteriores. Las especies rebrotadoras facultativas *A. cytisoides* y *E. multiflora* en las áreas con mayor grado de afectación por fuego, MT y PB, con una baja cobertura inicial y leve aumento durante el periodo de estudio (tabla 2). Las especies germinadoras obligadas aparecen a partir del invierno, también únicamente en las zonas con mayor afectación por fuego, con muy baja cobertura pero gran abundancia, siendo *P.*

halepensis la primera especie en germinar en invierno, mientras *C. albidus* y *G. aparine* (incluida dentro de la agrupación de herbáceas anuales) aparecen en primavera (tabla 2). Las especies agrupadas bajo la denominación de "Otras herbáceas anuales" aparecen en todas las áreas de estudio a partir del invierno, con mayor grado de abundancia y diversidad en las áreas de matorral y en primavera.

La especie con mayor cobertura en las áreas afectadas por el fuego durante los muestreos de otoño e invierno es la geófita anual *A. vulgare* (tabla 2), cuya presencia se ve drásticamente reducida en primavera e inicio de la época seca, al carecer de hojas y pasar a una fase de dormancia (Herrera, 1988). La especie perenne con mayor cobertura durante el periodo de estudio en las áreas MT y PB con mayor grado de afectación por fuego, es *A. mauritanica*; y *C. humilis* en MB, especie de la que se identificaron tanto individuos no afectados por el fuego como individuos afectados y en proceso de regeneración. En el área PT, la especie con mayor cobertura durante todos los muestreos es la herbácea *B. retusum*.

De esta forma, el mayor grado de regeneración en cuanto a diversidad vegetal se da en las áreas con mayor afectación por fuego (MT y PB), independientemente de la densidad de población de cabras, siendo las especies dominantes *A. vulgare* y *A. mauritanica*. En la zona con un efecto medio o intermitente del fuego (MB) y con alta densidad de población de cabras y presión por herbivoría, tan sólo se da regeneración de especies rebrotadoras. En el área PT la composición de la comunidad vegetal permanece invariable durante el periodo de estudio.

¿Cómo varía la cobertura y diversidad vegetal en diferentes zonas con diferente grado de afectación por el fuego y presencia de herbívoros?

Al analizar detalladamente la variación de cobertura vegetal total durante el período de estudio, el mayor grado de regeneración en cuanto a cobertura vegetal se da en las áreas con mayor efecto del fuego (tabla 2), donde se considera que la totalidad de la cobertura vegetal anterior al fuego se eliminó con el incendio, encontrándose todas las especies posteriores a la perturbación en proceso de regeneración. El mayor grado de regeneración se da en el área MT con control de población de cabras, presentando una cobertura final de un 55,05%; siendo en PB, con moderada población de cabras, de un 44,38%. En MB, con un menor grado de afectación por fuego y presencia de parches no afectados, se da un aumento de cobertura durante el periodo de estudio de un 8,97%, con un cobertura final de un 58,21%. En PT, sin afectación por fuego y control de población de cabras, se da un aumento de un 5,14%, atribuido al crecimiento vegetal como respuesta a la reducción de la población de cabras durante el periodo de estudio, con una cobertura final de un 68,96%.

Al excluir las especies anuales del total de la vegetación, la cobertura vegetal final es de 44,52% en MT y 36,19% en PB (tabla 2), por lo que la regeneración de especies perennes es superior en MT que en PB. En MB se da un aumento de cobertura de un 33,08%, siendo la cobertura final de 50,33%. El aumento de cobertura para PT al excluir las especies anuales apenas difiere del valor de vegetación total. En las áreas afectadas por el fuego, se observa que durante otoño e invierno, la cobertura de especies herbáceas anuales es dominante (tabla 2), puesto que aprovechan el aumento de luminosidad, la creación de huecos vegetacionales y la ausencia de competencia por la eliminación de la vegetación tras el incendio para germinar y crecer más intensamente (Cavero & Ederra, 1999). Al alimentarse las cabras principalmente de la vegetación arbustiva (Decadia *et al.*, 2000), ésta presenta una limitación de crecimiento por herbivoría, especialmente durante los primeros meses tras el incendio y en las áreas sin control de población, lo que favorece las condiciones para la proliferación de herbáceas anuales. La abundancia de éstas disminuye en primavera, por una reducción en la especie dominante *A. vulgare* y un aumento en la cobertura de especies perennes, pero siendo mayor la cobertura de las agrupadas como "Otras herbáceas anuales".

Variación de la cobertura y diversidad vegetal en matorral con fuerte efecto del fuego y baja herbivoría

En MT se identificaron un total de 11 especies durante el período de estudio, encontrándose todas en proceso de regeneración.

En el primer muestreo de otoño se identificaron 6 especies rebrotadoras (tabla 2) formando un mosaico de parches dispersos de vegetación sobre un suelo altamente erosionado y afectado por el fuego (imagen 2), alcanzando una cobertura vegetal de un 34,42% a los tres meses tras el incendio. Las especies con una cobertura superior al 10% son *A. mauritanica* y *A. vulgare*, siendo las más favorecidas por la eliminación total de la vegetación tras el fuego, alcanzando altos valores de cobertura en tan sólo tres meses. Al ser todavía moderada la presencia de cabras en el área al haberse justo iniciado el control de población de cabras, se observan signos de herbivoría a simple vista en la vegetación del área.

En el muestreo de invierno aparece la especie rebrotadora *U. maritima*, junto con otras herbáceas anuales (tabla 2). Se da un aumento de cobertura por un incremento en las especies predominantes *A. mauritanica* y *A. vulgare*, formando esta última grandes manchas de vegetación (imagen 3), mientras otras especies identificadas en el muestreo anterior no presentan un aumento de cobertura, siendo incluso inferior en algunos casos, asociado a la aleatoriedad de las medidas de cobertura y a la limitación de crecimiento por herbivoría. Los signos de herbivoría son más leves e infrecuentes, siendo muchos ya antiguos y cicatrizados.

En primavera aparecen las especies facultativas *A. cytisoides* y *E. multiflora*, la rebrotadora *O. europaea*, y la germinadora *C. albidus*, todas con una baja cobertura, inferior al 0,1%, pero gran abundancia en el caso de *C. albidus* (tabla 2). Las especies que mayor cobertura alcanzan son *A. mauritanica*, *B. retusum* y la agrupación de "Otras herbáceas anuales" (imagen 5); mientras la cobertura de *A. vulgare* se ve altamente reducida. Otras especies anteriormente identificadas no presentan un aumento de cobertura. No se observan signos recientes de herbivoría sobre la vegetación.

La vegetación en MT presenta un incremento de cobertura durante el periodo de estudio de un 20,63%, favorecido por la reducción de presión por herbivoría en la zona. La especie perenne dominante y con mayor grado de regeneración es *A. mauritanica*, una especie cuya dominancia aumenta con la recurrencia de incendios (Lloret *et al.*, 2003), tratándose MT de un área anteriormente afectada por un incendio 20 años atrás, por lo que es de esperar un aumento de cobertura en el área y una mayor dominancia con el tiempo. Las especies facultativas y germinadoras presentan una aparición más tardía, con menor grado de regeneración, pero favoreciendo la diversidad.

Variación de la cobertura y diversidad vegetal en matorral con medio efecto del fuego y alta herbivoría

En el área MB se identificaron un total de 11 especies, entre las que se encuentran especies no afectadas por el fuego o afectadas en menor grado y especies en estado de regeneración, debido a la afectación por fuego intermitente y en forma de parches.

En el primer muestreo en otoño se identificaron 5 especies rebrotadoras en proceso de regeneración y 3 especies de las que se encontraron individuos no afectados por el fuego, así como *C. humilis* y *P. lentiscus*, encontradas en ambos estados (tabla 2). La cobertura vegetal es de un 49,77%, siendo la rebrotadora *A. vulgare* la especie predominante con un 32,52% de cobertura, formando un denso tapete homogéneo (imagen 6), mientras el resto de especies rebrotadoras y las no afectadas por el fuego presentan una baja cobertura, inferior al 4%. Se avistó un rebaño de aproximadamente 10 cabras alimentándose de la vegetación del área y múltiples heces frescas, así como claros signos de herbivoría identificables a simple vista.

En el muestreo de invierno, aparecen la geófita *U. maritima* y otras herbáceas anuales, ambas con muy baja cobertura (tabla 2). Se aprecia un aumento de cobertura y abundancia en las geófitas *A. vulgare* y *A. aestivus* (imagen 7), y en las rebrotadoras *C. humilis* y *P. lentiscus*. Otras especies presentes en el área, no afectadas por el fuego y rebrotadoras no presentan un aumento de cobertura. Se observaron múltiples heces frescas, así como un rebaño de aproximadamente 13 cabras, siendo abundantes los signos de herbivoría, fácilmente identificables a simple vista.

Las especies predominantes en el área durante las épocas de otoño e invierno son especies herbáceas y anuales, representando más de la mitad del total de cobertura vegetal, mientras el aumento de cobertura de especies perennes es de un 33,08% (tabla 2).

En primavera, al reducirse casi totalmente la cobertura de la especie predominante *A. vulgare* (imagen 8), el valor de cobertura total presenta un ligero descenso en comparación a muestreos anteriores, pero compensado por un aumento de cobertura y frondosidad en las especies rebrotadoras *A. mauritanica*, *B. retusum* y *C. humilis*, así como en la agrupación de "Otras herbáceas anuales" (tabla 2). Se da producción de inflorescencias en *A. aestivus*, *A. mauritanica* y *C. humilis*, asegurándose el mantenimiento de las especies. En otras especies anteriormente presentes en el área no se aprecia un aumento de cobertura. Se observó únicamente una pareja de cabras alimentándose de la vegetación del área, pero múltiples heces frescas. Los signos de herbivoría recientes son menos abundantes e intensos, siendo en su mayoría daños cicatrizados.

La cobertura vegetal en el área presenta una regeneración dominada por especies herbáceas, al verse éstas favorecidas por la continua presión por herbivoría ejercida sobre las especies perennes y arbustivas, junto con el efecto de competencia con las plantas no afectadas por el fuego.

Variación de la cobertura y diversidad vegetal en pinar con alto efecto del fuego y alta herbivoría:

En PB se identificaron un total de 14 especies diferentes durante el período de estudio, encontrándose todas en estado de regeneración.

En el primer muestreo en otoño, se identificaron 9 especies rebrotadoras y facultativas (tabla 2) con una cobertura total de un 12,49%, en forma de parches dispersos (imagen 9). Las especies con una cobertura superior al 2% son agrupaciones de *C. humilis*, así como rebrotes de la misma especie y de *A. vulgare*, *A. mauritanica* y *P. lentiscus*. Se encontraron múltiples heces recientes, así como signos de herbivoría reciente apreciable a simple vista; y se avistó un pequeño grupo de cabras en la lejanía.

En el muestreo de invierno aparecen plántulas de la especie germinadora *P. halepensis* con una abundancia y cobertura insuficiente para aparecer en las medidas de disponibilidad, así como otras herbáceas anuales. La cobertura total aumentó a un 54,04% (tabla 2), debido principalmente a un aumento en la cobertura de las especies rebrotadoras *A. vulgare*, *A. mauritanica*, *C. humilis* y *A. aestivus* respecto al muestreo anterior, apreciable a simple vista (imagen 10), siendo la vegetación dominante de herbáceas geófitas. No se aprecia un aumento de cobertura en *P. lentiscus*, cuyo valor de cobertura menor respecto al muestreo anterior se atribuye a la aleatoriedad de los transeptos junto con la limitación de crecimiento por herbivoría, ni en especies facultativas. No se vieron cabras, pero sí excrementos recientes, y abundantes daños recientes por herbivoría.

En el muestreo de primavera aparecen plántulas de las especies germinadoras *C. albidus*, *G. aparine*, *R. peregrina*, agrupadas las dos últimas bajo la denominación de "Otras herbáceas no gramíneas"; y rebotes de *O. europaea*, con mayor cobertura y considerada en las

medidas de disponibilidad. La cobertura presentó un valor inferior al muestreo anterior, de un 44,38% (tabla 2), atribuida a la reducción de los geófitos *A. vulgare* y *A. aestivus*, siendo la vegetación dominante de especies arbustivas y herbáceas no gramíneas. La cobertura para las especies *B. retusum*, *P. halepensis* y *P. lentiscus* presenta un gran aumento, mientras *A. mauritanica* y *C. humilis* presentan una mayor frondosidad e inflorescencias (imagen 11). Las especies facultativas y otras herbáceas anuales no presentan un aumento de cobertura. No se vieron cabras, pero sí excrementos recientes. Se reducen los signos recientes por herbivoría, afectando a menos individuos y en menor grado, abundando las cicatrices de daños anteriores.

Durante el período de estudio en PB, la vegetación perenne aumenta en un 27,16%, aparecen 5 especies germinadoras, así como aumenta la cobertura de especies rebrotadoras, mientras se mantienen las facultativas. Por lo tanto, a pesar de la presencia de cabras en el área, apreciable por la abundancia de excrementos, la vegetación parece recuperarse de forma progresiva tanto en cobertura como en diversidad.

Variación de la cobertura y diversidad vegetal en pinar con bajo efecto del fuego y baja herbivoría:

En PT se encuentra una alta diversidad de especies de bajo cubierta arbórea, en la que se identificaron 13 especies (tabla 2), que se mantienen durante los tres muestreos realizados. Las variaciones de cobertura vegetal entre muestreos son atribuidas a la aleatoriedad de las medidas de cobertura, siendo el ligero aumento de cobertura en el muestreo de mayo debido al crecimiento vegetal consecuente de la eliminación de la cabra del área. Al reducirse la presión por herbivoría en la zona, se observan nuevos brotes, hojas e inflorescencias en la vegetación, siendo las especies más beneficiadas *A. mauritanica*, *A. cytisoides* y *P. halepensis* con un aumento de cobertura considerable, así como nuevas plántulas de *O. europaea*.

Grado de ramoneo

En las medidas de ramoneo se consideraron un total de 13 especies perennes, de las cuales 4 presentaron altos signos de herbivoría en más de la mitad de individuos evaluados durante las temporadas de otoño e invierno, siendo mucho menor en el muestreo de primavera. No se determinó el grado de ramoneo en especies herbáceas anuales con alta cobertura y disponibilidad en las áreas de estudio, como son *A. vulgare* y *B. retusum*, debido a la dificultad de distinguir en ellas signos de herbivoría y al rechazo de las cabras de consumir dichas especies al presentar muy baja palatabilidad (Barroso *et al.*, 1995; Aldezabal & Garin, 2000).

¿Sufren los parches de vegetación que sobreviven al incendio una mayor presión por parte de los herbívoros?

Se ha realizado una evaluación del grado medio de ramoneo para el total de la vegetación en cada área de estudio. De forma general, el grado medio de ramoneo es bajo en todas las áreas, no superando el valor de 3 en una escala de 0 a 6 en ninguna de las áreas (gráfico 1), y tendiendo a una reducción del grado de afectación con el avance de la temporada, siendo mínimo en primavera, a pesar de tratarse de la época con mayor cobertura y abundancia vegetal en todas las áreas (tabla 2). El grado de afectación por herbivoría es superior en las áreas en regeneración afectadas por el fuego, que en las no afectadas, puesto que al rejuvenecerse el sistema, se incrementa la oferta de alimento tierno y palatable (Miller & Watson, 1974).

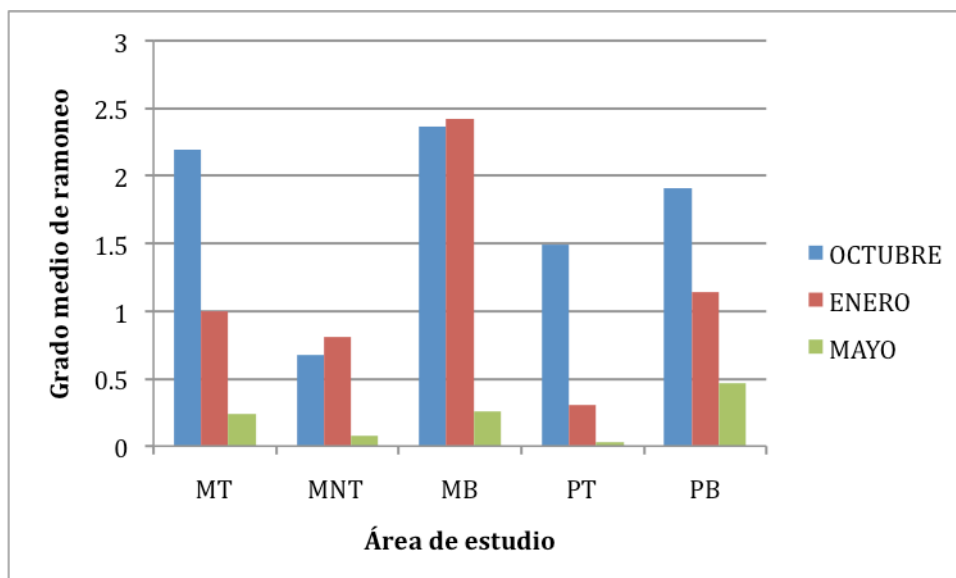


Gráfico 1: Grado medio de ramoneo para el total de la vegetación según el área (MT: matorral quemado La Trapa; MNT: matorral no quemado La Trapa; MB matorral quemado ses Basses; PT: pinar no quemado La Trapa) y periodo de estudio.

En las áreas MT y PT con control de población de cabras, se da una considerable reducción del grado de herbivoría a partir del muestreo de invierno (gráfico 1), cuando el control de población de cabras lleva 4 meses en ejecución. El área MNT no afectada por el fuego y colindante con MT, presenta desde el inicio un bajo nivel de ramoneo al ser menor la disponibilidad de alimento tierno.

En las áreas con control de población de cabras (con y sin daños por fuego), la reducción en el grado de herbivoría con el avance de la temporada puede explicarse por la reducción de la densidad de cabras en la zona desde el mes de septiembre. Sin embargo, en las áreas sin control de población de cabras, y afectadas por el fuego, donde se vieron cabras y heces en todos los muestreos, también se da una reducción, aunque más leve y gradual del grado de afectación por ramoneo. Una posible causa de la disminución de ramoneo en las especies de las áreas en regeneración, puede ser la modificación de sus características nutricionales, como son el contenido en lignina y la presencia de taninos, así como otros compuestos secundarios (Barroso *et al.*, 1995; Ammar *et al.*, 2004).

¿Se dan diferencias de ramoneo entre especies y áreas con diferente grado de afectación por fuego y densidad de población de cabras?

Para las especies presentes durante los tres muestreos, se ha realizado un análisis estadístico mediante un modelo ordinal logístico de la variación del grado de ramoneo entre los factores área y período. El grado de varianza es significativo para ambos factores en las especies *A. mauritanica*, *A. aestivus*, *C. humilis*, *O. europaea* y *P. lentiscus* (tabla 3), tratándose de especies que se encuentran tanto en zonas no afectadas por el fuego como en zonas en proceso de regeneración (tabla 2); mientras *A. cytisoides*, *C. albidus*, *G. lucida* y *P. halepensis*, disponibles sólo en algunas áreas (tabla 2), presentan un grado de varianza significativo únicamente para el factor período (tablas 3). La única especie que no presenta diferencias significativas para ninguno de los dos factores es *R. officinalis*, únicamente presente en PT y con un escaso grado de ramoneo, muy leve y en pocos de los individuos evaluados, durante los dos primeros muestreos.

ESPECIE	FACTOR	χ^2	P
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	Período	$\chi^2_{2,2}=37,04$	<0,0001
	Habitat	$\chi^2_{5,5}=164,24$	<0,0001

<i>Anthyllis cytisoides</i>	Período	$\chi^2_{1,1}=55,93$	<0,0001
	Hábitat	$\chi^2_{1,1}=0,3$	0,584
<i>Asphodelus aestivus</i>	Período	$\chi^2_{2,2}=37,04$	<0,0001
	Hábitat	$\chi^2_{5,5}=164,24$	0,0003
<i>Chamaerops humilis</i>	Período	$\chi^2_{2,2}=79,69$	<0,0001
	Hábitat	$\chi^2_{5,5}=51,02$	<0,0001
<i>Cistus albidus</i>	Período	$\chi^2_{2,2}=23,92$	<0,0001
	Hábitat	$\chi^2_{4,4}=5,08$	0,2791
<i>Genista lucida</i>	Período	$\chi^2_{2,2}=26,6$	<0,0001
	Hábitat	$\chi^2_{2,2}=0,79$	0,673
<i>Olea europaea</i>	Período	$\chi^2_{2,2}=62,85$	<0,0001
	Hábitat	$\chi^2_{2,2}=32,34$	<0,0001
<i>Pinus halepensis</i>	Período	$\chi^2_{2,2}=30,94$	<0,0001
	Hábitat	$\chi^2_{3,3}=0,35$	0,9512
<i>Pistacia lentiscus</i>	Período	$\chi^2_{2,2}=206,31$	<0,0001
	Hábitat	$\chi^2_{5,5}=79,26$	<0,0001
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Período	$\chi^2_{2,2}=8,50$	0,0142
	Hábitat	$\chi^2_{2,2}=10,01$	0,0067

Tabla 3: Resultados del análisis ordinal logístico para los factores período y hábitat en las especies presentes en los tres muestreos.

Otras especies consideradas en las medidas de ramoneo son: *Cneorum tricoccon*, presente únicamente en PT y con un leve grado de ramoneo durante otoño e invierno, con valores de 1 y 2 en aproximadamente la mitad de individuos evaluados; *Erica multiflora*, presente en varias zonas en regeneración en forma de rebrote y sin ramoneo; y *Euphorbia dendroides*, presente únicamente en MB y sin ramoneo.

A continuación, se muestra de forma gráfica la proporción de individuos afectados y el grado ramoneo para cada área y temporada en las especies con un grado de varianza significativo para los factores período y hábitat.

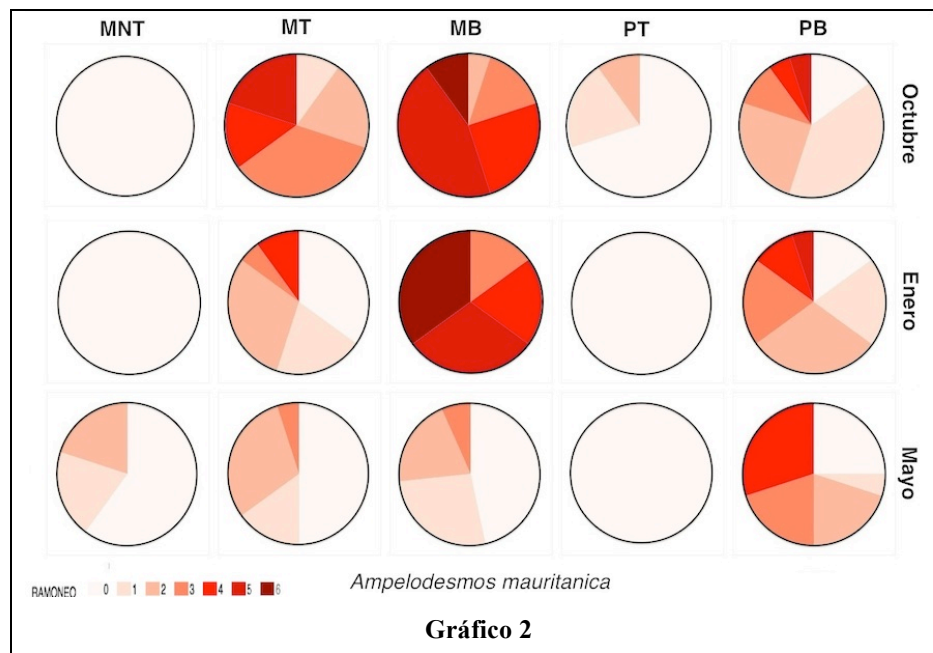


Gráfico 2

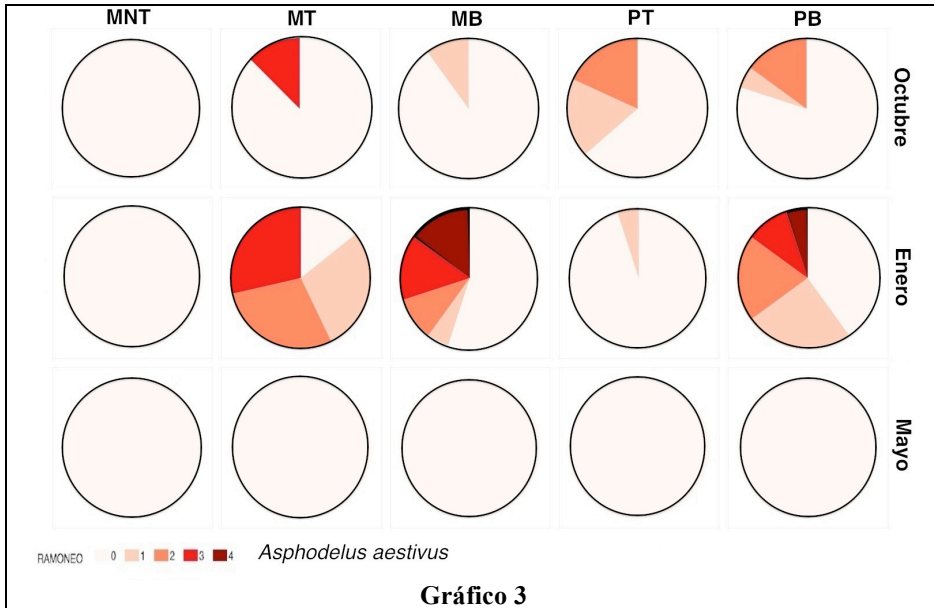


Gráfico 3

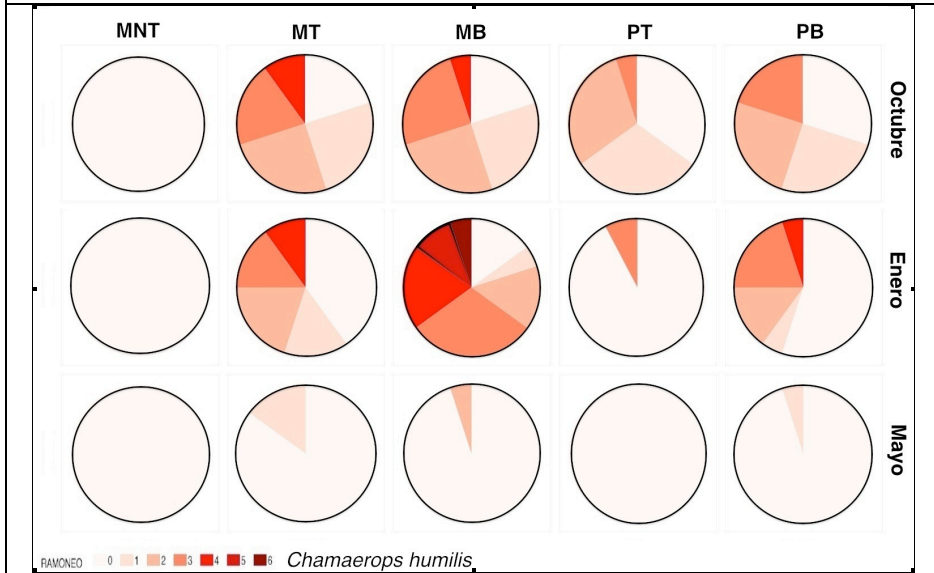


Gráfico 4

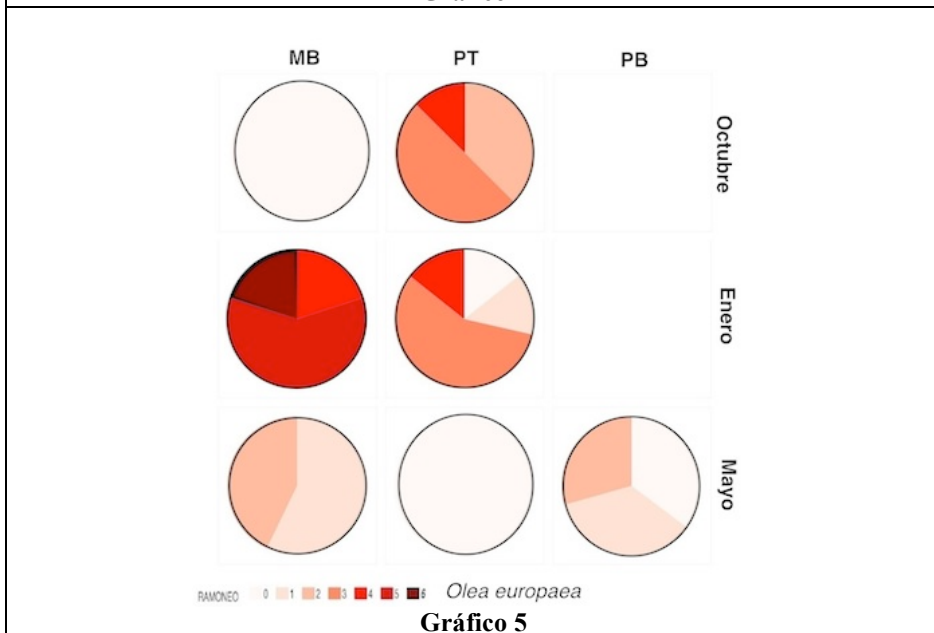
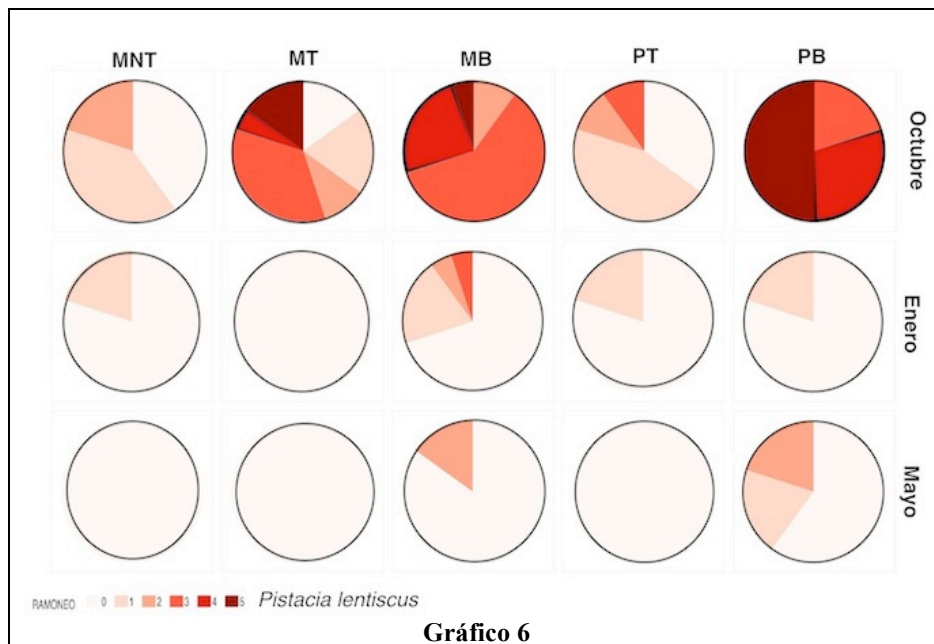


Gráfico 5



Para la mayoría de especies, el grado de afectación por ramoneo es mayor en las zonas en regeneración, donde las especies se encuentran en forma de rebrote, que en las no afectadas por el fuego, donde el grado de ramoneo es nulo o muy bajo afectando tan sólo algunos individuos. En las zonas con control de población de cabras, incluyendo la zona en regeneración MT, el grado de ramoneo se reduce considerablemente en el muestreo de invierno en comparación con el muestreo anterior y con zonas con el mismo grado de afectación por fuego, llegando incluso a ser nulo para algunas especies con altos valores de ramoneo en el período anterior (gráfico 6, MT). La zona con mayor grado de afectación por ramoneo es MB, donde todas las especies llegan a presentar altos valores de ramoneo, de entre 4 y 6, para las temporadas de otoño e invierno, siendo menor en primavera (gráficos 1, 2, 4, 5 y 6). Por contra, la zona con un grado de ramoneo prácticamente nulo o muy leve para todas las especies es MNT, que al encontrarse colindante con MT, presenta una menor disponibilidad de alimento tierno (gráficos 1, 2, 3, 4 y 6).

Las especies que en estado de regeneración presentan el mayor grado de afectación por ramoneo son *A. mauritanica* y *P. lentiscus* (gráficos 2 y 6), ambas con una alta abundancia y alto porcentaje de cobertura (tabla 2), y un grado nulo o muy bajo de ramoneo en las áreas no afectadas por el fuego; mientras *O. europaea* (gráfico 5) es altamente ramoneada en las áreas tanto en regeneración como no afectadas por el fuego en que se encuentra disponible, apesar su baja cobertura y disponibilidad (tabla 2). En en caso de las áreas no afectadas por el fuego, los resultados que coinciden con los de Rivera *et al.* (2014), siendo *A. mauritanica* y *P. lentiscus* las dos especies componentes mayoritarias de los hábitats de pinar y matorral en Mallorca más rechazadas por la cabra salvaje, mientras *O. europaea*, con una baja cobertura en ambos hábitats, resulta la especie más. *A. mauritanica* es una especie con una gran proporción de lignina y fibras, lo que reduce la palatabilidad y contenido nutricional de la planta (Rivera *et al.*, 2014). Durante las temporadas de otoño e invierno, en las zonas en regeneración presenta altos grados de herbivoría (gráfico 2), llegando a estar casi mordida a ras del suelo (imagen 12). En cambio, en primavera, cuando presenta una mayor cobertura y frondosidad (tabla 2), el ramoneo es más leve y se da únicamente en las inflorescencias, excepto en PB, donde el grado de afectación se mantiene respecto a las temporadas anteriores. Con ello, se deduce que el contenido de fibras y ligninas es bajo durante los primeros meses de regeneración, por lo que es altamente palatable y

consumida por los herbívoros. Cuando la planta madura y aumenta el contenido de fibras y ligninas, el consumo se centra en las inflorescencias. El caso de *P. lentiscus* es similar, siendo amenudo rechazada debido a la alta concentración de taninos que presenta, puesto que reducen la palatabilidad y digestibilidad (Decandia *et al.*, 2000; Ammar *et al.*, 2004; Rivera *et al.*, 2014). Sin embargo, en el primer muestreo de otoño tras el incendio, en las áreas en proceso de regeneración donde se encuentra en forma de rebrote, con las hojas tiernas y de color verde brillante, presenta un alto grado de herbivoría en la mayoría de los individuos evaluados, con valores de ramoneo de hasta 5 (gráfico 6), afectando a las yemas tiernas apicales (imagen 13, izquierda). En el siguiente muestreo de invierno, las hojas ya son maduras, el grado de afectación se reduce tanto en intensidad como en número de individuos afectados, siendo casi nulo incluso en las áreas sin control de población de cabras (gráfico 6), encontrándose abundantes marcas de herbivoría ya cicatrizadas (imagen 13, derecha). Se deduce que durante los primeros meses de regeneración, el nivel de taninos presentes en *P. lentiscus* podría ser bajo y altamente tolerable, por lo que las cabras aprovechan para consumir la especie, hasta que madura y aumenta el nivel de taninos, lo que reduce la digestibilidad y el consumo a partir del invierno.

En cuanto a la geófito *A. aestivus*, presenta un leve grado de ramoneo en otoño (gráfico 3), que se intensifica en invierno en las áreas afectadas por el fuego con el aumento de cobertura, alcanzando valores de 4, y es nulo en primavera para todas las áreas. *C. humilis* presenta un grado de ramoneo muy similar en todas las áreas en otoño (gráfico 4), excepto en MNT donde es nulo; mientras en invierno se intensifica en MB, afectando únicamente a los individuos en estado de regeneración, y se reduce en las áreas con control de población de cabras, siendo prácticamente nulo en primavera.

Las especies *A. cytisoides*, *P. halepensis*, *C. albidus* y *G. lucida*, que presentan un grado de varianza significativo únicamente para el factor período presentan una baja cobertura y en algunas zonas no aparecen hasta la primavera (tabla 2), presentando únicamente afectación por ramoneo en las áreas no afectadas por el fuego, a pesar de encontrarse algunas de ellas en estado de regeneración en las áreas si afectadas. En todas, se da una reducción del grado de afectación con el avance de la temporada, atribuido a la reducción de la densidad de población de cabras. *A. cytisoides* presenta valores de ramoneo de 5 y 6 para todos los individuos evaluados en PT y MNT en otoño. En las zonas en regeneración en las que se encuentra disponible (tabla 2), no presenta ningún daño por herbivoría a pesar de tratarse de una especie altamente palatable (Barroso *et al.*, 1995). Para el resto de especies, se da un moderado grado de ramoneo en otoño en las áreas no afectadas por el fuego, nulo el resto de temporadas y en las áreas en que se encuentran en forma de plántula o rebrote.

Conclusiones

Con el presente trabajo, se concluye a modo de respuesta a las preguntas planteadas en los objetivos:

1. ¿Qué especies aparecen primero tras el fuego en el proceso de regeneración?

En todas las áreas de estudio afectadas por el fuego, predomina la regeneración de especies rebrotadoras, altamente adaptadas al fuego, frente a las especies germinadoras y facultativas

2. ¿Cómo varía la cobertura y diversidad vegetal en diferentes zonas con diferente grado de afectación por fuego y presencia de herbivoría?

En todas las áreas afectadas por el fuego, durante los primeros meses predominan las especies herbáceas anuales, especialmente en las áreas sin control de población de cabras. Con el avance de la temporada, según decrece el grado de afectación por herbivoría, se da un aumento en la cobertura de especies perennes y una disminución en las herbáceas anuales. En áreas no afectadas por fuego no se dan cambios en la composición y cobertura vegetal.

3. ¿Sufren los parches de vegetación que sobreviven al incendio una mayor presión por parte de los herbívoros?

La afectación por herbivoría es superior, tanto en intensidad como en cantidad de individuos afectados, en las especies en estado de regeneración.

4. ¿Se dan diferencias de ramoneo entre especies y áreas con diferente grado de afectación por fuego y densidad de población de cabras?

Las especies con mayor intensidad de ramoneo en las áreas afectadas por el fuego presentan un nulo o muy bajo grado de herbivoría en las áreas no afectadas por el fuego, mientras especies con un grado moderado de herbivoría en áreas no afectadas por el fuego no presentan signos de herbivoría en las áreas en regeneración.

De forma general, se concluye que tras el incendio, todas las áreas afectadas por el fuego se regeneran alcanzando altos valores de cobertura vegetal, independientemente de la densidad de población de cabras. El grado de afectación por herbivoría es máximo durante los primeros meses, pero se reduce con el avance de la temporada, atribuido a cambios en las características nutricionales de las plantas con su maduración en las áreas en regeneración; y al descaste realizado por las partidas de caza en las áreas con control de población de cabras y sin afectación por fuego.

Imágenes

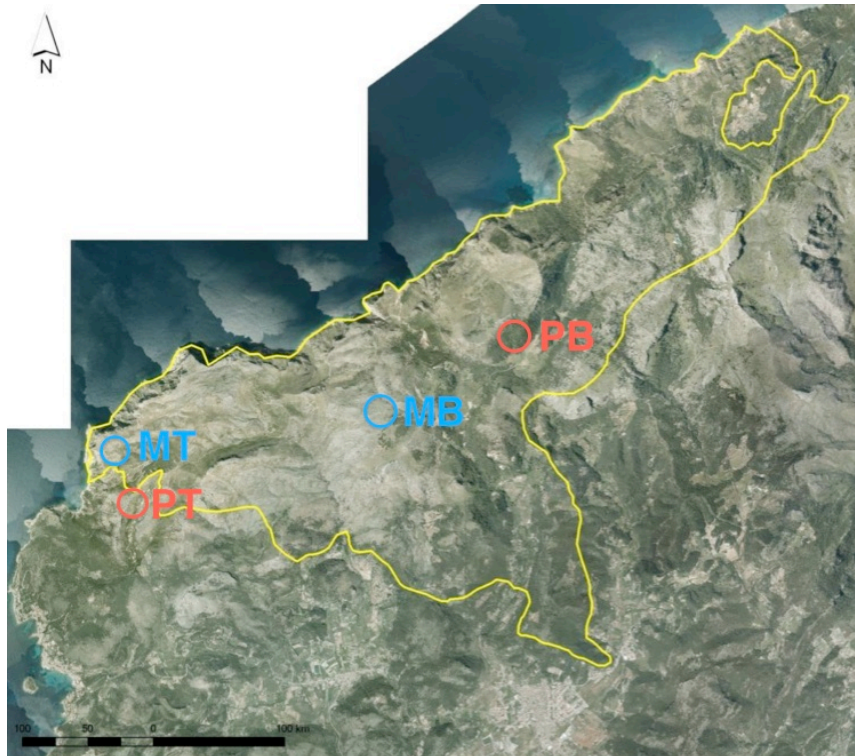


Imagen 1: Marcado en amarillo el perímetro de la zona afectada por el incendio de Sa Coma Calenta. Se indica la localización aproximada de las áreas de estudio, siendo MT y PT las áreas pertenecientes a la zona de La Trapa, y MB y PB las áreas pertenecientes a la zona de Ses Basses. Se distinguen marcadas en azul las áreas de matorral y en rojo las de pinar (imagen obtenida de Servei de Gestió Forestal i Protecció del Sòl, 2013; modificada por la autora).



Imagen 2: Vegetación en forma de parches intermitentes en MT en el muestreo de otoño. Destaca la gran cantidad de restos vegetales calcinados, así como el suelo altamente erosionado y cubierto de cenizas. Se observa en el centro de la imagen una agrupación de *C. humilis*, y diversos rebrotes de *A. mauritanica*.



Imagen 3: Vegetación de MT en el muestreo de invierno. Se aprecia el aumento de cobertura en *A. vulgare*, formando densos parches, y en *A. mauritanica*, presentando mayor frondosidad y biomasa.



Imagen 5: Vegetación de MT en el muestreo de primavera. Destaca la reducción de *A. vulgare*, así como el gran crecimiento de *A. mauritanica*, llegando a desarrollar inflorescencias; y parches de *B. retusum*.



Imagen 6: Predominancia de *A. vulgare* en MB en otoño, formando un denso tapete cubriendo la mayor parte del suelo.



Imagen 7: Vegetación en MB en el muestreo de invierno. Se da un aumento de cobertura y abundancia en *A. aestivus*, así como aparecen nuevos rebrotes de *C. humilis*, y especies herbáceas anuales.



Imagen 8: Vegetación en MB en el muestreo de primavera. Destaca la gran reducción de *A. vulgare*, así como la producción de inflorescencias en *A. aestivus*.



Imagen 9: Cobertura de la vegetación en PB en otoño, formando pequeños parches dispersos. A simple vista, resalta la abundancia de *A. vulgare*, así como rebrotes de *C. humilis* y *A. mauritanica*. El suelo presenta una gran cobertura de cenizas y tierra quemada, y abundan los restos de vegetación quemada.



Imagen 10: Cobertura de la vegetación en PB en invierno. Se aprecia un aumento de cobertura de *A. vulgare*, *A. Aestivus* así como una mayor frondosidad de *A. mauritanica*.



Imagen 11: En primavera en PB se reduce la presencia de especies geofitas, de forma que predomina la cobertura de la poácea *A. mauritanica* y otras especies arbustivas, presentando mayor frondosidad e inflorescencias, al igual que *C. humilis*.



Imagen 12: Rebrote de *A. mauritanica* en MB en el muestreo de otoño, presentando un alto grado de daño por herbivoría.



Imagen 13: Izquierda, mordisco reciente en la yema de *P. lentiscus* en MB en el muestreo de otoño. Derecha, cicatriz de un mordisco en una yema de *P. lentiscus* en MB en el muestreo de invierno.

Referencias bibliográficas

- AMMAR H., LÓPEZ S. & GONZÁLEZ J. S., (2005). Assesment of the digestibility of some Mediterranean shrubs by in vitro techniques. *Animal Feed Science and Technology*, 119: 323-331.
- ALDEZABAL A. & GARIN I. (2000). Browsing preference of feral goats (*Capre hircus* L.) in a Mediterranean mountain scrubland. *Journal of Arid Environments*, 44: 133-142.
- BARROSO F. G., ALADOS C. L. & BOZA J., (1995). Food selection by domestic goats in Mediterranean arid shrublands. *Journal of Arid Environments*, 31: 205-217.
- CAMPBELL K. & JOSH DONLAN C., (2005). Feral goat eradications on islands. *Conservation Biology*, Vol 19, 1362-1374.
- CAVERO R. Y. & EDERRA A. (1999). Evolución de la composición florística post-fuego en un carrascal de Navarra. *Pirineos*, 153-154.
- CUMMINGS J. & SMITH D. (2000). The line-intercept method: A tool for introductory plant ecology laboratories. *Tested Studies for laboratory teaching, Proceedings of the 22nd Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education*. ABLE.
- DECADIA M., MOLLE G., SITZIAM., CABIDDU A., RUIU A., PAMPIRO F. & PINTUS A., (2000). Effect of polyethyleneglycol on browsing behavior and performance of late lactating goats. Ledin I. Y Morand-Fehr P. (Eds.). *Sheep and goat nutrition: Intake, digestion, quality of products and rangelands*. Zaragoza, España: CIHEAM, Cahiers Options Méditerranéennes, 52, 147-150.
- ÉTIENNE M. & RIGOLOTTÉ. (2001). *Méthodes de suivi des coupures de combustible*. Réseau Coupures de combustible. De la Cardère Morières.
- FERNÁNDEZ-OLALLA M. & SAN MIGUELI-AYANZ A. (2007). La selección de la diera en los fitófagos. Conceptos, métodos e índices. *Pastos*, XXXVII (1).
- HERRERA J. (1988). Reproducción sexual y multiplicación vegetativa en *Arisarum simorrhinum durieu* (Araceae). *Lagascalia* 15 (1): 25-41.
- MARTÍNEZ A. (2013). Ecosistemas i focs forestals. *VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*. Soc. Hist. Nat. Balears. 21-23.
- MAYOL J. & DOMENECH, O. (2013). La cabra orada, un problema insidiós a Mallorca. *VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*. Soc. Hist. Nat. Balears. 166-168.
- MILLER G. R. & WATSON A. (1974). Some effect of FIRE on vertebrate herbivores in the Scottish Highlands. *Proc. Annual Tall Timber fire Ecol. Conf.*, 13: 39-64.
- NAVEH Z. (1994). The role of Fire and its management in the conservation of Mediterranean Ecosystems and Landscapes. *The Role of Fire in Mediterranean-Type Ecosystems*. Chap. 9.
- LLORET F., PAUSAS J. G., VILÀ M. (2003). Vegetation response to different Fire regimes in Garraf (Catalonia, Spain): field observations and modelling predictions. *Plant Ecology* 167: 223-235.
- LOPEZ-TRUJILLO R. & GARCIA-ELIZONDO R., (1995). Botanical composition and diet quality of goats grazing natural and grass reseeded shrublands. *Small Ruminant Research*, 16: 37-47.
- PAUSAS J. G. (2004). La recurrencia de incendios en el monte Mediterráneo. *Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo*, 47-64.
- PAUSAS J. G. (2010). Fuego y evolución en el Mediterráneo. *Investigación y Ciencia*, Agosto: 56-63.
- PAUSAS J. G. & JULIÁ, S. P. (2009). Mecanismos de persistencia tras incendio en plantas mediterráneas: consecuencias ecológicas y evolutivas. *CEAM*, CGL2006-07126/BOS
- RIVERA L., BARAZA E., CAPÓ A., BARTOLOMÉ J. (2014). Ramoneo y selección de dieta de la cabra salvaje mallorquina (*Capra hircus*). *Pastos y PAC 2014-2020*: 571-578.
- ROSENTHAL J. P. & KOTANEN P. M., (1994). Terrestrial plant tolerance to herbivory. *TREE*, 4 (9): 145-148.
- RUIZ-MIRAZO, J. (2008). La prevención de incendios forestales mediante pastoreo controlado en Andalucía. *Ganadería extensiva*, Jun-Jul: 28-33.

SEGUÍ B., PAYERAS L., RAMIS D., MARTÍNEZ A., DELGADO J. V., QUIROZ J. (2005). La cabra salvaje mallorquina: origen, genética, morfología, notas ecológicas e implicaciones taxonómicas. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 48: 121-152.

Servei de Gestió Forestal i Protecció del Sòl. Restauració ambiental dels espais forestals afectats per l'incendi forestal d'Andratx/Estellencs (2013). Govern de les Illes Balears. Consultado [06/07/14], recuperado [www.caib.es]

STRAUSS S. Y. & AGRAWAL A. A. (1999). The ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. *TREE*, 5 (14): 179-185.

TERCERO-BUCARDO N., KITZBERGER T., VEBLEN T. & RAFFAELE E. (2007). A field experiment on climatic and herbivore impacts on post-fire tree regeneration in north-western Patagonia. *Journal of Ecology*, 95: 771-779.

VIVES J. A. & BARAZA E., (2010). La cabra doméstica asilvestrada (*Capra hircus*) en Mallorca ¿Una especie a erradicar? *Galemys*, 22: 193-205.

WILLIAM J. B. & KEELEY J. E. (2005). Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 20 (7): 387-394.