



Universidad
Politécnica
de Cartagena



Estudio de la regeneración natural del incendio de la Sierra del Almirez (Lorca) y redacción de medidas de restauración ecológica

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DE SISTEMAS
BIOLÓGICOS

TRABAJO FIN DE GRADO

Realizado por: Mario Sánchez García

Dirigido por: Dr. Juan José Martínez Sánchez

Departamento: Producción Vegetal

Cartagena, Octubre de 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi tutor Dr. Juan José Martínez Sánchez por la ayuda prestada, tanto en campo como en redacción, durante la realización de este trabajo y a Esteban Jordán por la facilitación de ayuda para el mismo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Importancia de los incendios en el Mediterráneo, en la Península Ibérica y en la Región de Murcia.....	2
1.2 Justificación del proyecto	8
1.3 Antecedentes	8
1.3.1 Introducción.....	8
1.3.2 Plan de Recuperación de terrenos incendiados en la Sierra del Almirez .	10
1.3.3 Medidas cautelares	10
1.3.4 Medidas de emergencia	10
1.3.5 Medidas de seguimiento ambiental	14
1.3.6 Medidas de voluntariado y de divulgación ambiental	14
1.3.7 Medidas de regeneración ecológica.....	14
2. OBJETIVOS.....	15
3. MATERIAL Y MÉTODOS	17
3.1 Descripción de la zona afectada por el incendio.....	18
3.1.1 Geografía	18
3.1.2 Geología	18
3.1.3 Cartografía	19
3.1.4 Vegetación.....	20
3.1.5 Clima	20
3.1.6 Fauna	20
3.2 Metodología de muestreo del regenerado	21
3.3 Análisis estadístico	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1 Recubrimiento del suelo	28
4.2 Riqueza florística	33
5. CONCLUSIONES	37
6. PROPUESTAS DE NUEVAS ACTUACIONES	39
7. BIBLIOGRAFÍA.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipo de suelo y porcentaje en la parcela testigo.....	28
Tabla 2: Porcentaje de suelo cubierto, suelo con cobertura superpuesta y suelo desnudo en las parcelas incendiadas.	29
Tabla 3: Porcentaje de suelo cubierto, suelo con cobertura superpuesta y suelo desnudo en la parcela testigo y en las parcelas incendiadas.	29
Tabla 4: Principales especies y su porcentaje de cobertura absoluta y relativa en la parcela testigo.	30
Tabla 5: Principales especies y su porcentaje de cobertura absoluta y relativa media en las parcelas incendiadas.	31
Tabla 6: Frecuencia absoluta y relativa (%) de especies presentes en el mayor número de parcelas incendiadas.	32
Tabla 7: Número de especies e índice de Shannon en las parcelas incendiadas y en la parcela testigo.	34
Tabla 8: Media del número de plántulas de <i>Pinus halpensis</i> por cada 100 m ² en las parcelas incendiadas.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución del número de siniestros y superficies afectadas en España, 1961-2010. Fuente: MAPAMA.	4
Figura 2: Evolución del número de incendios y superficie forestal (en hectáreas) quemada en la Región de Murcia. Fuente: Boletín de Satisfacción Ambiental de la Región de Murcia.	5
Figura 3: Localización del área afectada por el incendio. Fuente: Google maps.	19
Figura 4: Área afectada por el incendio y parcelas designadas. Fuente: Google maps..	19
Figura 5: Método de puntos de intercepción. Fuente: Mateucci y Colma, 1982.	21
Figura 6: Evolución del número de especies en relación al progresivo aumento del número de puntos de muestreo en la parcela 2.	24
Figura 7: Evolución del número de especies en relación al progresivo aumento del número de puntos de muestreo en la parcela 2 en la parcela 4.	24
Figura 8: Evolución del número de especies en relación al progresivo aumento del número de puntos de muestreo en la parcela 10.	24
Figura 9: Evolución del número de especies en relación al progresivo aumento del número de puntos de muestreo en la parcela 13.	24
Figura 10: Porcentaje de suelo cubierto, suelo con cobertura superpuesta y suelo desnudo en las parcelas incendiadas.	28
Figura 11: Porcentaje de suelo cubierto, suelo con cobertura superpuesta y suelo desnudo en la parcela testigo y en las parcelas incendiadas.	30
Figura 12: Porcentaje de cobertura absoluta de la especie <i>Stipa tenacissima</i> en la parcela testigo y las parcelas incendiadas.	31
Figura 13: Porcentaje de cobertura relativa en la parcela testigo.	31
Figura 14: Porcentaje de cobertura relativa media en las parcelas incendiadas.	32
Figura 15: Frecuencia absoluta y relativa (%) de especies presentes en el mayor número de parcelas incendiadas.	33
Figura 16: Número de especies e índice de Shannon en las parcelas incendiadas y en la parcela testigo.	34
Figura 17: Media del número de plántulas de <i>P. halepensis</i> en las parcelas incendiadas.	35
Figura 18: Porcentaje de plántulas de <i>Pinus halepensis</i> en las parcelas incendiadas sobre el número total de plántulas existentes en el conjunto de parcelas.	36

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Área afectada por el incendio.	9
Fotografía 2: Área próxima al incendio sin estar afectada por el mismo.	9
Fotografía 3: Línea de 25 metros utilizada en el método de puntos de intercepción.	22
Fotografía 4: Especie <i>Cistus clusii</i> interceptada en la línea.	22

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia de los incendios en el Mediterráneo, en la Península Ibérica y en la Región de Murcia

El fuego tiene un importante papel en los procesos que gestionan los ecosistemas del planeta Tierra. La abundancia de carbones en los sedimentos demuestra que el fuego ha actuado desde hace 400 millones de años (principios del Devónico) cambiando su frecuencia e intensidad según los niveles de oxígeno atmosférico y el clima. Como componente del sistema terrestre, el fuego ha influido en la composición de los gases de la atmósfera, el clima, la biota, las geoformas, el transporte de materiales y las tasas de sedimentación (Scott, 2000; 2009).

La configuración de ecosistemas como los bosques boreales de coníferas, praderas, sabanas y bosques mediterráneos, es debida principalmente a la acción del fuego además de por motivos climáticos (Bond et al. 2004, Bodí et al. 2008). La recurrencia de incendios propicia un ecosistema distinto del esperado según la situación climática en la que se encuentra. En estas circunstancias de incendios reiterados, las especies con algún mecanismo de resistencia al fuego perduran y desarrollan para su propia supervivencia dispositivos de reproducción y morfologías para resistir e incluso favorecer los incendios con un régimen concreto de recurrencia (Pyne, 2001). El fuego es así un factor ecológico esencial en la distribución de los biomas de la Tierra, funcionando como un gran herbívoro (Bond y Keeley, 2005). A escala humana y regional los efectos de los incendios son heterogéneos y a veces catastróficos. No obstante, incluso dentro una misma zona, según la litología, régimen de precipitación, orientación o usos del suelo, los efectos serán variados y contrastados (Neary et al., 1999; Kutiel, 2006). Esta importancia y complejidad de los incendios forestales hace que su estudio sea una cuestión relevante en determinadas zonas del mundo.

Los ecosistemas mediterráneos poseen un clima de transición entre el régimen templado oceánico y el tropical seco. Su característica más importante es la coincidencia de la época seca con la cálida. En verano, el Mediterráneo se encuentra bajo la influencia de los anticiclones subtropicales secos que se retiran en invierno hacia latitudes más bajas dejando paso a las borrascas atlánticas de latitudes templadas. Esta peculiaridad propicia que los ecosistemas sean susceptibles a los incendios forestales con una vegetación agostada en verano, que junto a su naturaleza inflamable favorece la aparición y expansión de los incendios (Naveh, 1991; Arianoutsou et al., 1993).

El fuego ha estado presente en el Mediterráneo como fenómeno natural mucho antes de que el hombre existiera, ya fueran provocados por rayos en tormentas eléctricas o debido a erupciones volcánicas (Naveh, 1975). De hecho, los incendios fueron durante el Plioceno uno de los factores que contribuyeron a configurar, junto al clima, la vegetación mediterránea (Bond y Keeley, 2005; Mataix-Solera y Guerrero, 2007). No se sabe con exactitud cuál era el régimen de incendios natural, pero debió caracterizarse por incendios menos frecuentes y áreas afectadas más grandes, ya que el fuego actuaba sobre un paisaje más homogéneo que el actual y sin barreras antrópicas como carreteras, ciudades, pastos o campos de cultivo (Naveh, 1975; Arianoutsou et al., 1993).

Con la aparición de las sociedades de cazadores-recolectores se utiliza el fuego para abrir claros en el bosque y crear zonas más accesibles, favorecer la producción de ciertos alimentos y propiciar mejores zonas de caza (Naveh, 1991). Pero el mayor impacto del uso del fuego se produjo durante el Neolítico. El hombre se convierte en agricultor y ganadero, y necesita amplias zonas para pastos y cultivo que consigue al deforestar mediante el fuego. Estos incendios controlados, denominados rozas, se han seguido practicando hasta los años 60 en España y en la Europa Mediterránea también con otros fines: controlar plagas y malas hierbas, fertilizar con cenizas, mejorar pastos y modificar el bosque (Naveh, 1974; Dupré, 1983; Carcaillet et al., 2002).

Antes del uso del fuego como herramienta, predominaba el bosque mediterráneo de *Quercus ilex* y *Quercus faginea*, donde el *Pinus sp.* predominaba en las laderas. Los agricultores se instalaron obviamente en las tierras más fértiles y llanas, donde se encontraban los *Quercus sp.*, que además fueron especialmente diezmados por el intenso aprovechamiento que han tenido debido a su alto valor como energía calorífica. Esto benefició la expansión de *Pinus halepensis*, que aprovechó las zonas de cultivo abandonadas y que ha sido potenciado por la repoblación forestal (Carrión y Dupré, 1996; Carcaillet et al., 1997; Mataix-Solera y Guerrero, 2007).

Hasta mediados del siglo XX, en España y el resto de países mediterráneos se garantizaba la gestión del monte mediante un aprovechamiento sistemático, y a veces incluso abusivo, de los recursos forestales del territorio. Los vecinos lo explotaban obteniendo leña para la lumbre y cocina, madera y pasto. Además se roturaba el suelo o se quemaba la vegetación para sembrar cereales, plantar frutales u olivos. El resultado era un paisaje compartimentado y diverso con bajo riesgo de incendios, los cuales eran rápidamente sofocados por una población que vivía en el monte y para el monte. No obstante, en algunas ocasiones también se producían incendios incontrolados. Sin duda, el monte mediterráneo es el resultado de la explotación y el aprovechamiento humano (Montiel Molina, 1994; Vélez Muñoz, 1999; Molinero et al., 2008).

Pero en los años 60, la industrialización y el éxodo rural dieron lugar al abandono de los campos de zonas de montaña y contribuyeron a un incremento de la cubierta vegetal. En la actualidad, estas zonas no tienen apenas explotación ni se obtiene beneficio directo, ni siquiera para la gente que aún permanece en las zonas rurales, ya que nuevas normas y leyes restringen las talas, zonas de pasto y caza (Molinero et al., 2008). A este cambio de usos del suelo y al incremento del riesgo de incendios forestales han contribuido también las repoblaciones de pinar (la especie arbórea más afectadas por el fuego en Cataluña, Aragón, Comunidad Valenciana y Murcia es *Pinus halepensis*) y el aumento de nuevas zonas residenciales en la interfaz urbano-forestal (Pausas et al., 2008; Vallejo et al., 2009).

Las consecuencias han sido un aumento de los incendios forestales desde los años 70 (Figura 1) en aquellos momentos en que se dan las condiciones climáticas favorables, a pesar del esfuerzo en pistas forestales, cortafuegos, infraestructuras y medios de extinción. El fuego ocurre con mayor frecuencia y, aunque los ecosistemas

mediterráneos son capaces de convivir con él, este cambio de régimen puede provocar efectos adversos. Pero los incendios forestales no son siempre eventos catastróficos (Mataix-Solera y Guerrero, 2007), los incendios de baja intensidad son de pequeño impacto y promueven la vegetación herbácea, incrementan la disponibilidad de nutrientes y aclaran los bosques, lo que promueve un hábitat más sano (Neary et al., 1999). Este fue el incendio controlado del matorral Mediterráneo durante milenios.

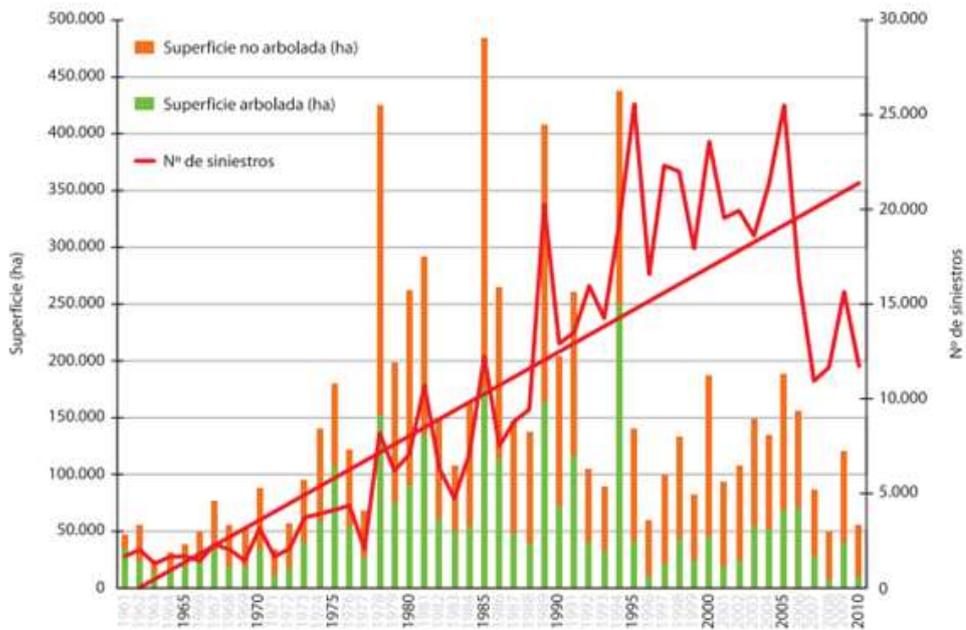


Figura 1: Evolución del número de siniestros y superficies afectadas en España, 1961-2010. Fuente: MAPAMA.

Como parte del mundo mediterráneo, la Región de Murcia no es ajena al problema de los incendios forestales siendo frecuentes en muchas de sus comarcas. El fuego debe haber sido un factor ecológico de importancia, favoreciendo la creación de paisajes heterogéneos mediante la eliminación temporal de la cobertura leñosa, promoviendo espacios abiertos (matorrales aclarados y pastizales) dentro de la matriz forestal.

Durante los últimos años el número de incendios ha aumentado en la región, lo cual en cierta medida difiere de la tendencia española. En Murcia, el número de incendios ha aumentado entre 1983 y 2003 (Figura 2), e incluso a lo largo del periodo descrito por los datos estatales (1991-2003), durante el cual se ha más que duplicado. Con la excepción de 1990, un año excepcionalmente pródigo en este tipo de siniestros (187), su número ha pasado en los últimos veinte años de 25 a 160. La superficie afectada ha sido en promedio de casi 1.500 hectáreas anuales, aunque este valor se reduce a 261 si se excluye 1994, año del catastrófico incendio de Moratalla. La estadística regional de

superficie quemada muestra una cierta estabilidad, a salvo de los picos de 1990-91 (1.212 y 1.546 ha, respectivamente) y del record de 1994.

Esta relativa estabilidad de la superficie quemada puede llevar a la conclusión de que la frecuencia de fuegos se ha incrementado pero su poder destructivo ha sido controlado generalmente por medios de detección e intervención rápida más eficaces, pero al mismo tiempo se podría interpretar que el riesgo de incendio muestra una preocupante persistencia. No sólo porque las cifras se resisten a bajar, sino porque los incendios que escapan a los medios de control y extinción pueden alcanzar, como se ha visto, proporciones descomunales.

Por otra parte, el impacto ecológico de algunos incendios va mucho más allá de sus efectos sobre la vegetación, que no suelen ser severos bajo un régimen natural de perturbación, pero que pueden agravarse considerablemente por ejemplo, si se reduce el período de recurrencia o si se conjugan con otros factores de presión.

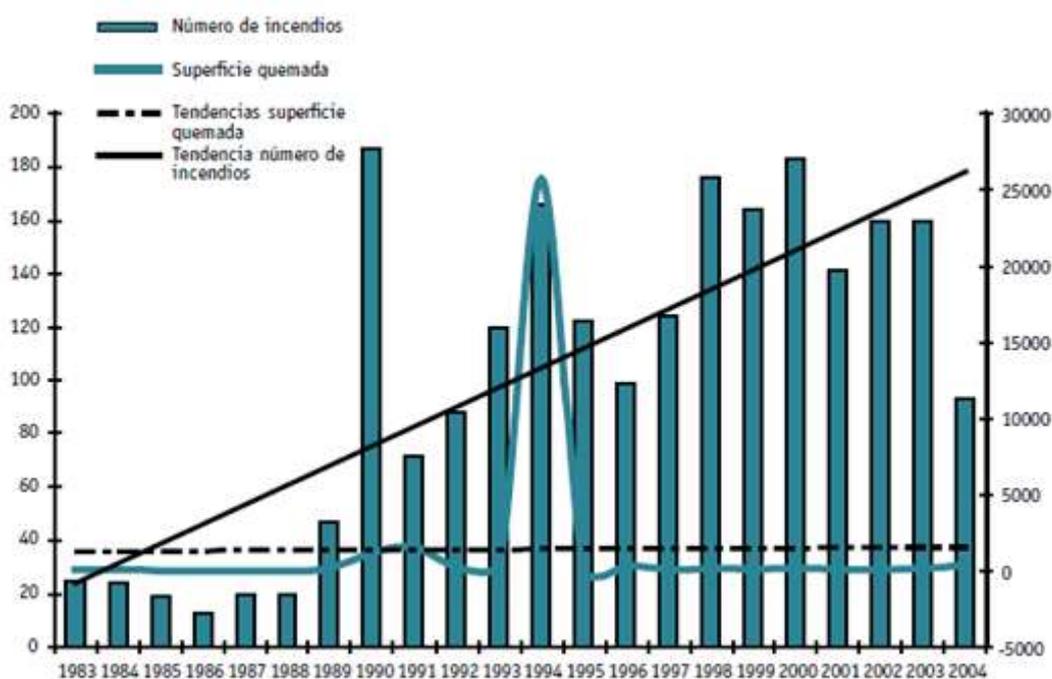


Figura 2: Evolución del número de incendios y superficie forestal (en hectáreas) quemada en la Región de Murcia. Fuente: Boletín de Satisfacción Ambiental de la Región de Murcia.

Ya sea a nivel nacional o regional, las consecuencias de los incendios forestales sobre el medio natural son adversas, siendo especialmente evidentes en la vegetación.

Sin embargo, la duración y el alcance de los efectos del fuego van a depender de diversos factores como el tipo de vegetación afectada y su estado de madurez, el nivel de daños causados a la vegetación, la pendiente del terreno y la intensidad y frecuencia

del incendio. Así pues, cuando la severidad y frecuencia de los incendios es elevada, el fuego conduce al medio natural hacia un proceso de degradación como consecuencia de la pérdida de la cubierta vegetal y erosión consecuente. Esta situación podría desembocar en un proceso de empobrecimiento o pérdida del potencial biológico del suelo, proceso global definido como desertificación.

En general, los incendios forestales pueden tener efectos ecológicos negativos, pueden suponer importantes pérdidas en los múltiples beneficios del monte, tanto directos como indirectos y crean una gran alarma social.

Efectos ecológicos

El calor producido en el incendio afecta en mayor o menor medida a las plantas, dependiendo de si los diferentes tejidos alcanzan la temperatura letal, pudiendo llegar a producirles la muerte.

En las masas forestales los incendios producen importantes alteraciones en su composición florística, estructura y evolución, pudiendo llevar a la desaparición de especies, la disminución de la biodiversidad, o la pérdida total o parcial de la masa vegetal, cuya recuperación puede tardar muchos años. Además, es frecuente la aparición posterior de plagas sobre los árboles debilitados por el fuego.

Los fuegos también afectan a la fauna como consecuencia de la mortalidad de los individuos, principalmente por asfixia, y por la desaparición de recursos alimentarios y de las áreas de encame, nidificación o refugio.

La recuperación de la fauna depende mucho de la extensión del incendio. Así pues, en los incendios que afectan a grandes áreas la fauna terrestre se recupera aproximadamente en paralelo con la vegetación, en tanto que la fauna edáfica, de gran importancia en el ciclo de nutrientes, tarda mucho en recuperarse debido a su poca movilidad.

En cuanto al suelo, puede sufrir, como consecuencia de las altas temperaturas, cambios en su textura que favorecen la erosión. Por otra parte, al perder el horizonte orgánico así como la propia cubierta vegetal, se debilita el potencial protector, la capacidad de absorción y retención de agua disminuyen, lo cual desencadena igualmente procesos erosivos.

Como consecuencia de estos fenómenos, con la aparición de las lluvias se producen pérdidas de suelo, empeoramiento en la calidad de las aguas, aumento de la eutrofización y colmatación de los embalses y en el caso de lluvias torrenciales daños en instalaciones, viviendas o infraestructuras.

Con relación al aire, los incendios forestales liberan a la atmósfera anhídrido carbónico y algunos hidrocarburos, si bien no se conoce suficientemente su incidencia sobre el cambio climático.

Pérdidas de beneficios directos

Entre las pérdidas que causan los incendios forestales se encuentran todos aquellos productos del monte que en mayor o menor grado se ven afectados por el fuego, como son:

- Maderas y leñas.
- Resinas y corcho.
- Frutos (castaña, bellota, piñón).
- Pastos y caza.

Pérdidas de beneficios indirectos

También se producen pérdidas en aquellos beneficios denominados indirectos o ambientales, que normalmente no tienen valor económico, o es muy difícil su valoración, y que, en general, son beneficiosos para toda la sociedad:

- Protección del suelo.
- Regulación del régimen hídrico.
- Purificación del aire.
- Conservación de ecosistemas.
- Componente del paisaje.
- Uso recreativo.

Creación de alarma social

Otra consecuencia importante de los incendios forestales radica en que en los últimos años han alcanzado una extraordinaria dimensión en la opinión pública causando una gran preocupación en los ciudadanos, que los colocan entre uno de los más graves problemas que atentan contra el medio ambiente. Esto hace que estos siniestros tengan una gran repercusión en los medios de comunicación, que suelen presentarlos como grandes catástrofes, dedicándoles grandes espacios en la prensa, la radio o la televisión.

1.2 Justificación del proyecto

En los incendios forestales el fuego modifica los ciclos biogeoquímicos, produce cambios en la vegetación, suelo, fauna, procesos hidrológicos y geomorfológicos, calidad de las aguas e incluso cambios en la composición de la atmósfera.

Los efectos de los incendios son muy variados debido a los múltiples factores de los que depende el incendio: biomasa disponible, intensidad (temperaturas alcanzadas y duración), área quemada, tiempo desde el último incendio, tipo de suelo, humedad, pendiente y vegetación. Así, se conforma en cada ecosistema un régimen de incendios concreto. Sin embargo, en un mismo ecosistema e incluso en un mismo incendio, la severidad, entendida como el grado de impacto en el ecosistema, y efectos del fuego son diferentes y resultan en un mosaico de manchas de vegetación y suelo que se recuperará con o sin rehabilitación y restauración posterior. En esta recuperación, los efectos del fuego sobre la vegetación y los suelos son esenciales ya que influyen directamente sobre la evolución del resto del ecosistema.

Las graves consecuencias que se derivan de los incendios forestales son razones suficientes para prestar especial atención a estos incidentes, cuya recuperación (vuelta a su estado original antes del incendio) radica en gran medida en la regeneración de la vegetación perdida, aspecto en el que se centra este estudio puesto que una vez finalizada la actuación y transcurrido un periodo de tiempo de dos años, determinadas especies vegetales, en especial la especie *Pinus halepensis*, solo se ha regenerado en ciertas zonas afectadas por el incendio.

1.3 Antecedentes

1.3.1 Introducción

La superficie de 228,22 hectáreas (de las que el 92,1 por ciento (210,20 hectáreas) eran de monte mediterráneo de pino carrasco (*Pinus halepensis*), el 6,45 por ciento (14,72 hectáreas) de matorrales, pastizales y cortafuegos y el 1,45 por ciento (3,3 hectáreas) de terrenos de cultivo) afectadas por el incendio de la Sierra del Almirez el 6 de agosto de 2015 (Fotografía 1), se encontraba cubierta por una masa forestal madura capaz de prestar importantes beneficios ecosistémicos a la sociedad (Fotografía 2). Entre las funcionalidades que se disiparon tras el fuego destaca la retención de agua, la disminución de la escorrentía superficial, la conservación de la fertilidad del suelo o el soporte para hábitats naturales de vegetación y de especies de fauna silvestre en peligro de extinción. Como cifra relevante, el fuego destruyó un sumidero de carbono que secuestraba 28.500 toneladas de CO₂, y que servía como refugio de diversas especies de fauna, algunas de ellas tan emblemáticas como el águila real (*Aquila chrysaetos*), el águila culebrera europea (*Circaetus gallicus*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), el búho real (*Bubo bubo*) o el buitre leonado (*Gyps fulvus*).



Fotografía 1: Área afectada por el incendio.



Fotografía 2: Área próxima al incendio sin estar afectada por el mismo.

1.3.2 Plan de Recuperación de terrenos incendiados en la Sierra del Almiraz

El 31 de agosto de 2015 la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Región de Murcia presentó el “Plan de Recuperación de terrenos incendiados en la Sierra del Almiraz” cuya dotación total es de 1.805.154 €. Los proyectos de actuaciones de dicho plan están financiados por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural y por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España, actuando como promotor el Gobierno de la Región de Murcia.

El plan de recuperación consta de cinco grandes bloques de acciones:

- Medidas cautelares
- Medidas de emergencia
- Medidas de seguimiento ambiental
- Medidas de voluntariado y divulgación
- Medidas de regeneración ecológica

La vigencia de este plan es de 10 años, desde 2015 hasta 2024. Hasta el momento, se han llevado a cabo medidas cautelares, medidas de emergencia, medidas de seguimiento ambiental y medidas de voluntariado y de divulgación.

1.3.3 Medidas cautelares

Las medidas cautelares son aquellas destinadas a evitar daños inmediatos a personas o infraestructuras como consecuencia de la desprotección del suelo y de la fragilidad de la vegetación incendiada como es en este caso la eliminación de árboles quemados que al caer puedan afectar a carreteras.

1.3.4 Medidas de emergencia

En 2015 se iniciaron las medidas de emergencia, consistentes a grandes rasgos en las siguientes actuaciones:

- Corta de arbolado quemado.
- Construcción de fajinas y albarradas.
- Trabajos de desintegración de madera quemada.
- Construcción de obras de control hidrológico.
- Mejora de pistas forestales
- Participación voluntaria en la restauración

Entre dichas medidas, la corta de arbolado, construcción de fajinas y albarradas, desintegración de madera quemada y construcción de obras de control hidrológico son actuaciones técnicas que tienen como objetivo la atenuación de los procesos erosivos y de los cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo producidos a raíz del incendio. A continuación se procede a explicar dichas técnicas y sus efectos además de otras realizadas pero no mencionadas:

- Corte, desramado y formación de fajinas.

Un buen porcentaje de los pies muertos que quedaron en pie tras el paso de las llamas han sido apeados, desramados y dispuestos en fajinas (manojos de ramas y tallos atados) siguiendo las curvas de nivel del monte en laderas de pendiente media o alta. Estas fajinas ayudan a frenar la escorrentía superficial y los sedimentos transportados por el agua de lluvia, disminuyendo su velocidad de avance y por tanto, su potencial erosivo. Por otro lado, en cuanto a las propiedades físicas y químicas del suelo, este material evita que la capa edáfica más superficial, que es la que aporta la fertilidad, sea arrastrada. Por último estas fajinas son un aporte de materia orgánica necesaria para el suelo que ha quedado empobrecido tras el paso del incendio ya que dicha materia orgánica aporta fertilidad, favorece la infiltración de agua y mejora la textura del suelo.

- Corte, desramado y formación de albarradas de madera.

En este caso también se utiliza material procedente del incendio, pero en lugar de disponerlo siguiendo las curvas de nivel, se coloca en lugares estratégicos de cauces secundarios. El objetivo de esta estructura es reducir la velocidad de bajada de caudal en la red secundaria de drenaje del monte y actuar como obstáculo al paso de flujos sólidos, cuyo escurrimiento ladera abajo podría provocar avenidas, inundaciones, colmatación de embalses y una pérdida de la calidad de las aguas. Con esta técnica también se influye en las propiedades físicas y químicas del suelo ya que se reduce la pérdida del contenido de materia orgánica de esta capa, que es la que aporta la fertilidad necesaria para el desarrollo de la cubierta vegetal.

- Corte manual, astillado y formación de albarradas mediante astilladora Forus en zonas con una pendiente inferior al 45%.

Utilizando material quemado en el incendio, se crean albarradas en los cauces secundarios y se protege el suelo de la ladera. El suelo queda bajo el astillado y de esta forma no recibe el impacto directo de las gotas de lluvia, reduciéndose así su disgregación. Además, con las albarradas se frena la velocidad de circulación de los caudales sólidos y líquidos provenientes de la ladera que pueden provocar serios daños aguas abajo. En cuanto a las propiedades físicas y químicas del suelo, esta técnica frena la escorrentía superficial, con la consiguiente disminución del arrastre de la capa fértil

de suelo y de forma complementaria el material astillado del suelo constituye un aporte de materia orgánica y una importante protección de la incidencia directa de los rayos del sol, disminuyéndose notablemente la temperatura alcanzada por el suelo que pierde menos agua por evaporación y mantiene unas mejores condiciones de textura que suelos totalmente desprotegidos.

- Astillado de árboles quemados en pie mediante retroaraña en laderas de pendiente superior al 45%.

Al igual que la técnica anterior, con este método se reduce la energía con que las gotas de lluvia impactan contra el suelo, y con ello se atenúan también los procesos erosivos que en zonas de fuerte pendiente, como ésta, pueden llegar a ser muy graves y provocar serios daños ladera abajo como inundaciones, problemas en la red de caminos de la Sierra del Almirez y colmatación del embalse de Puentes, fruto del arrastre de partículas sólidas de las distintas ramblas que surcan la Sierra del Almirez y confluyen en Rambla Salada, afluente del Río Luchena que desemboca en dicho pantano. En estas áreas de fuerte pendiente los efectos en las propiedades físicas y químicas del suelo pueden llegar a ser muy graves, ya que debido a la pendiente las pérdidas de material edafológico que aportan fertilidad al suelo son de mayor envergadura, por lo que se hace imprescindible la protección del suelo con astillado y un buen aporte de materia orgánica que compense las pérdidas sufridas tras el incendio.

- Construcción de albarradas de mampostería.

Estas albarradas tienen la misma finalidad que las de madera, frenan la escorrentía superficial y por tanto, reducen la erosión del suelo, pero se sitúan en los cauces principales de la red de drenaje de la Sierra del Almirez. A diferencia de las albarradas de madera que dejan pasar cierta fracción de materiales líquidos y sólidos, éstas impiden su paso totalmente, de forma que los flujos procedentes de la ladera quedan totalmente retenidos y se facilita la infiltración de agua en el suelo.

- Construcción de pequeños diques.

Estas obras retienen los flujos líquidos y sólidos procedentes de la escorrentía superficial, reducen la velocidad de descenso de partículas arrastradas por el agua y amortiguan los procesos erosivos que se producirían ladera abajo sin la existencia de estas infraestructuras.

- Construcción de un dique badén

Esta técnica tiene una doble funcionalidad, por un lado este método contribuye a ralentizar la velocidad de bajada de los flujos procedentes de la ladera disminuyendo el riesgo de erosión del suelo y por otro lado constituye una mejora de la red viaria del monte, muy importante para facilitar el acceso a trabajadores y maquinaria empleada para las labores de restauración tras el incendio.

- Astillado de la copa de los arboles mediante excavadora con un cabezal de desbrozadora de martillos.

Estas labores de astillado cumplen la misma función que las tareas de astillado anteriores, es decir, se protege la parte más superficial del suelo con una capa de astillas para que las precipitaciones no impacten contra él directamente, se evita el arrastre de la capa fértil de suelo y las semillas que se han depositado en él tras el incendio. Las pérdidas de materia orgánica sufridas tras el paso de las llamas se compensan con la disposición de astillado de madera en el suelo.

Las actuaciones propuestas en el proyecto pretenden los siguientes objetivos:

- Favorecer la recuperación natural de los ecosistemas presentes en la Sierra del Almirez y fomentar la sucesión ecológica en el monte.
- Restauración hidrológica para mitigar los efectos negativos que se producen tras episodios de lluvias como la erosión y la desertificación.
- Recuperar a largo plazo los servicios ecosistémicos del monte, como la protección del suelo, el refugio para la biodiversidad, la función mitigación del cambio climáticos, etc. características de esta infraestructura verde.
- Asegurar la recuperación de la cubierta vegetal integrada por especies arbóreas, de matorral y herbáceas.
- Prevenir la degradación del medio por pérdida de suelo debido a la erosión superficial mediante la corta de madera quemada y el empleo de ésta como cubierta protectora, fajinas por curvas de nivel y albarradas biológicas.
- Restaurar el funcionamiento hidrológico de las laderas desprovistas de vegetación mediante la construcción de hidrotecnias transversales a los cauces (albarradas de mampostería).
- Restablecer la red de pistas forestales que permiten el acceso a la zona incendiada para abordar las labores de emergencia, restauración y seguimiento biológico, edafológico y forestal.
- Involucrar a la sociedad en la recuperación de áreas incendiadas y en la conservación del medio ambiente, mediante la participación de grupos de voluntariado en plantaciones y siembras.

Con estos objetivos se pretende conseguir los siguientes resultados:

- Aportación de materia orgánica al suelo.
- Reducción de la erosión superficial.
- Retención e infiltración de la escorrentía superficial.
- Recuperación de la cubierta vegetal.
- Recuperación de hábitats de fauna.

1.3.5 Medidas de seguimiento ambiental

Junto a las medidas de emergencia se ponen en marcha las medidas de seguimiento ambiental de aspectos biológicos, edafológicos y forestales del área incendiada teniendo como objetivo comprobar en qué medida se están consiguiendo los objetivos marcados en el plan.

1.3.6 Medidas de voluntariado y de divulgación ambiental

Otras de las medidas del Plan de Recuperación llevadas a cabo son las medidas de voluntariado y de divulgación ambiental con asociaciones locales consistiendo en la participación de grupos de voluntariado en la siembra y plantación de vegetación y la publicación de noticias y reparto de trípticos con información referida a dicho plan.

1.3.7 Medidas de regeneración ecológica

Las medidas de regeneración ecológica son aquellas medidas cuyo objetivo es favorecer la regeneración natural tanto de la flora (recuperar las masas forestales afectadas) como de la fauna mediante actividades como la siembra de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas o repoblaciones.

2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

Los principales objetivos de este trabajo son:

- Conocer la situación actual de la vegetación de la zona incendiada.
- Proponer una serie de medidas de restauración adicionales con la finalidad de obtener una buena calidad de la masa forestal.

Con esta finalidad se realizará un muestreo del regenerado utilizando diferentes metodologías de muestreo vegetal según el tipo de vegetación existente así como un análisis estadístico de los datos obtenidos en dicho muestreo.

Además, según los resultados obtenidos y una vez realizado el análisis estadístico se analizarán estos resultados llegando a unas determinadas conclusiones y se estudiarán las propuestas de nuevas actuaciones más adecuadas para su recomendación.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Descripción de la zona afectada por el incendio

A continuación se detalla la geografía, geología, cartografía, vegetación, clima y fauna del área afectada por el incendio.

3.1.1 Geografía

La Sierra del Almirez (ubicada en la localidad de Zarcilla de Ramos, Lorca) con 1.126 metros de altitud es la prolongación de la Sierra del Gigante (constituida por 3.664 ha) por la zona norte encontrándose en las Tierras Altas de Lorca, pertenecientes a las Cordilleras Béticas (rodeadas por depresiones con materiales neógenos y cuaternarios). La Sierra del Gigante (a 1.494 metros de altitud) es un abrupto macizo montañoso con fuertes pendientes en la zona de confluencia y transición entre diferentes áreas de la Región Biogeográfica Mediterránea. Se suceden elevaciones y depresiones que forman infinidad de cerros, collados, barrancos y acantilados. En la vertiente meridional se pueden contemplar una serie de conos de deyección, canales de escorrentía, abanicos aluviales y torrentes de gran interés tectónico y geomorfológico.

Existe un pantano entre las Sierras del Almirez y Pericay, llamado Pantano de Valdeinfierno, que actualmente está colmatado y no contiene casi agua. Aguas abajo discurre el Río Luchena con un cauce estacional poco importante. En cuanto a los LIC y a las ZEPA, existen varias en esta zona. El LIC afecta a la Sierra del Gigante-Pericay; y la ZEPA es Sierra del Gigante y Pericay, Lomas del Buitre-Río Luchena y Sierra de la Torreçilla. También existen varios yacimientos arqueológicos en la zona: Cerro Negro V, Peña María V y Poblado de los crisoles.

3.1.2 Geología

La geología de esta zona es bastante compleja, por la cantidad de materiales que afloran y por su disposición estratigráfica y tectónica. A la gran masa de calizas oolíticas, afectada por fallas, pliegues, cambios de facies, etc.; hay que añadir las facies crinoidíticas, las calizas nodulosas y las brechas, con varias tonalidades y composiciones. Geológicamente hablando nos encontramos en las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas, más concretamente en el Subbético Interno. Es una zona estructuralmente complicada, ya que se producen cabalgamientos de unas unidades sobre otras.

En estas sierras hay actualmente numerosas canteras a cielo abierto en explotación, diseminadas en las sierras del Almirez y Pericay. Los materiales explotados son calizas oolíticas blancas; calizas de crinoides rosadas y brechas con cantos de ambas litologías y de calizas nodulosas, según el lugar.

3.1.3 Cartografía



Figura 3: Localización del área afectada por el incendio. Fuente: Google maps.



Leyenda:  Parcela  Perímetro del incendio

Figura 4: Área afectada por el incendio y parcelas designadas. Fuente: Google maps.

3.1.4 Vegetación

En las sierras de Gigante-Pericay y Almirez domina el pino carrasco (*Pinus halepensis*), con un sotobosque dominado por romero (*Rosmarinus officinalis*), aliaga (*Genista scopius*), estepa (*Cistus albidus*), romero macho (*Cistus clusii*), esparto (*Stipa tenacissima*), enebro (*Juniperus oxycedrus*), espino negro (*Rhamnus lycioides*), sabina (*Juniperus phoenicea*) y lentisco (*Pistacia lentiscus*). Hay coscojas (*Quercus coccifera*) y encinas (*Quercus rotundifolia*) dispersas. En las solanas abunda el esparto entremezclado con pinos carrascos dispersos. En esta zona son frecuentes los cultivos en piedemontes de diferentes variedades de almendro, olivo y cereal. Estos parajes y cultivos son los más representativos del entorno de las sierras del Gigante y Pericay.

3.1.5 Clima

La altitud de estos parajes va desde los 650 m de los cultivos de Gigante y Cañada Larga hasta los 900-1.000 m del Cortijo de la Sima y la Esperilla. Su pluviometría está entorno a los 420 mm anuales, y las temperaturas van desde las fuertes heladas invernales (-10°C) con abundantes nevadas, hasta los 40°C en verano, siendo las noches de verano más frescas, como ocurre en las zonas altas del noroeste de Murcia. Según estos datos, la zona se incluye dentro de un clima mediterráneo seco, el cuál es el que se da como transición entre el mediterráneo típico y el desértico y se caracteriza por la aridez la mayor parte del año.

3.1.6 Fauna

Destacan entre los taxones de fauna el grupo de las rapaces como el águila real (*Aquila chrysaetos*), águila culebrera (*Circaetus gallicus*), águila calzada (*Aquila pennata*), búho real (*Bubo bubo*), halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y buitre leonado (*Gyps fulvus*), además de poblaciones de chova piquirroja (*Pyrhacorax pyrrhacorax*). Igualmente significativa es la presencia de tortuga mora (*Testudo graeca*), galápago leproso (*Mauremys leprosa*) y de los quirópteros como *Rhinolophus ferrumequinum* y *Rhinolophus hipposideros*. También aparecen manadas de arruí (*Ammotragus lervia*), que se han propagado por todo el espacio, procedentes de sierra Espuña. A parte de todo esto, también abunda el jabalí (*Sus scrofa*), zorro (*Vulpes vulpes*), conejo (*Oryctolagus cuniculus*), liebres (*Lepus granatensis*), algunos tejones (*Meles meles*), gato montés (*Felis silvestris*) y ginetas (*Genetta genetta*).

3.2 Metodología de muestreo del regenerado

Repartidas por la superficie del incendio se han dispuesto un total de 15 parcelas en las cuales se ha procedido al muestreo de la vegetación regenerada mediante el método de puntos de intercepción (para el conjunto de la vegetación colonizadora) y el método de cuadrantes (para estimar la densidad de plántulas de *Pinus halepensis* en cada parcela), siendo ambos métodos básicos de muestreo vegetal, los cuales se describen a continuación:

- Método de puntos de intercepción. El punto de intercepción es un método utilizado para determinar la estructura y composición de una formación vegetal y está basado en la posibilidad de registrar las plantas presentes o ausentes sobre un punto del suelo permitiendo conocer el porcentaje de cobertura del mismo (Mateucci & Colma, 1982). Este método utiliza una varilla delgada que se coloca en forma vertical para registrar aquellas plantas que se interceptan en los diferentes puntos de la línea de muestreo (se procede a contar todas las intercepciones (Figuras 5 y Fotografía 4) o proyecciones de las plantas (ramas, tallos, hojas, flores) sobre la línea que coinciden con un punto de muestreo). Generalmente, los puntos se establecen dependiendo de la intensidad de muestreo, situándose cada 10 cm en este estudio existiendo un total de 250 puntos por línea. Las unidades de muestreo son líneas de longitud constante de 25 metros (Fotografía 3), situando 3 líneas con una separación aproximada de 2 metros en cada parcela. Cuando existe pendiente las líneas se disponen paralelas a la misma.

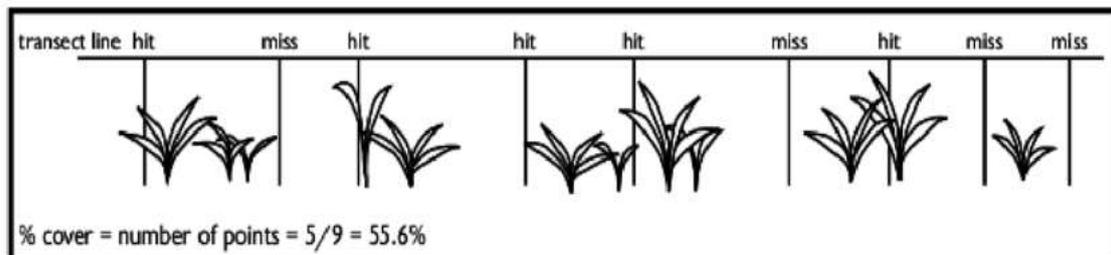


Figura 5: Método de puntos de intercepción. Fuente: Mateucci y Colma, 1982.



Fotografía 3: Línea de 25 metros utilizada en el método de puntos de intercepción.



Fotografía 4: Especie *Cistus clusii* interceptada en la línea.

- Método de cuadrantes. El método de los cuadrantes es una de las formas más comunes de muestreo de vegetación y consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas. Por su facilidad de determinar la cobertura de especies, los cuadrantes eran muy utilizados para muestrear la vegetación de sabanas y vegetación herbácea (Cerrado, Puna, Paraderas). Hoy en día, los cuadrantes pueden ser utilizados para muestrear cualquier clase de plantas. El tamaño del cuadrante está inversamente relacionado con la facilidad y velocidad de muestreo. El tamaño del cuadrante, también, depende de la forma de vida y de la densidad de los individuos. Para muestrear vegetación herbácea, el tamaño del cuadrante puede ser de 1 m² (1x1m), para arbustos, el tamaño puede ser de 4 m² (2x2 m) o 16 m² (4x4 m) y para árboles, los cuadrantes pueden ser de 25 m² (5x5) o 100 m² (10x10) siendo esta última medida las dimensiones elegidas para el muestreo de plántulas de *Pinus halepensis* en este estudio. El tamaño de los cuadrantes depende de la densidad de las plantas a medirse; para refinar el tamaño adecuado, es necesario realizar pre-muestreos, ya que de no ser así, habrá muchas parcelas con ausencia de individuos o, al contrario, se tendrán cuadrantes en los que se utilizará mucho tiempo.

Los datos obtenidos mediante ambos métodos han sido sometidos a un análisis estadístico. Además, los datos obtenidos mediante el método de puntos de intercepción han sido analizados mediante curvas especie-distancia (en algunas de las parcelas) para conocer el tamaño mínimo que debían tener las líneas de muestreo:

- Curvas especie-distancia La curva especie-distancia es una gráfica que permite visualizar la representatividad de un muestreo. Cuando la curva tiende a mantenerse horizontal, ésta indica que el número de especies se mantendrá constante aunque aumente el tamaño de muestreo.

En este estudio la distancia se representa mediante el número de puntos (situados cada 10 cm), por lo que en dicha curva se representa el número de especies en función del número de puntos. Una vez sometidos los datos obtenidos en el muestreo vegetal a dicha curva (Figuras 6, 7, 8 y 9), se ha llegado a la conclusión de que es necesario tomar los datos para su posterior análisis estadístico de las tres líneas de 25 metros cada una muestreando cada 10 cm (750 puntos separados 10 cm cada uno del siguiente).

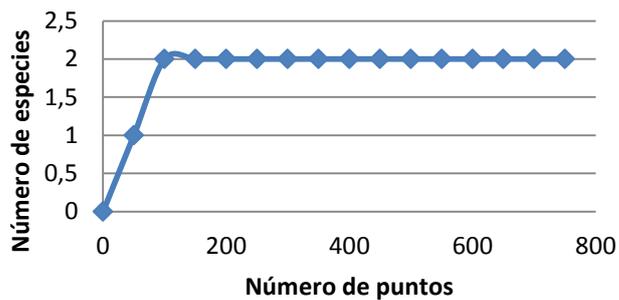


Figura 6: Evolución del número de especies en relación al progresivo aumento del número de puntos de muestreo en la parcela 2.

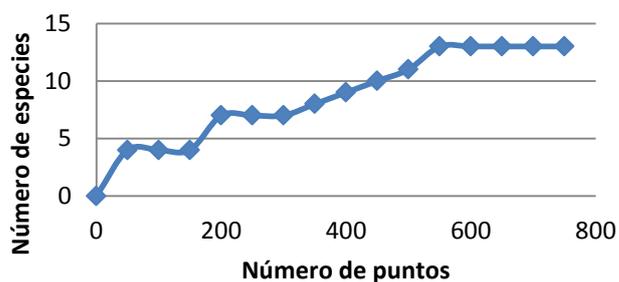


Figura 7: Evolución del número de especies en relación al progresivo aumento del número de puntos de muestreo en la parcela 2 en la parcela 4.

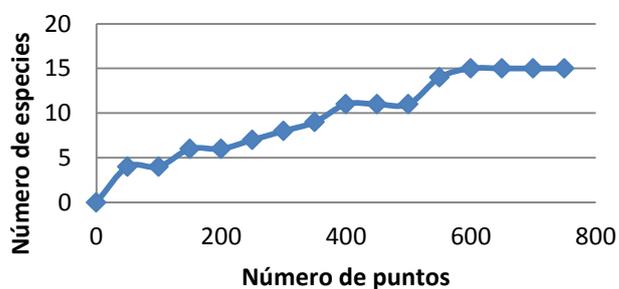


Figura 8: Evolución del número de especies en relación al progresivo aumento del número de puntos de muestreo en la parcela 10.

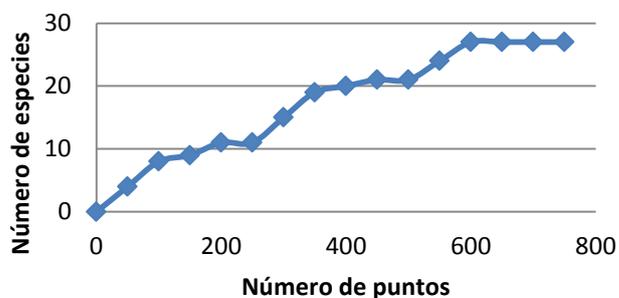


Figura 9: Evolución del número de especies en relación al progresivo aumento del número de puntos de muestreo en la parcela 13.

3.3 Análisis estadístico

Para la realización del análisis estadístico de los datos obtenidos en campo se han utilizado los siguientes elementos:

- Media aritmética. Se obtiene a partir de la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos. La media aritmética se define como:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

- Frecuencia absoluta. Es el número de veces que aparece un determinado valor en un estudio estadístico y se representa por f_i . En este estudio la frecuencia absoluta equivale a la cobertura absoluta.

$$f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n = N$$

- Frecuencia relativa. Es el cociente entre la frecuencia absoluta de un determinado valor y el número total de datos y se representa por n_i . En este estudio la frecuencia relativa equivale a la cobertura relativa.

$$n_i = \frac{f_i}{N}$$

- Índice de Shannon, de Shannon-Weaver o de Shannon-Wiener. Se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies. La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

donde:

S – número de especies (la riqueza de especies).

p_i – proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i : n_i / N)

n_i – número de individuos de la especie i .

N – número de todos los individuos de todas las especies.

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

- Desviación típica. Es una medida de dispersión usada en estadística que nos dice cuánto tienden a alejarse los valores concretos del promedio en una distribución de datos. Se suele representar por una S o con la letra sigma, σ :

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

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Recubrimiento del suelo

Según los datos obtenidos en la parcela testigo (parcela situada en los límites del incendio pero no afectada por el mismo), se puede determinar que en esta zona el porcentaje de suelo cubierto es alto, alcanzando un valor del 77,87% (Tabla 1) (lo que implica que el porcentaje de suelo desnudo es bajo, obteniendo un valor del 22,13%) y que el porcentaje de suelo con cobertura superpuesta es del 30,80%.

Tabla 1: Tipo de suelo y porcentaje en la parcela testigo.

Tipo de suelo	Porcentaje (%)
Suelo cubierto	77,87
Suelo con cobertura superpuesta	30,80
Suelo desnudo	22,13

Con relación a los datos obtenidos en las parcelas incendiadas, conforme refleja la Tabla 2 y Figura 10, en general, podemos determinar que en la zona afectada por el incendio el porcentaje de suelo cubierto es bajo, obteniendo una media del 25,66% (con una desviación típica de 9,44 y variando los datos según parcela en un rango del 12,13% al 47,33% de suelo cubierto) o lo que es lo mismo, que el porcentaje de suelo desnudo es elevado alcanzando un valor medio del 74,34% (con una desviación típica de 9,44 y variando los datos según parcela en un rango del 52,67% al 87,87% de suelo desnudo).

En cuanto a la cobertura superpuesta puede afirmarse que es escasa, alcanzando un valor medio del 0,77%, con una desviación típica de 0,67 y variando los datos según parcela en un rango del 0% al 2% de suelo con cobertura superpuesta.

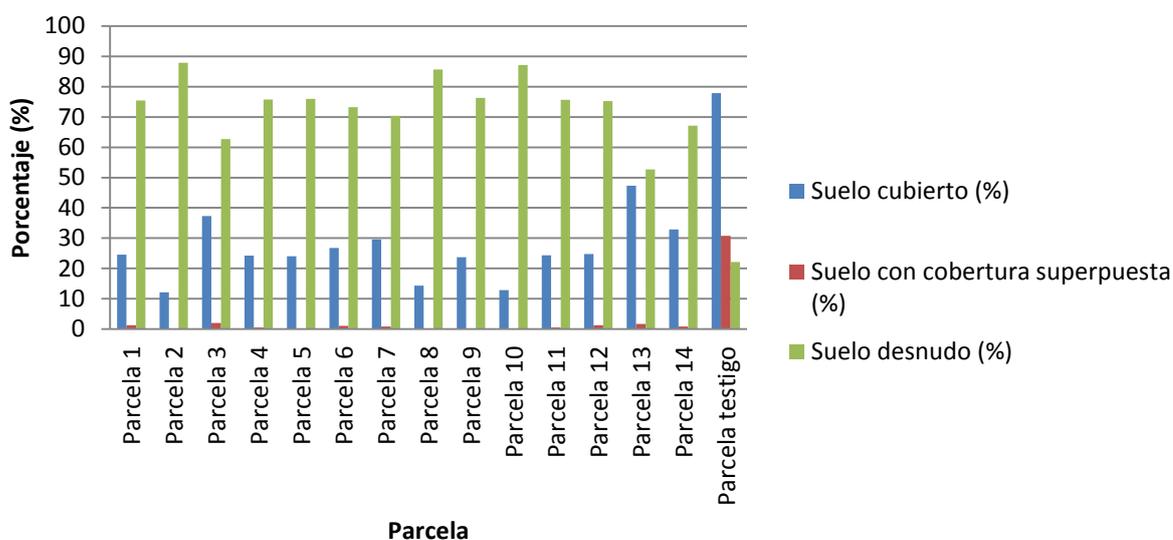


Figura 10: Porcentaje de suelo cubierto, suelo con cobertura superpuesta y suelo desnudo en las parcelas incendiadas.

Tabla 2: Porcentaje de suelo cubierto, suelo con cobertura superpuesta y suelo desnudo en las parcelas incendiadas.

	Suelo cubierto (%)	Suelo con cobertura superpuesta (%)	Suelo desnudo (%)
Parcela 1	24,53	1,33	75,47
Parcela 2	12,13	0,00	87,87
Parcela 3	37,33	2,00	62,67
Parcela 4	24,27	0,53	75,73
Parcela 5	24,00	0,27	76,00
Parcela 6	26,80	1,07	73,20
Parcela 7	29,60	0,93	70,40
Parcela 8	14,40	0,00	85,60
Parcela 9	23,73	0,13	76,27
Parcela 10	12,93	0,00	87,07
Parcela 11	24,40	0,53	75,60
Parcela 12	24,80	1,33	75,20
Parcela 13	47,33	1,73	52,67
Parcela 14	32,93	0,93	67,07
Media	25,66	0,77	74,34
Desv. Típica	9,44	0,67	9,44

La disparidad de datos existente entre las diferentes parcelas puede ser debido a diversos factores como la pendiente del terreno, solanas, umbrías, fertilidad del suelo o humedad del mismo por ejemplo. Su correlación podría ser determinada mediante la toma de un mayor número de datos y análisis de las interacciones entre las diferentes variables para lo que se requeriría de un estudio más minucioso, detallado y prolongado en el tiempo.

Una vez conocidos los porcentajes medios de cobertura del suelo tanto en las parcelas incendiadas como en la parcela testigo, se puede deducir que el incendio ha provocado una pérdida del 52,21% de la cobertura del suelo transcurridos dos años después del incendio, pasando del 77,87% a un 25,66% de suelo cubierto y una pérdida del 30,03% de la cobertura del suelo superpuesta (Tabla 3 y Figura 11).

Tabla 3: Porcentaje de suelo cubierto, suelo con cobertura superpuesta y suelo desnudo en la parcela testigo y en las parcelas incendiadas.

	Testigo	Incendio	Diferencia
Suelo cubierto (%)	77,87	25,66	52,21
Suelo con cobertura superpuesta (%)	30,8	0,77	30,03
Suelo desnudo (%)	22,13	74,34	52,21

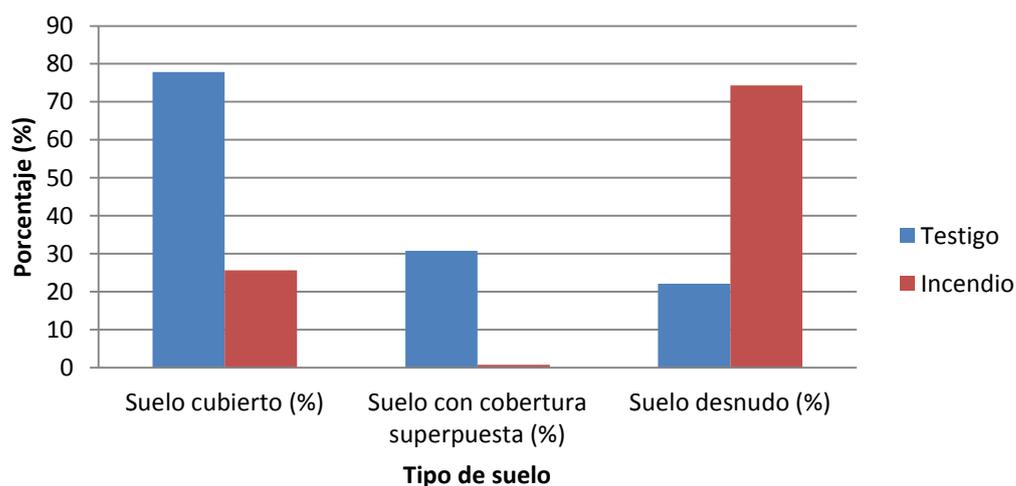


Figura 11: Porcentaje de suelo cubierto, suelo con cobertura superpuesta y suelo desnudo en la parcela testigo y en las parcelas incendiadas.

En cuanto a las especies de mayor importancia (mayor porcentaje de cobertura) en la parcela testigo, es decir, las especies que tenían más relevancia antes del incendio son *Stipa tenacissima*, *Pinus halepensis* y *Rosmarinus officinalis* (Tabla 4).

A partir del incendio se pasó a una conformación diferente adquiriendo más importancia (mayor porcentaje de cobertura media en este caso) *Stipa tenacissima*, *Brachypodium retusum*, *Fumana ericoides*, *Fumana thymifolia*, *Reichardia tingitana* y *Anthyllis cytisoides* (Tabla 5).

Por lo que se puede apreciar, la especie *Stipa tenacissima* sigue incluyéndose entre las especies con mayor relevancia tras el incendio aunque variando su porcentaje de cobertura absoluta (Figura 12) pasando del 48,53% al 8,18% existiendo una pérdida del 40,35%. Por tanto, cabe destacar la rápida recuperación de esta especie y la lenta respuesta de las especies *Pinus halepensis* y *Rosmarinus officinalis*. Sin embargo, el resto de las especies más importantes son diferentes (Figura 14), adquiriendo la cobertura del suelo una composición distinta a la de la situación de antes del incendio (Figura 13).

Tabla 4: Principales especies y su porcentaje de cobertura absoluta y relativa en la parcela testigo.

Especie	Cobertura absoluta (%)	Cobertura relativa (%)
Stipa tenacissima	48,53	44,66
Pinus halepensis	25,87	23,80
Rosmarinus officinalis	25,33	23,31
Otras	8,94	8,22
Total	108,67	100,00

Tabla 5: Principales especies y su porcentaje de cobertura absoluta y relativa media en las parcelas incendiadas.

Especie	Cobertura absoluta (%)	Cobertura relativa (%)
<i>Stipa tenacissima</i>	8,18	31,08
<i>Brachypodium retusum</i>	2,99	11,36
<i>Fumana ericoides</i>	2,34	8,89
<i>Fumana thymifolia</i>	1,83	6,95
<i>Reichardia tingitana</i>	1,54	5,85
<i>Anthyllis cytisoides</i>	1,46	5,55
Otras	7,98	30,31
Total	26,32	100,00

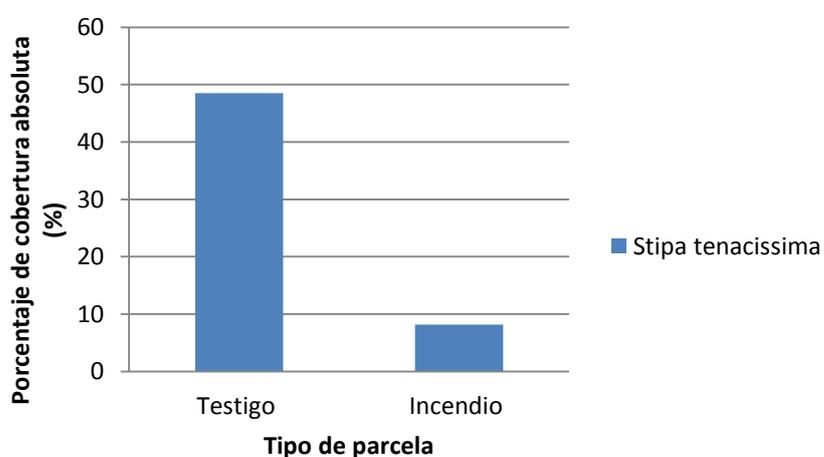


Figura 12: Porcentaje de cobertura absoluta de la especie *Stipa tenacissima* en la parcela testigo y las parcelas incendiadas.

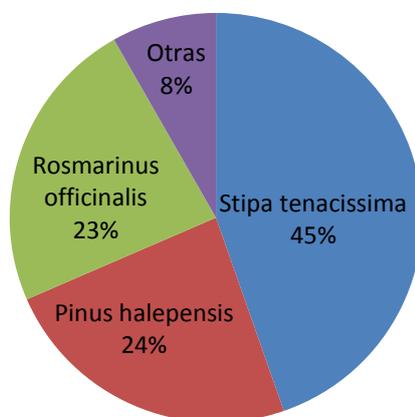


Figura 13: Porcentaje de cobertura relativa en la parcela testigo.

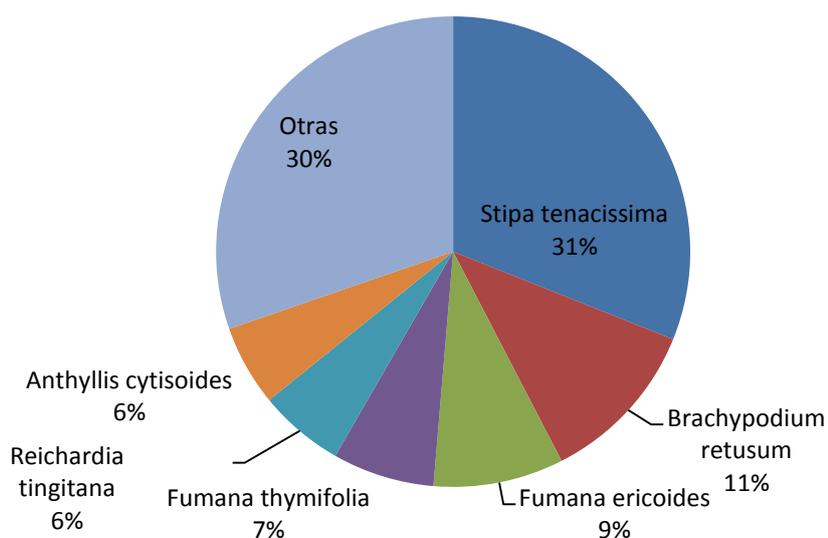


Figura 14: Porcentaje de cobertura relativa media en las parcelas incendiadas.

Por otra parte, referente a las parcelas incendiadas, aunque en algunos casos las especies con una mayor cobertura media se corresponden con las especies que aparecen en un mayor número de parcelas (Tabla 6 y Figura 15) como en el caso de las especies *Brachypodium retusum* (aparece en el 71,43% de las parcelas), *Fumana ericoides* (en el 78,57%), *Fumana thymifolia* (en el 78,57%), *Reichardia tingitana* (en el 50%) y *Stipa tenacissima* (en el 100%); existen ocasiones en las que no ocurre esto, como sucede con las especies *Carduus sp.* (aparece en el 50% de las parcelas), *Cistus clusii* (en el 64,29%), *Reseda sp.* (en el 50%) y *Teucrium pseudochamaepitys* (en el 78,57%), que a pesar de estar presentes en un gran número de parcelas su cobertura no es lo suficientemente significativa excluyéndose de las especies con mayor cobertura media.

Tabla 6: Frecuencia absoluta y relativa (%) de especies presentes en el mayor número de parcelas incendiadas.

Especie	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Stipa tenacissima	14	100
Fumana ericoides	11	78,57
Fumana thymifolia	11	78,57
Teucrium pseudochamaepitys	11	78,57
Brachypodium retusum	10	71,43
Cistus clusii	9	64,29
Reichardia tingitana	7	50
Carduus sp.	7	50
Reseda sp.	7	50

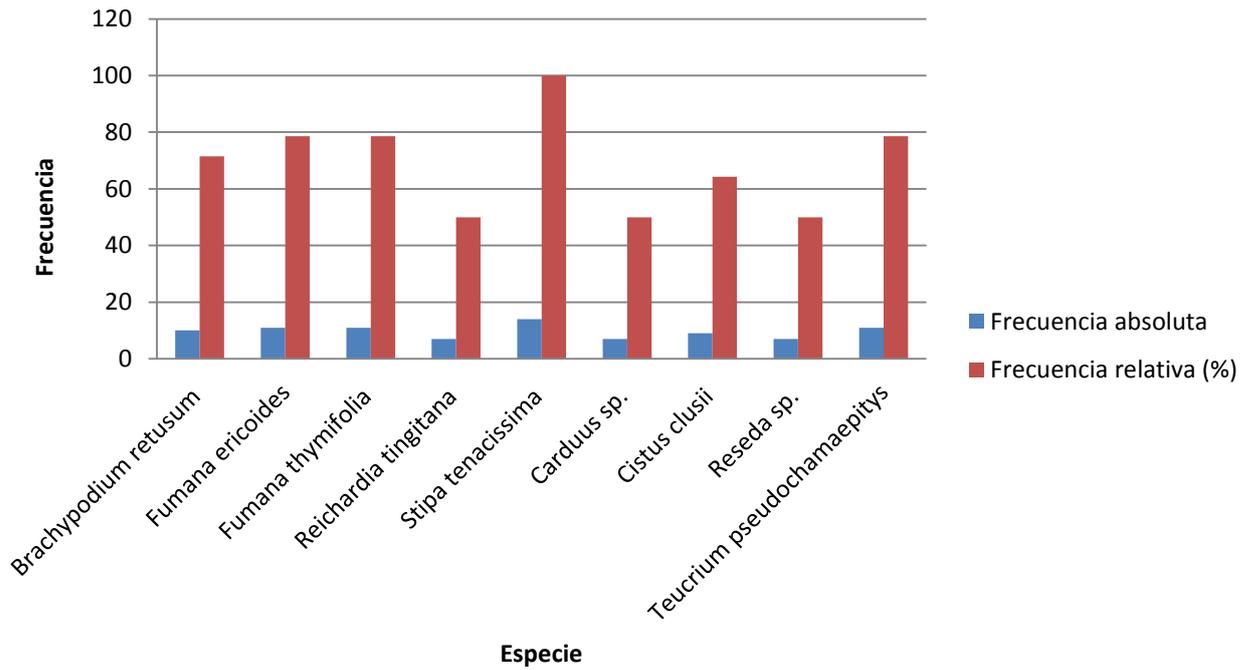


Figura 15: Frecuencia absoluta y relativa (%) de especies presentes en el mayor número de parcelas incendiadas.

4.2 Riqueza florística

La riqueza florística puede evaluarse mediante el índice de Shannon ya que permite determinar la biodiversidad específica de un ecosistema. El valor normal de este índice está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies. Según los datos obtenidos en las parcelas incendiadas, el índice de Shannon alcanza un valor medio de 2,54 (Tabla 7 y Figura 16) por lo que se puede determinar que es un ecosistema con una diversidad normal mientras que el índice de Shannon en la parcela testigo es de 2,02 determinándose también como un ecosistema con una diversidad normal. Existe por tanto una mayor diversidad en la situación de después del incendio que antes del mismo que puede estar explicada por la competencia existente por los recursos. En cuanto a la desviación típica es de 0,97 moviéndose los valores del índice de Shannon en un rango del 0,35 (como es el caso de la parcela 2 donde la diversidad es baja) al 3,62 (como en la parcela 14 donde la diversidad es alta) según parcela.

Respecto al número de especies, se obtiene una media de 13,86 en las parcelas incendiadas y un número de 10 en la parcela testigo. Este parámetro nos permite hacernos una idea sobre el número de especies existentes pero no aporta información referente al nivel de riqueza en diversidad de un ecosistema como se obtiene con el índice de Shannon.

Tabla 7: Número de especies e índice de Shannon en las parcelas incendiadas y en la parcela testigo.

	Número de especies	H (índice de Shannon)
Parcela 1	17	3,33
Parcela 2	2	0,35
Parcela 3	20	3,09
Parcela 4	13	2,58
Parcela 5	18	3,16
Parcela 6	5	1,46
Parcela 7	10	2,16
Parcela 8	4	0,97
Parcela 9	15	2,89
Parcela 10	15	2,76
Parcela 11	9	2,75
Parcela 12	19	3,44
Parcela 13	27	3,04
Parcela 14	20	3,62
Media	13,86	2,54
Desv. Típica	7,12	0,97
Parcela testigo	10	2,02

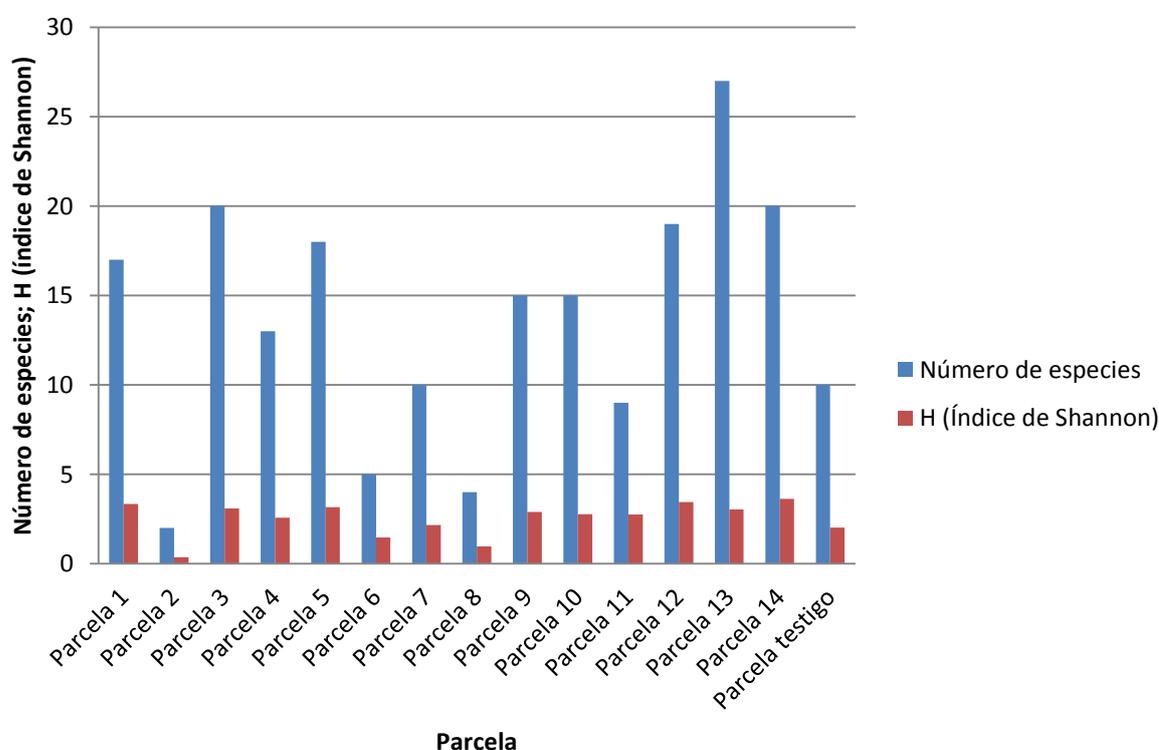


Figura 16: Número de especies e índice de Shannon en las parcelas incendiadas y en la parcela testigo.

Atendiendo a los datos obtenidos sobre el número de plántulas de *Pinus halepensis* (Tabla 8 y Figura 17), se alcanza un valor medio de 18,60 (pinos por parcela de 10 m x 10 m) en las parcelas incendiadas difiriendo en gran medida en el número de plántulas entre las distintas parcelas (Figura 18) y existiendo una desviación típica de 30,06, moviéndose los valores en un rango del 0 (parcela 2 donde el regenerado es nulo) al 111 (parcela 5 donde el regenerado es abundante).

Tabla 8: Media del número de plántulas de *Pinus halepensis* por cada 100 m² en las parcelas incendiadas.

	Número de pinos (media)
Parcela 1	8
Parcela 2	0
Parcela 3	9,67
Parcela 4	18,33
Parcela 5	111
Parcela 6	1
Parcela 7	6,67
Parcela 8	1
Parcela 9	10,67
Parcela 10	1,33
Parcela 11	22
Parcela 12	54,67
Parcela 13	10
Parcela 14	6
Media	18,60
Desv. Típica	30,06

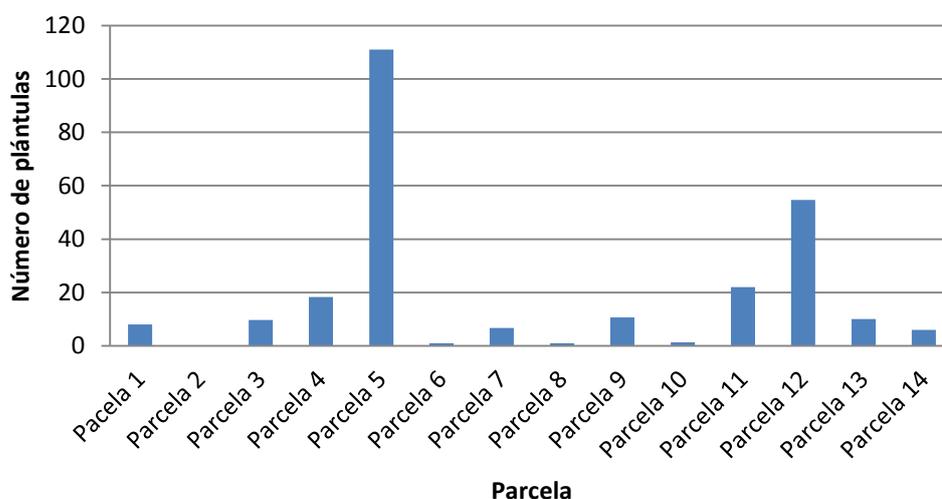


Figura 17: Media del número de plántulas de *P. halepensis* en las parcelas incendiadas.

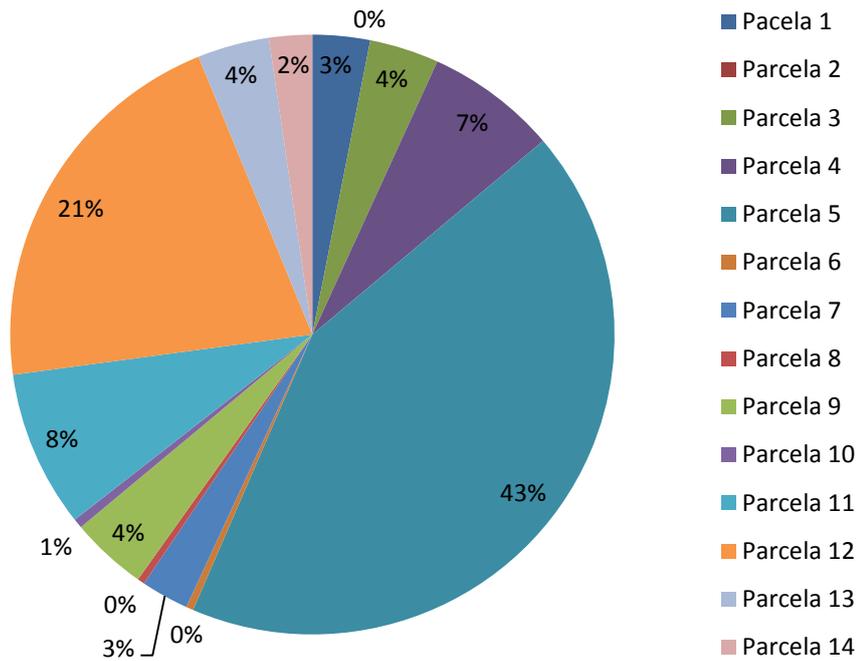


Figura 18: Porcentaje de plántulas de *Pinus halepensis* en las parcelas incendiadas sobre el número total de plántulas existentes en el conjunto de parcelas.

Al igual que en el apartado anterior, la diferencia de datos existente entre las diferentes parcelas puede ser debido a diversos factores (como puede ser la presencia de árboles madre quemados que diseminaron semillas durante el incendio) lo que requeriría también de un estudio más exhaustivo para establecer relaciones entre los diferentes elementos que entran en juego.

5. CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Como se ha podido comprobar, como resultado del incendio ocurrido en 2015 el ecosistema ha pasado a tener una conformación de la cobertura vegetal distinta a la de la situación de antes del incendio predominando antes del mismo *Stipa tenacissima*, *Pinus halepensis* y *Rosmarinus officinalis* mientras que actualmente *Stipa tenacissima* (destacando por encima de las demás), *Brachypodium retusum*, *Fumana ericoides*, *Fumana thymifolia*, *Reichardia tingitana* y *Anthyllis cytisoides* son las especies de mayor relevancia. Aunque el cambio en la composición de la cobertura vegetal es apreciable, la especie *Stipa tenacissima* sigue imponiéndose pero con la diferencia de que ha variado su presencia.

Por otra parte, referente a las parcelas incendiadas, se puede determinar que las especies con una mayor cobertura vegetal no se corresponden en su totalidad con las especies que aparecen en un mayor número parcelas, siendo estas últimas las especies *Brachypodium retusum*, *Fumana ericoides*, *Fumana thymifolia*, *Reichardia tingitana*, *Stipa tenacissima*, *Carduus sp.*, *Cistus clusii*, *Reseda sp.* y *Teucrium pseudochamaepitys*.

Además de la modificación de la composición de la cobertura vegetal, existe un importante cambio en el nivel de cobertura del suelo pasando de un nivel alto antes del incendio (77,87%) a un nivel bajo después del mismo (25,66%) habiendo pasado también a un nivel escaso (0,77%) de cobertura del suelo superpuesta (antes 30,80%).

En cuanto a la riqueza florística, el ecosistema alcanza un nivel de diversidad de especies normal (2,54) en el presente, si bien es ligeramente superior al de antes del incendio aunque siendo el nivel también normal (2,02).

Respecto a la presencia de regenerado de *Pinus halepensis*, existe una gran disparidad en el número de plántulas según las diferentes zonas del incendio existiendo áreas donde el regenerado es abundante y otras donde es prácticamente nulo o nulo.

6. PROPUESTAS DE NUEVAS ACTUACIONES

6. PROPUESTAS DE NUEVAS ACTUACIONES

Atendiendo al estado de la zona incendiada, algunas de las prácticas que tendrían efectos beneficiosos tanto para el suelo como para la vegetación son las siguientes:

- Referente a la especie *Pinus halepensis*, al recomendarse una media de 1350 pinos/ha siendo equivalente a 13,5 pinos por cada 100 m² y existiendo una media de 18,60 pinos por parcela de 10 m x 10 m (100 m²) (correspondiéndose a una media de 1860 pinos/ha) sería necesario proceder a la eliminación de ejemplares de esta especie, pero debido a la posible mortalidad de una parte de ellos no sería conveniente hasta dentro de un periodo aproximado de 2-3 años. No obstante, esto sería una medida en general, no siendo adecuado proceder de este modo debido a la posibilidad de actuar según parcelas debido a la existencia de datos de regenerado en las mismas y a las dimensiones abordables del área incendiada, por lo que es recomendable la introducción de individuos actuando según las necesidades de cada parcela. Dicho esto, sería apropiado actuar en las parcelas estudiadas cuyo número medio de pinos esté por debajo de la cifra recomendada (13,5 pinos/100 m²) siendo éstas las parcelas 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 13 y 14. Según las condiciones de la zona, un método oportuno para llevar a cabo esta acción sería la plantación manual de planta en contenedor (planta de 15-30 cm de altura) ya que supone una ventaja frente a condiciones del medio adversas y frente a la competencia con la vegetación existente. Otra ventaja a tener en cuenta de este método es que debido a que no se utiliza maquinaria no se daña la vegetación existente.
- Diseminadas por la superficie del incendio se pueden observar sabinas (*Juniperus phoenicea*) quemadas por lo que sería conveniente la introducción de ejemplares de esta especie ya que en el muestreo de la vegetación la presencia de plántulas ha sido nula.

7. BIBLIOGRAFÍA

7. BIBLIOGRAFÍA

ARIANOUTSOU, M., BEARD, J. S., FERRÉS, L., FOLCH, R. y TRABAUD, L. V. (1993): «La vida a les formacions escleròfil·les», en *Mediterrànies* (Folch, R. coord.). Barcelona, Edit. MAB, UNESCO, 64-109.

ASAEMU. *ZEPA SIERRAS DEL GIGANTE – PERICAY, LOMAS DE BUITRE – RÍOLUCHENA Y SIERRA DE LA TORRECILLA, LIC SIERRA DEL GIGANTE, LIC LOMAS DEL BUITRE Y RÍO LUCHENA, LIC SIERRA DE LA TORRECILLA*. <http://noroeste.asaemu.es/sites/default/files/estudio/ZEPA_SIERRAS_GIGANTE.pdf> [Consulta: 3 de julio de 2017]

BODÍ, M. B., CERDÀ, A., MATAIX-SOLERA, J. y H. DOERR, STEFAN. (2012) “EFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA VEGETACIÓN Y EL SUELO EN LA CUENCA MEDITERRÁNEA: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA” en *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* N° 58, 33-55. <<https://www.google.es/search?q=EFECTOS+DE+LOS+INCENDIOS+FORESTALES+EN+LA+VEGETACI%C3%93N+Y+EL+SUELO+EN+LA+CUENCA+MEDITERR%C3%81NEA%3A+REVISI%C3%93N+BIBLIOGR%C3%81FICA%E2%80%9D&aq=EFECTOS+DE+LOS+INCENDIOS+FORESTALES+EN+LA+VEGETACI%C3%93N+Y+EL+SUELO+EN+LA+CUENCA+MEDITERR%C3%81NEA%3A+REVISI%C3%93N+BIBLIOGR%C3%81FICA%E2%80%9D&aqs=chrome..69i57.638j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>> [Consulta: 3 de julio de 2017]

BODÍ, M. B., DOERR, S. H., MATAIX-SOLERA, J. y CERDÀ, A. (2008): «El papel del fuego en los ecosistemas terrestres». *V Congreso «La investigación ante la sociedad del conocimiento». Sostenibilidad y Medio Ambiente*. Escuela politécnica superior de Alcoi, UPV, 331-335.

BOND, W. J. y KEELEY, J. E. (2005): «Fire as a global «herbivore»: the ecology and evolution of flammable ecosystems». *Trends in Ecology and Evolution*, n° 20, 387-394.

BOND, W. J., WOODWARD, F. I. y MIDGLEY, G. F. (2004): «The global distribution of ecosystems in a world without fire». *New Phytologist*, n° 165, 525-538.

CARCAILLET, C., ALMQUIMIST, H., ASNONG, H., BRADSHAW, R. H. W., CARRIÓM, J. S., GAILLARD, M. J., GAJEWSKI, K., HAAS, J. N., HABERLE, S. G., HADOM, P., MULLER, S. D., RICHARD, P. J. H., RICHOS, I., ROSCH, M., SANCHEZ GONI, M. F., VON STEDINGK, H., STEVENSON, A. C., TALON, B., TARDY, C., TINNER, W., TRYTERUD, E., WICK, L. y WILLIS, K. J. (2002): «Holocene biomass burning and global dynamics of the carbon cycle». *Chemosphere*, n° 49, 845-863.

CARCAILLET, C., BARAKAT, H. N., PANAIOTIS, C. y LOISEL, R. (1997): «Fire and Late-Holocene expansion of *Quercus ilex* and *Pinus pinaster* on Corsica». *Journal of Vegetation Science*, n° 8, 85-94.

CARRIÓN, J. S. y DUPRÉ, M. (1996): «Late Quaternary vegetation history at Navarrés, Eastern Spain. A two core approach». *New Phytologist*, nº 134, 177-191.

DUPRÉ, M. (1983): «Los montes: su estado y política forestal en la cuenca del Júcar. Papel hidrológico-forestal». *Cuadernos de Geografía*, nº 32-33, 265-290.

ECOS. *Boletín de Satisfacción Ambiental de la Región de Murcia*. <http://www.murcianatural.carm.es/c/document_library/get_file?uuid=0ff44324-0ae2-4e9d-b09c-c4f0331ebf1f&groupId=14> [Consulta 3 de julio de 2017]

Fundación Banco Santander. *Manuales de Desarrollo Sostenible. Criterios de Restauración de Zonas Incendiadas*. <https://www.fundacionbancosantander.com/recuperaciondeespaciosnaturales/data/proyectos/hocino/publication/Sostenibilidad_Manuales_6_Zonas_Incendiadas.pdf> [Consulta: 22 de septiembre de 2017]

InfoIGME. *Estudio Geológico-Minero de las Rocas existentes en la Zona de Zarcilla de Ramos* (Murcia) <http://info.igme.es/SidPDF%5C112000%5C173%5C112173_0001.pdf> [Consulta: 3 de julio de 2017]

Junta de Andalucía. *La restauración de las áreas incendiadas*. <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Patrimonio_Natural_Usos_Y_Gestion/Montes/Incendios_Forestales/plan_infoca/Cap17_restauracion_areas_incendiadas.pdf> [Consulta: 4 de julio de 2017]

Junta de Andalucía. *Restauración de zonas incendiadas*. <<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnnextoid=af570c6cddf7a210VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=911b6fa4a465e310VgnVCM2000000624e50aRCRD>> [Consulta: 22 de septiembre de 2017]

KUTIEL, P. (2006): «Fire and ecosystem heterogeneity: A Mediterranean case study» *Earth Surface Processes and Landforms*, nº 19, 187, 194.

MAPAMA. *Restauración de zonas forestales incendiadas*. <http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/0904712280144d73_tcm7-19566.pdf> [Consulta: 4 de julio de 2017]

MATAIX-SOLERA, J. y GUERRERO, C. (2007): «Efectos de los incendios forestales sobre las propiedades edáficas», en *Incendios forestales, suelos y erosión hídrica* (Mataix- Solera, J. coord.). Alcoi, Edit. Caja Mediterráneo CEMACAM. 5-40.

MOLINERO, F., CASCOS, C., GARCÍA, A. y BARAJA, E. (2008): «Dinámica de los incendios forestales en Castilla y León». *Boletín de la A. G. E.*, nº 48, 39-70.

MONTIEL MOLINA, C. (1994): «Decadencia y degradación de las masas forestales valencianas». *Investigaciones geográficas*, nº 12, 185-199.

- Mostacedo, B. y S. Fredericksen, T. (2000). "Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal". Santa Cruz, Bolivia. <<http://www.bionica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>> [Consulta: 3 de julio de 2017]
- NAVEH, Z. (1974): «Effects of fire in the Mediterranean Region», en *Fire and ecosystems* (Kozlowski, T. T. y Ahlgren coord.). New York, Edit. Academic Press, 139-194.
- NAVEH, Z. (1975): «The evolutionary significance of fire in the Mediterranean Region». *Vegetation*, nº 29, 199-208.
- NAVEH, Z. (1991): «The role of fire in Mediterranean vegetation». *Botanika Chronika*, nº 10, 386-405.
- NEARY, D. G., KLOPATEK, C., C., DEBANO, L. F. y FFOLLIOTT, P. F. (1999): «Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis». *Forest Ecology and Management*, nº 122, 51-71.
- PAUSAS, J. G., LLOVET, J., RODRIGO, A. y VALLEJO, R. (2008): «Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin?-A review». *International Journal of Wildland Fire*, nº 17, 713-723.
- PYNE, S. (2001): *Fire, a brief history*. British museum press, London.
- Restauración incendio Almirez*. <<http://restauracionincendioalmirez.es>> [Consulta: 3 de julio de 2017]
- SCOTT, A. C. (2000): «The Pre-Quaternary history of fire». *Palaeo*, nº 164, 281-329.
- SCOTT, A. C. (2009): «Forest fire in the fossil record», en *Fire effects on soils and restoration strategies* (Cerdà, A. y Robichaud, P. R., coord.). Enfield, Edit. Science Publishers, 1-37.
- VALLEJO, R., SERRASOLSES, J. A., ALLOZA, J. A., BAEZA, M. J., BLADÉ, C., CHIRINO, E., DUGUY, B., FUENTES, D., PAUSAS, J. G., VALDECANTOS, A., VILAGROSA, A. (2009): «Long-term restoration strategies and techniques», en *Fire effects on Soils and Restoration Strategies* (Cerdà, A. y Robichaud, P. R., coord.). Enfield, Edit. Science Publishers, 373-398.
- VÉLEZ MUÑOZ, R. (1999): «El período 1848-1947 en la defensa contra incendios forestales en España». En *Incendios históricos: una aproximación multidisciplinar* (Araque Jiménez, E., coord.). Baeza, Universidad Internacional de Andalucía, 13-33.