

FUEGODIA: SENDERO DIDÁCTICO IMPARTIDO POR ESTUDIANTES DE 4º CURSO DE CIENCIAS AMBIENTALES DE LA UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

**Minerva García-Carmona
Rubén Gomariz Sogorb
Javier Nadal Fuentes
Dario Ferrati
Luis D. Olivares
Fuensanta García Orenes
Jorge Mataix Solera
Victoria Arcenegui Baldó**

Universidad Miguel Hernández.

Resumen

A pesar de formar parte de la ecología del paisaje mediterráneo, los incendios forestales suponen un grave problema ambiental debido a la alteración de su régimen natural, causando graves daños ambientales, económicos y sociales. Divulgar a la sociedad el conocimiento adquirido durante décadas por la investigación es fundamental para tratar de mitigar este problema creciente. El presente trabajo muestra un proyecto de aprendizaje-servicio denominado “Fuegodía”, en el cual estudiantes de 4º curso de Ciencias Ambientales de la UMH explican durante una ruta a pie por el espacio natural protegido en Sierra de Mariola, aspectos clave sobre la problemática de los incendios forestales. El itinerario incluye paradas estratégicas para que los estudiantes aborden diversos temas tales como la ecología del fuego, los efectos del fuego en suelos y vegetación, la gestión para la prevención, manejos post-incendio etc. Mediante la educación ambiental fundamentada en la evidencia científica, esta actividad de aprendizaje-servicio pretende acercar al ciudadano a su entorno natural con una comprensión más profunda del entorno y mayor responsabilidad. Nuevas actitudes son necesarias para contribuir a reducir el riesgo de incendios catastróficos y construir bosques más resilientes.

Palabras clave

Ecología del fuego; incendios forestales; educación ambiental; Ciencias Ambientales

Abstract

Despite being part of the Mediterranean landscape's ecology, wildfire poses a serious environmental problem due to the disruption of their natural regime, which leads to significant environmental, economic, and social damage. Disseminating into society the knowledge acquired over decades of research is crucial in attempting to mitigate this growing problem. This work shows a service-learning project called “Fuegodía”, in which fourth-year Environmental Science students of the UMH explain during a guided tour

through the protected natural area in Sierra de Mariola important aspects of the wildfire problematic. The itinerary includes strategic stops for students to address various topics such as the ecology of fire, the effects of fire on soils and vegetation, management for prevention, post-fire management and so on. Through environmental education based on scientific evidence, this service-learning activity aims to bring citizens closer to their natural surroundings with a deeper understanding of the environment and greater responsibility. New attitudes are needed to help reduce the risk of catastrophic fires and build more resilient forests.

Keywords

Fire ecology; wildfires; environmental education; Environmental Sciences

I. Introducción

El fuego es un factor natural que forma parte de los ecosistemas. El patrón espacial y temporal de los incendios forestales es lo que se conoce como régimen de incendios, el cual define el intervalo de ocurrencia entre incendios, su intensidad y severidad, es decir, cómo son los incendios en una zona concreta. Sin embargo, el patrón natural de incendios está actualmente distorsionado por el hombre, principalmente debido a cambios de usos del suelo, cambios en la vegetación y a nuestras actividades en el medio (Carnicer et al., 2022). En los ecosistemas mediterráneos, los incendios forestales provocan la destrucción de la cubierta vegetal, pérdida o huida de animales, degradación del suelo sobre todo asociado a procesos erosivos, y un incremento de las emisiones de CO₂ a la atmósfera. A pesar de tratarse de ecosistemas que han evolucionado históricamente con el fuego, estos son especialmente vulnerables al incremento en la magnitud de incendios, debido al cambio climático relacionado con el incremento de aridez, combinado con la despoblación rural, el abandono de usos tradicionales y la falta de gestión forestal (Mataix-Solera y Cerdà, 2009).

Ilustración 1. Zona de monte antes y después de un incendio producido en julio el año 2020. Monóvar, La Romana (Sierra de la Zafra, Alicante).



Fuente: Rubén Gomariz Sogorb

Los incendios forestales generan impactos complejos sobre los procesos ecológicos, debido principalmente a la variabilidad del paisaje y la respuesta de la vegetación (Tessler et al., 2017). Los efectos de los incendios pueden ser directos, tales como pérdida de vegetación y animales y la degradación del suelo, o efectos indirectos, que van desde la erosión del suelo y la contaminación del agua (Úbeda y Sarricolea, 2016). La magnitud del daño en el suelo depende de diversos factores, como la topografía del lugar, intensidad del proceso de erosión, la regeneración de la cubierta vegetal, y la característica del incendio, incluyendo intensidad y duración del fuego y el histórico de incendios (Caon, 2014). Entre los principales impactos se encuentran la alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas (García-Orenes et al., 2017, Mataix-Solera et al., 2011, Shakesby, 2011), los que, dependiendo de la magnitud, pueden llevar a la pérdida de nutrientes, disminución de la materia orgánica, y por tanto, afección de la vegetación y la biodiversidad del suelo a medio y largo plazo (Mataix-Solera y Cerdà, 2009).

El cambio climático agrava la problemática de los incendios forestales (Jones et al., 2022). Las políticas de lucha contra los incendios forestales, basadas en la supresión total de incendios, están destinadas al fracaso en el contexto actual. El énfasis puesto en la eficacia de la extinción tiene efectos perversos a medio y largo plazo. Siendo eficaz a corto plazo suprimir un incendio, la elevada acumulación de biomasa (combustible) vegetal a gran escala, puede con el tiempo confluir con condiciones meteorológicas extremas, generando incendios de extraordinaria intensidad y magnitud, amenazando seriamente vidas, propiedades y ecosistemas. Por eso es de vital importancia la educación ambiental en un tema tan social como son los incendios. La opinión pública debe virar a no ver los incendios como algo que hay que evitar siempre, y que, en ciertos ecosistemas, son beneficiosos para su correcto desarrollo y mantenimiento natural. Para ello, es crucial aprender a convivir con el fuego.

La gestión forestal se destaca como una herramienta imprescindible para nuestra convivencia con los incendios. En España, en la Ley de Montes 43/2003 en su artículo 6 define la gestión forestal sostenible como la organización, administración y uso de los montes de forma e intensidad que permita mantener su biodiversidad, productividad, vitalidad, potencialidad y capacidad de regeneración, para atender, ahora y en el futuro, las funciones ecológicas, económicas y sociales relevantes en el ámbito local, nacional y global, y sin producir daños a otros ecosistemas. Una correcta gestión forestal, combinada con una mejora en la educación ambiental, son clave para reducir la escalada en la magnitud de incendios que estamos sufriendo en los últimos años y previstos para un futuro cercano dadas las predicciones de cambio climático.

Las tareas post-incendio representan un momento de inflexión, donde reflexionar sobre la dirección que queremos seguir en la planificación de nuestros montes. Actualmente, las medidas de actuación se dividen en función de las necesidades específicas de cada escenario post-incendio. Por un lado, existen intervenciones de emergencia que buscan evitar la pérdida de suelo y la contaminación de masas de agua. Por otro, algunas acciones tienen un enfoque principalmente económico, con la extracción de la madera quemada en zonas afectadas para aprovechar su valor comercial. Con una visión a largo plazo, las tareas de restauración se centran en recuperar la funcionalidad del ecosistema

mediante proyectos que incluyen siembras, aplicación de enmiendas orgánicas, o la reforestación. Las intervenciones por realizar dependen de la severidad del incendio, definiendo zonas prioritarias de intervención, evaluando los posibles beneficios y riesgos asociados a cada acción.

La problemática de incendios es, por tanto, compleja y multifacética. Para abordarla de manera efectiva, resulta imprescindible fomentar el conocimiento y la educación ambiental en la ciudadanía. Este trabajo pretende utilizar la educación ambiental como herramienta fundamental para la toma de conciencia, ofreciendo un recorrido por el entorno natural en el que se explora las distintas facetas de la problemática de los incendios forestales. A través de esta sensibilización, se pretende acercar la población a los desafíos ambientales, ampliando sus conocimientos sobre las causas, consecuencias, virtudes y gestión de los incendios forestales.

El Fuegodía es una actividad desarrollada por la Universidad Miguel Hernández de Elche, llevada a cabo por los alumnos de la asignatura de Problemática Ambiental de los Incendios Forestales del Grado de Ciencias Ambientales. La iniciativa consiste en un recorrido didáctico por el monte, en el que, a lo largo del itinerario, los estudiantes explican conceptos y datos relacionados con los incendios forestales, haciendo uso de la metodología Aprendizaje-Servicio. El Fuegodía nace como una actividad abierta a todo el público que se realiza una vez al año.

II. Justificación, antecedentes y objetivos

Los incendios forestales son fenómenos naturales que desempeñan un papel crucial en la dinámica de los ecosistemas, y en especial en el Mediterráneo. Sin embargo, la percepción social puramente como amenaza destructiva, nos ha llevado a la “paradoja de la extinción”: la supresión total de incendios acumula combustible vegetal en unos montes históricamente gestionados, dando como resultado incendios de mayor envergadura. Desmentir el mito de la supresión total, junto con otros ligados a la gestión forestal, es fundamental para la coexistencia con el fuego en un contexto de cambio climático en el que la magnitud de los incendios se está viendo incrementada. Mediante la educación ambiental fundamentada en evidencia científica, los ciudadanos podrán acercarse a su entorno natural como mayor entendimiento y responsabilidad. Un conocimiento colectivo formado contribuye a reducir el riesgo de incendios catastróficos y crea bosques más resilientes.

El presente trabajo es parte de un Trabajo de Fin de Grado (Gomariz, 2024) y tiene como objetivo proporcionar un ejemplo concreto de itinerario didáctico, presentando una guía para la planificación y ejecución de actividades destinadas a sensibilizar el público general sobre la comprensión de los incendios y la gestión forestales en el ambiente Mediterráneo de la provincia de Alicante. Este trabajo se basa a su vez en una experiencia piloto llevada a cabo en el año 2023 (Ilustración 2).

Ilustración 2. Díptico entregado a los asistentes de la 1ª edición del Fuegodía



FUEGODIA

Viernes 12 mayo 2023- Serelles, Sierra de Mariola, Alcoi

Trekking didáctico impartido por estudiantes de 4º de Ciencias Ambientales de la Universidad Miguel Hernández sobre distintos aspectos de los incendios forestales

Ecología del fuego, impacto en el ecosistema, gestión pre- y post-incendio, etc...



Los Incendios forestales: recuperación, cuidado y gestión de áreas quemadas

EL FUEGO.

Es un factor ecológico natural que ha contribuido al desarrollo del ecosistema Mediterráneo. Hasta tal punto es importante, que es necesario para la multiplicación de muchas especies y la regeneración de sus formaciones vegetales. Existen multitud de ejemplos de adaptación a este factor. Un ejemplo es el Pino carrasco (*Pinus halepensis*).



PROBLEMÁTICA.

El problema reside cuando este factor ecológico se ve modificado por la acción antrópica, la cual altera el régimen natural de los incendios afectando tanto a la frecuencia como a la intensidad, y por tanto a las características del fuego tales como su severidad o extensión. Estos cambios pueden arrebatar al fuego su carácter renovador, creando incendios más destructivos.



SUELO.

Tras el paso de un incendio, la cubierta vegetal desaparece temporalmente, el suelo pierde la protección que ésta le proporcionaba y se vuelve más sensible ante agentes externos como la lluvia o el viento. Las lluvias intensas o las ventiscas podrían afectar erosionando la parte superficial del suelo llevándose las cenizas que son vitales para su buena recuperación.



POST-INCENDIO.

Debido a esta fragilidad del suelo, es necesario que las medidas que se tomen a corto plazo, eviten que puedan degradarlo o condicionar su recuperación. Es por ello que la extracción de madera quemada con la utilización de maquinaria pesada puede afectar de manera grave a la recuperación de los suelos, especialmente los desarrollados sobre litologías como las margas, que son rocas fácilmente erosionables. Los estudios realizados en esta zona así lo confirman.



MULCH.

Realizar acciones que protejan el suelo durante este período de vulnerabilidad son aconsejables. Como cubrirlo con acolchados (de astilla, paja o acículas de pino, etc.) que lo protejan del impacto de las gotas de lluvia, frenen las escorrentías y preserven más y durante más tiempo la humedad del suelo.



LOS MUSGOS.

Los musgos ayudan a los ecosistemas afectados por incendios, mejoran la fertilidad del suelo y la fijación de nutrientes, forman una biocostra en la superficie del suelo que lo protege de la erosión y la desecación, facilitando así al crecimiento microbiano y los procesos bioquímicos.



Fuente: Diseño gráfico F. Moreno Young (<https://larepla.es/>)

III. Materiales y Métodos

El sitio para la realización de esta actividad es seleccionado en base a ciertos criterios que incluyen: (1) haber sido afectado por incendios forestales en el pasado reciente, (2) haber sido objeto de gestión forestal antes y/o después del incendio, (3) haber sido objeto de estudio por parte de grupos de investigación dando lugar a evidencia científica sobre el terreno, (4) y contar con fácil acceso que permita proponer un itinerario paisajístico/científico interesante.

Una vez definida la zona, se procede a seleccionar las paradas de interés. Las paradas deben ser estratégicas para llevar a cabo la explicación de información relevante para el oyente, ya sea desde el punto de vista de la regeneración o degradación del bosque, o relacionada con la gestión forestal. Para recopilar la información necesaria para cada una de las paradas, se consultaron diferentes estudios científicos, blogs especializados y el temario impartido a lo largo de la asignatura de Problemática Ambiental de los Incendios Forestales.

Para la actividad presentada se seleccionó la Sierra de Mariola en Alcoy (Alicante). El itinerario escogido responde a criterios como presencia de acumulación de combustible por falta de gestión, degradación del suelo evidente por malas praxis, o visualización del paisaje. Cada parada permite la explicación de una faceta importante de los incendios forestales: la ecología del fuego, el historial de incendios, la gestión pre-incendio, la influencia del cambio climático, los efectos en el suelo y vegetación, la gestión post-incendio, y el fuego como interés en la investigación y divulgación.

IV. Resultados y discusión

Ilustración 3. Sendero por el Parque Natural de la Sierra de Mariola.

Punto Azul: Punto de encuentro e introducción a la actividad.

Puntos Rojos: Paradas en las que los estudiantes explicarán diferentes temas.



Fuente: <https://visor.gva.es/visor/>

En este enlace se puede visualizar un breve reportaje que la Oficina de Comunicación de la UMH grabó en la primera edición de 2023: <https://youtu.be/tqMWBklQCoE?si=K-fWOGV6waguQ36w>

IV.1. Introducción al Parque Natural Sierra de Mariola e interés estratégico de la ruta seleccionada.

La Sierra de Mariola es un conjunto montañoso ubicado en las estribaciones de las sierras béticas. Su paisaje está constituido por formaciones forestales y cultivos rurales abandonados, en los que se pueden observar diferentes bancales. La sierra es característica por su gran cantidad de ambientes que la forman, gracias a lo cual contiene una amplia biodiversidad de flora y fauna (Jara-Navarro, 2015).

A lo largo de los años, la sierra ha sido objeto de diferentes estudios relacionados con los incendios forestales. La Sierra de Mariola ha sido un punto de interés, científico y social, a causa del gran historial de incendios que han ido ocurriendo y de los que se ha logrado recuperar en parte. Las distintas actuaciones post-incendio que han realizado tras cada uno de los incendios han permitido llevar a cabo estudios sobre las técnicas o métodos post-incendio óptimos según el daño que haya recibido el suelo, cuáles no se deberían llevar a cabo debido a que pueden ser perjudiciales para la recuperación natural del propio ecosistema, y se han hecho monitoreos para analizar cómo mejoran las diferentes características del suelo a lo largo del tiempo.

IV.2. Introducción al Fuegodía.

El itinerario comienza con una presentación general de la actividad Fuegodía, donde se introducen los participantes y se ofrece un resumen de los temas que se abordarán durante el recorrido, antes de adentrarse en la descripción del Parque Natural.

El Parque Natural de la Sierra de Mariola, declarado protegido en enero de 2002, tiene una extensión de 17,257 hectáreas distribuidas entre las provincias de Alicante y Valencia. El enclave protegido es rico en flora y fauna, entre las que podemos destacar plantas como el tejo (*Taxus baccata*), pino carrasco (*Pinus halepensis*), jara (*Cistus ladanifer*) y enebro (*Juniperus communis*). Y fauna característica que habita la sierra como la lagartija ibérica (*Podarcis hispanicus*), águila real (*Aquila chrysaetos*), el buitre leonado (*Gyps fulvus*), el zorro (*Vulpes vulpes*) y el jabalí (*Sus scrofa*) entre otras.

A lo largo de las últimas décadas, la sierra ha sufrido varios incendios forestales, el más reciente en 2012, lo que refuerza la necesidad de actividades educativas como Fuegodía.

Ilustración 4. Imágenes de la prueba piloto realizada en la primera edición 2023.



Fuente: Jorge Mataix-Solera

IV.3. Parada 1. Ecología del fuego.

El primer concepto que introducir es el de ecología del fuego, dado su especial importancia en la ecología de ambientes mediterráneos. Esta primera parada tiene como objetivo estratégico desmentir el mito del fuego como elemento solo y exclusivamente catastrófico. Para ello se introducirán dos conceptos, la ecología del fuego, como fuerza evolutiva en los ecosistemas que históricamente han evolucionado con el mismo, y el uso tradicional del fuego por parte del ser humano. Esta información permitirá entender mejor las siguientes paradas del itinerario.

La ecología del fuego es la ciencia que estudia el papel del fuego en los ecosistemas naturales, proporcionando una comprensión del efecto del fuego en la naturaleza y su función en la estructura y dinámicas del ecosistema. A pesar del concepto generalizado de que el fuego únicamente genera daños al ecosistema, el fuego aporta aspectos positivos, tales como el control de combustible vegetal de los montes y la generación de paisajes heterogéneos, lo cual permite una mayor diversidad de fauna y flora.

En los países mediterráneos, una de las percepciones más arraigadas es considerar el fuego como elemento catastrófico y a evitar, con la creencia de que los bosques deben permanecer ajenos al fuego para su conservación (Delogu, 2017). El fuego es un elemento recurrente en el ecosistema mediterráneo y difícilmente evitable. La percepción negativa y emocional de ver nuestros montes arder, junto con la problemática de la construcción de viviendas en zonas de montaña, nos ha llevado a intentar suprimir todos los incendios forestales. Sin embargo, esto puede llegar a ser perjudicial para el monte, ya que, al extinguir incendios sin una debida gestión del monte, provocamos la acumulación de grandes cantidades de combustible vegetal que podrá desencadenar un gran incendio. Los regímenes de incendios sostenibles promueven la biodiversidad y evitan eventos catastróficos.

El fuego, además, siempre ha sido utilizado como herramienta cultural para modificar el paisaje (Pausas, 2012). Con esta parada se pretende reflexionar sobre la presencia histórica el fuego en el planeta tierra y en nuestra historia como homínidos.

En la parada, se aprovecha para explicar algunas adaptaciones comunes de las plantas que se benefician de una alta recurrencia del fuego, las denominadas pirófitas:

- Las plantas rebrotadoras pueden sobrevivir a un incendio sin que sus raíces se vean dañadas, pudiendo resurgir a partir de estas, aunque el resto de la planta se encuentre calcinada. Algunas de las especies de plantas más características con es adaptación son el enebro (*Juniperus communis*) y diferentes *Quercus*.
- Las plantas germinadoras son aquellas cuyas semillas resisten el fuego y mantienen su capacidad de germinar, aunque la planta muera. Una de las especies más características con esta adaptación es el pino carrasco (*Pinus halepensis*), cuyas piñas permanecen cerradas y solo se abren tras el paso de un fuego de alta intensidad que llegue a las copas. Tras recibir ese calor, al poco tiempo las piñas se abren liberando las semillas que estaban protegidas. Este proceso se llama serotinia.

IV.4. Parada 2. Historial de incendios: causas y afección.

Para introducir el siguiente concepto, se escoge una parada estratégica con vistas amplias al paisaje, donde se observa las consecuencias actuales del paso de distintos incendios y el paisaje en mosaico por los distintos usos del suelo. En la provincia de Alicante, los incendios han dejado una marca hasta hoy presente en el paisaje y en la memoria colectiva. Desde 1983 hasta el 2023 se han producido aproximadamente 4436 incendios forestales, afectando a una superficie total de 58065 ha. El incendio más grande se produjo en Castell de Castells en 1990, causado por un rayo, afectando a un total de 6800 ha, de las cuales 2100 eran arboladas.

En la zona de Alcoy, desde 1983 hasta el 2023 se han producido 166 incendios forestales, afectando a una superficie total de 3388 ha. El incendio más grande fue en julio de 1994, a causa de una quema de basuras, afectando a la Sierra de Mariola y a los términos municipales de alrededor. El incendio quemó una superficie total de 2225 ha.

Como estrategia para involucrar a los presentes, se les hace partícipes con preguntas que llevan a reflexión “¿Son la mayoría de los incendios de la zona intencionados o la ignición es por causas naturales?” Se calcula que el 54% de incendios que ocurren en España son intencionados, lo cual está calificado como delito contra el medio ambiente y la seguridad colectiva. El 26 % de los incendios son iniciados por accidentes, sobre todo agrícolas, pero también del uso recreativo de los montes. “¿Hay más o menos incendios que en décadas anteriores?” Para responder, se explican los datos de los países del sur de Europa, y, por último, de la Comunidad Valenciana. El principal problema para evaluar la magnitud de estos es que no todos los incendios producen daños importantes, sino que sólo unos pocos de gran magnitud e intensidad afectan a grandes superficies provocando grandes daños (hablamos de incendios que han llegado a quemar entre 20000 o 30000 ha). Por ejemplo, en la zona en la que estamos, en el periodo de entre 1994 a 2024 ha habido 134 incendios, pero solo 3 han sido de dimensiones catastróficas (2 en 1994 y uno en 2012: Fuente: Conselleria de Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio: <https://prevencionincendiosgva.es/>).

IV.5. Parada 3. Gestión pre-incendio.

En la siguiente parada, se muestran áreas en las que se han llevado a cabo diferentes actuaciones de gestión forestal para la prevención de incendios.

Un problema agravante relacionado con el monte es la falta de inversión en la gestión pre y post-incendio, siendo especialmente relevante la prevención. La gestión pre-incendio tiene el objetivo de hacernos más resistentes ante nuevos escenarios, y disminuir aquellos factores que participan en el inicio y propagación del fuego. Para conseguirlo, hay que invertir en estrategias que reduzcan la continuidad de combustible y generen un paisaje en mosaico (heterogeneidad paisajística) más resiliente al fuego. Este tipo de estructura de paisaje es capaz de resistir con mayor facilidad a la propagación de las llamas, a su vez, tiene mayor diversidad lo cual ayuda a la aparición de especies que se adapten mejor al cambio climático.

La gestión forestal sostenible busca desarrollar sistemas forestales más resistentes y con adaptaciones a posibles cambios y amenazas. La mitad de la superficie de España está cubierta por bosque, en aumento por las zonas agrícolas abandonadas, normalmente cercanas al suelo urbano, aumentando la peligrosidad por la continuidad de bosque que esta ocupación provoca, y haciendo imperiosa la necesidad de invertir en gestión forestal.

En esta parada, se comunican las diversas estrategias disponibles para que la gestión forestal sostenible permita reducir la magnitud de los grandes incendios forestales:

- Quemadas prescritas: originar fuegos controlados con la finalidad de reducir la vegetación en zonas en las que la carga de combustible es elevada y supone un riesgo para futuros incendios. Estas quemadas se realizan bajo el control de todos los factores que influyen en el comportamiento del fuego, siendo de baja intensidad con efectos previstos y mínimos (Alcañiz et al., 2018).

- Ganadería extensiva: a la vez que se reduce la cantidad de biomasa, permite recuperar un paisaje en mosaico alternando zonas de bosque autóctono con otros usos, en este caso el ganadero.
- Clareos en masas forestales: herramienta selvícola que consiste en la eliminación selectiva de árboles y arbustos, con el objetivo de reducir la continuidad horizontal y la competencia de especies, para que aquellos árboles que permanecen se desarrollen con la mayor vitalidad posible (Beltrán et al., 2018).

Los cortafuegos, a pesar de lo comúnmente pensado, se crean como estrategia para facilitar el acceso a las zonas de actuación a los equipos de extinción de incendios. Su objetivo principal es permitir que los bomberos y otros equipos de emergencia lleguen a las áreas afectadas de manera más segura y eficiente. Sin embargo, raramente permiten por sí mismos el fin de un incendio, ya que, en condiciones extremas, los fuegos saltan la barrera llevando consigo brasas que inician nuevos focos.

IV.6. Parada 4. Influencia del cambio climático en los incendios.

En la siguiente parada, se escoge una zona donde destaca el estado de estrés hídrico en algunos pinos tras las últimas sequías.

El cambio climático tiene un papel muy relevante en los incendios, a través del efecto de la sequía. La sequía resulta en paisajes inflamables, ya que el incremento la acumulación de materia seca hace más probable que se origine un incendio. Los índices de pirometeorología (fire weather index), que sirven para medir los cambios en las condiciones meteorológicas aptas para que se inicie un fuego según las condiciones atmosféricas, teniendo en cuenta la temperatura, viento, lluvia y humedad (Quilcaille et al., 2023), se ven profundamente afectados por el incremento de aridez. Cada año vemos aumentar la temporada de incendios, es decir, los días al año en los que tenemos riesgo de incendio.

El cambio climático no es el causante principal de los incendios, pero es un factor importante añadido que contribuye al aumento del número de igniciones, la propagación y la virulencia de estos. Como resultado del calentamiento del clima, han aumentado los episodios de sequía, acompañados de altas temperaturas y baja humedad. Si hablamos de la salud de los ecosistemas, hay que destacar la pérdida de resiliencia que el cambio climático provoca, haciendo que los ecosistemas sean menos capaces de soportar tales impactos.

IV.7. Parada 5. El parque como zona de investigación y divulgación.

El punto seleccionado de la ruta en el que se realiza la parada se puede observar una zona quemada en 1994 y que actualmente se encuentra con una elevada densidad de pinar ya que no ha sido intervenido. Al lado, se observa otra zona en la que sí se realizó gestión post-incendio mediante clareos para reducir la densidad de pinar. En esta zona,

la UMH en colaboración con la administración ha venido realizando multitud de actividades de divulgación desde el último incendio.

En este parque natural se han producido dos incendios forestales de gran envergadura, uno de ellos el de 1994 y el siguiente en 2012. Esto ha sido aprovechado por investigadores para llevar a cabo estudios de interés científico y actividades de divulgación, con el objetivo de informar a la población sobre la prevención de incendios, los efectos de estos y los manejos posteriores más adecuados. El incendio de 2012, desencadenaron una serie de investigaciones y actividades divulgativas que han convertido a esta zona de parque, en lo que muchos llaman, un laboratorio al aire libre.

Desde diciembre de 2012 hasta la fecha se han realizado estudios que han dado lugar a siete Trabajos de Fin de Grado ya leídos (ejemplos: Jara Navarro, 2015, López-Caravaca, 2017, Burgada-Pacheco, 2018), un trabajo de Fin de Máster, una Tesis Doctoral (García-Carmona, 2023) varias publicaciones científicas (ejemplos: García-Orenes et al., 2017, Pereg et al., 2018; García-Carmona et al., 2020) y numerosas contribuciones a congresos y reuniones.

Además de la investigación, se han realizado actividades de divulgación para concienciar a la población sobre la importancia de entender la interacción entre los incendios y el suelo. En el año 2015, que fue el año internacional de los suelos, se llevó a cabo una actividad de divulgación utilizando un simulador de lluvia sobre parcelas quemadas con diferentes manejos, cuyos resultados sirven para concienciar a la población sobre la gran importancia de proteger y conservar los suelos.

Desde 2015 se ha venido celebrando durante varios años el Día del Árbol, en el cual se organizan talleres y actividades de campo con el objetivo de diversificar las posibles actuaciones según la situación del paisaje. Por ejemplo, durante varios años, la actividad consistió en cubrir el suelo desnudo que quedaba después del incendio con un acolchado (mulch) de astilla de madera para proteger el suelo de la erosión, preservar mejor la humedad y así ayudar a la vegetación desarrollarse.

IV.8. Parada 6. Efectos en suelos y vegetación.

Esta parada se realiza donde se puede observar muy bien un perfil de suelo, sus horizontes y su diferenciación hasta la roca (material parental), lo que resulta de gran utilidad para destacar la importancia de los suelos y la vegetación sobre estos.

Los incendios forestales tienen impactos complejos sobre los procesos ecológicos, debido a la variabilidad de las estructuras del paisaje como a las diferentes respuestas de la vegetación.

Los efectos de los incendios en el suelo dependen de muchos factores, tales como: la intensidad y severidad del fuego, el tipo de suelo, la topografía del sitio, intensidad de la erosión que se produzca, tasa de regeneración de la cubierta vegetal de la zona afectada posterior al incendio, la historia de incendios previos, etc. Los impactos son a nivel de las

propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. Los impactos más normales después de un incendio son erosión, pérdida de materia orgánica y de nutrientes y cambios en la vegetación y su distribución en el tiempo (Mataix-Solera y Cerdà, 2009).

Los efectos de los incendios en vegetación se centran en la modificación de su estructura, composición y los servicios ecosistémicos que proveen (Anchaluisa y Suárez, 2013, Úbeda y Sarricolea, 2016). Algunos de los efectos que puede provocar el fuego sobre la vegetación es la disminución de nichos para invertebrados al acabar con una gran cantidad de arbustos y herbáceas, disminución de la tasa de descomposición de la hojarasca y alteración del microclima. La intensidad de estos efectos dependerá de las diferentes adaptaciones de esta vegetación. Por ejemplo, aquellas plantas sin ninguna adaptación, la subida de temperaturas que produce por la aproximación de las llamas puede causarles daños irreparables. Una elevada ocurrencia de incendios repetidos puede cambiar el ecosistema por completo, dejando únicamente comunidades compuestas por aquellas plantas con adaptaciones a los incendios, ya sean rebrotadoras o germinadoras siendo sus semillas las que sobreviven (Jaksic y Fariña, 2015).

IV.9. Parada 7. Importancia de los musgos.

Para establecer esta parada se buscó una zona con suficiente costra biológica dominada por musgo para explicar el papel de las mismas en la protección del suelo.

Los musgos, junto a los líquenes y cianobacterias forman costras biológicas del suelo, las cuales aportan funcionalidad, estructura y estabilidad del suelo. Estas tienen un papel muy relevante en los ambientes áridos, como en los desérticos, donde la falta de agua limita el crecimiento de las plantas vasculares

Después de un incendio, los musgos son de los primeros recolonizadores siendo de gran importancia en las primeras etapas posteriores al incendio. La biocostra que forman protege al suelo contra la erosión, ayudando en gran medida a la recuperación de los ecosistemas. Sin embargo, conforme emergen las especies vasculares, van ocupando el espacio de los musgos y estos van perdiendo relevancia. Durante los primeros años después de un incendio (2-3 años), los musgos dominarán el suelo, y serán lentamente sustituidos por plantas de mayor porte a no ser que otra perturbación limite el crecimiento de estas plantas.

La UMH ha realizado varios estudios con los que ha concluido que algunos métodos de gestión posteriores al incendio pueden ser perjudiciales para los musgos especialmente la extracción de troncos quemados o el aporte de grandes cantidades de mulch (García-Carmona et al., 2020, 2023). La extracción de troncos erosiona y suelo a su paso dificultando la aparición y desarrollo de los musgos en esas zonas afectadas y, por otra parte, un mulch muy denso puede impedir el paso de luz dificultando el correcto desarrollo de los musgos.

IV.10. Parada 8. Gestión post-incendio.

Comenzamos con una pregunta: “¿Qué pensáis que se debe hacer tras un incendio forestal?” No existe una respuesta única, y todo va a depender de muchos factores que debemos evaluar: grado de afectación del suelo, vegetación, pendientes, condiciones climáticas, etc. Es decir, dependiendo del diagnóstico deberíamos intervenir o no, y decidir en cada zona qué es lo más adecuado.

A los pocos meses de que ocurra un incendio se pueden llevar a cabo diferentes tratamientos post-incendio en diferentes zonas del parque, algunos de ellos son:

- Saca de madera: Es una de las actuaciones más habituales tras un incendio, justificada por la gran acumulación de combustible que puede quedar, los riesgos de caída de troncos, plagas o con fines económicos de uso de madera. Esta actuación consiste en extraer la madera quemada, utilizando normalmente maquinaria pesada y arrastre de los troncos sobre la superficie del propio suelo quemado. Después de llevar a cabo la saca de madera, se puede producir un aumento de erosión ya que el suelo ha sufrido un impacto que puede haber afectado a su porosidad, compactación, estabilidad de agregados y además ha afectado a la cubierta vegetal que estuviese ya rebrotando o germinando. Por otro lado, dejar la madera quemada puede actuar como una fuente de recursos y biodiversidad para la microbiota del suelo (García-Orenes et al., 2017, Pereg et al., 2018).
- Acolchado: Se trata de estrategias de emergencia posteriores a un incendio en zonas con alto riesgo de erosión. Consiste en dejar material, normalmente de origen vegetal, en el suelo formando un acolchado con el objetivo de proteger al suelo del impacto de la lluvia y, por tanto, de la erosión. Se suele emplear la astilla de madera de los tratamientos silvícolas, aunque también se usan otros materiales como puede ser la paja. El uso de mulch ha demostrado que puede reducir la erosión de forma eficaz después del incendio (Girona-García et al., 2021).
- Recuperación natural. Consiste en dejar algunas zonas sin tratamiento (no intervención) a expensas de la recuperación natural. Esta estrategia es recomendable cuando la expectativa de regeneración natural es buena, pero exige hacer un seguimiento a medio y largo plazo.

V. Conclusiones

La elaboración de esta propuesta tiene como objetivo principal la concienciación ciudadana de la responsabilidad hacia la problemática relacionada con los incendios forestales, además de transmitir los valores sobre el respeto, la protección y el cuidado de nuestro entorno.

Uno de los principales problemas observado a lo largo del desarrollo del trabajo es el incremento en el riesgo de incendios forestales al que estamos sometidos, y la necesidad de que la población sea consciente del riesgo que entraña, pero también de la parte natural del fuego, y de qué manera deberíamos fomentar que haya más gestión forestal para prevenir los catastróficos y cómo debemos cuidar y gestionar el medio tras el paso del fuego.

Con las rutas propuestas, cada año podemos conseguir hacer más divulgación y llegar a más gente, lo que se traducirá en más conocimiento sobre el tema.

Este documento puede también servir de inspiración para que en un futuro se propongan otras rutas, y también para que se desarrolle en otras provincias bajo la supervisión de otros centros o universidades con docencia en incendios forestales.

Referencias bibliográficas

- Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., Úbeda, X. (2018). Effects of prescribed fires on soil properties: A review. *Science of The Total Environment*, 613–614: 944-957
- Anchaluiza, S., y Suárez, E. (2013). Efectos del fuego sobre la estructura, microclima y funciones ecosistémicas de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*; Myrtaceae) en el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 5(2).
- Beltrán, M., Piqué, M., Cervera, T., Palero, N., Camprodon, J. (2018). Manual de buenas prácticas de gestión para la conservación de los bosques de pino laricio. Compatibilización de la producción forestal y la conservación del hábitat. Proyecto Life+ PINASSA. Centre de la Propietat Forestal, Barcelona. 68 p.
- Burgada Pacheco. J. (2018). Proyecto de educación ambiental post-incendio en la zona de Serelles, Sierra de Mariola (Alcoy). Trabajo de Fin de Grado. Universidad Miguel Hernández.
- Caon, L., Vallejo, V. R., Ritsema, C. J., & Geissen, V. (2014). Effects of wildfire on soil nutrients in Mediterranean ecosystems. *Earth-Science Reviews*:139, 47-58.
- Carnicer, J., Alegria, A., Giannakopoulos, C., Di Giuseppe, F., Karali, A., Koutsias, N., Lionello, P., Parrington, M., Vitolo, C. (2022). Global warming is shifting the relationship between fire weather and realized fire-induced CO₂ emissions in Europe. *Scientific Reports*: 12(1), 10365.
- Delogu G. M. (2017). Del lado del fuego: la paradoja de Bambi. Ed. Pau Costa Foundation, Barcelona. ISBN 978-88-97285-44-1
- García-Carmona, M. (2023). Role of biological soil crust and soil microbial communities in the recovery of burned soils exposed to post-fire management. Tesis Doctoral. Universidad Miguel Hernández.
- García-Carmona, M., Arcenegui, V., García-Orenes, F., Mataix-Solera, J. (2023). The recovery of soils after post-fire management: the role of biocrusts and soil microbial communities. *Spanish Journal of Soil Science*: 13, 11388.
- García-Carmona, M., Arcenegui, V., García-Orenes, F., and Mataix-Solera, J. (2020). The Role of Mosses in Soil Stability, Fertility and Microbiology Six Years after a Post-fire Salvage Logging Management. *Journal of Environmental Management* 262, 110287.
- García-Carmona, M., Girona-García, A., Oliveira, B. R., Keizer, J. J., García-Orenes, F., & Mataix-Solera, J. (2022). The role of mosses in soil physicochemical properties

- under two contrasting post-fire managements in central Portugal. *Revista de Ciências Agrárias*: 45(4), 563-567.
- García-Orenes, F., Arcenegui, V., Chrenková, K., Mataix-Solera, J., Moltó, J., Jara Navarro, A.B., Torres, M.P. (2017). Effects of salvage logging on soil properties and vegetation recovery in a fire-affected Mediterranean forest: A two years monitoring research. *Science of the Total Environment*: 586, 1057-1065.
- Girona-García, A., Vieira, D.C.S, Silva, J., Fernández, C., Robichaud, R.R., Keizer, J.J. (2021). Effectiveness of post-fire soil erosion mitigation treatments: A systematic review and meta-analysis, *Earth-Science Reviews*, 217: 103611
- Gomariz Sogorb, R. (2024). FUEGODÍA: una propuesta para la educación ambiental sobre la problemática de los incendios forestales. Trabajo de Fin de Grado. Universidad Miguel Hernández.
- Universidad Miguel Hernández Jaksic, F. M., & Fariña, J. M. (2015). Incendios, sucesión y restauración ecológica en contexto. En: *Anales del Instituto de la Patagonia* (Vol. 43, No. 1, pp. 23-34). Universidad de Magallanes.
- Jara Navarro, A.B. (2015). Estudio del impacto del fuego y manejo post-incendio sobre la cubierta vegetal en Serrelles, Sierra de Mariola. Trabajo de Fin de Grado. Universidad Miguel Hernández.
- Jones, M. W., Abatzoglou, J. T., Veraverbeke, S., Andela, N., Lasslop, G., Forkel, M., ... & Le Quéré, C. (2022). Global and regional trends and drivers of fire under climate change. *Reviews of Geophysics*: 60(3), e2020RG000726.
- López Caravaca, A. (2017). Evaluación y evolución de las propiedades del suelo por el efecto de la saca de madera en un bosque mediterráneo tras sufrir un incendio. Trabajo de Fin de Grado. Universidad Miguel Hernández.
- Quilcaille, Y., Batibeniz, F., Ribeiro, A. F. S., Padrón, R. S., and Seneviratne, S. I. (2023). Fire weather index data under historical and shared socioeconomic pathway projections in the 6th phase of the Coupled Model Intercomparison Project from 1850 to 2100, *Earth Syst. Sci. Data*, 15, 2153–2177, <https://doi.org/10.5194/essd-15-2153-2023>
- Mataix-Solera, J., Cerdà, A. (2009). Los efectos de los incendios forestales en los suelos. Síntesis y conclusiones. Nuevos retos en la investigación y en la gestión In: *Efectos de los incendios forestales sobre los suelos en España. El estado de la cuestión visto por los científicos españoles*. Ed: Cerdà, A. y Mataix-Solera, J. 493-529 Càtedra de Divulgació de la Ciència. Universitat de Valencia.
- Mataix-Solera, J., Cerdà, A., Arcenegui, V., Jordán, A., & Zavala, L. M. (2011). Fire effects on soil aggregation: a review. *Earth-Science Reviews*, 109(1), 44-60.
- Palma-Bernal, A. (2018). Efectos del manejo post-incendio en las propiedades del suelo: un caso de estudio en el Parque Natural del Montgó. Trabajo de fin de grado. Universidad Miguel Hernández.
- Pausas, J. (2012). ¿Qué sabemos de? "Incendios Forestales". Ed: Catarata y CSIC, Madrid, España. ISBN: 978-84-8319-714-1/978-84-00-09492-8

- Pereg, L., Mataix-Solera, J., McMillan, M., and García-Orenes, F. (2018). The Impact of Post-fire Salvage Logging on Microbial Nitrogen Cyclers in Mediterranean Forest Soil. *Science of the Total Environment*: 619–620, 1079–1087. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.147
- Shakesby, R. A. (2011). Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: review and future research directions. *EarthScience Reviews*, 105(3), 71-100.
- Tessler, N., Wittenberg, L., Greenbaum, N. (2016). Vegetation cover and species richness after recurrent forest fires in the Eastern Mediterranean ecosystem of Mount Carmel, Israel. *Science of The Total Environment*, 572, 1395-1402.
- Úbeda, X., & Sarricolea, P. (2016). Wildfires in Chile: A review. *Global and Planetary Change*, 146, 152-161.