



2025 | **16-20**
GIJÓN | JUNIO

9º CONGRESO **FORESTAL** ESPAÑOL

9CFE-1381

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Plantando Cara al Fuego: Técnicas de gestión y educativas para prevención de daños ecosistémicos por incendios forestales en la provincia de Albacete

COBO SÁNCHEZ, B. (1, 2 y 3), FAJARDO CANTOS, Á. (1) y MOYA NAVARRO, D. (1, 2 y 3)

(1) Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes y Biotecnología (ETSIAMB).

Campus de Albacete. Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM)

(2) Jardín Botánico de Castilla-La Mancha. Campus de Albacete. Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM)

(3) Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Campus de Albacete. Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM)

Resumen

El problema de los incendios forestales en la cuenca mediterránea se ha agravado considerablemente en los últimos años, estando algunos de ellos fuera de capacidad de extinción, que son los denominados incendios de sexta generación. Ante este preocupante panorama, es imprescindible prevenir, ya sea acondicionando la masa vegetal o creando conciencia ciudadana sobre estos.

Así, este estudio aborda dos líneas de investigación afines a estas dos estrategias preventivas. Por un lado, una línea de carácter técnico, en la que validamos el uso del fuego sin impacto negativo en el ecosistema, haciendo una comparativa de los parámetros edáficos y de vegetación entre las parcelas control y experimentales, donde se ejecutaron quemas prescritas de baja intensidad dos años atrás. Nos demostró que la zona se recupera relativamente rápido, no causando daños graves e irreversibles. Por otro, en la investigación con carácter social, diseñamos y pusimos en marcha el proyecto Aprendizaje-Servicio (ApS) *Plantando Cara al Fuego*, donde hicimos partícipe en esta problemática a la sociedad, mediante la transferencia de conocimientos científicos-técnicos y valores cívicos a tres niveles educativos diferentes y, seguidamente, comprobamos que el proyecto impactó positivamente sobre los estudiantes involucrados, comparando su grado de conocimiento antes y después de su participación.

Palabras clave

Ecología del fuego, efectos ecológicos, grado de conocimiento, proyecto Aprendizaje-Servicio, quemas prescritas.

1. Introducción

Los incendios forestales son la principal perturbación que afecta a nuestros bosques (Selva, 2022). En los últimos años, aunque la cantidad registrada de siniestros es menor, los denominados “incendios de sexta generación” son más devastadores, estando fuera de capacidad de extinción (WWF, 2020; Rodríguez, 2021; Castellnou, 2022).

Por ello, prevenir es fundamental, ya sea actuando sobre la vegetación (como es el caso de las quemas prescritas) o sobre las causas que originan la ignición (donde incluimos los proyectos de concienciación social) (Martín & Villalba, 2004). Este



estudio aúna ambos grupos, siendo la prevención el punto de unión.

Las quemas prescritas son actuaciones que reducen la vegetación, aplicando controladamente fuego de baja intensidad en determinadas condiciones (Vélez, 2000). Las investigaciones actuales sobre ecología del fuego están propiciando la aplicación de quemas prescritas donde sea factible (Plana, 2015).

Plantando Cara al Fuego es un proyecto nacional de innovación educativa, cuya finalidad es minimizar dicha problemática, transfiriendo el conocimiento generado en estudios recientes sobre piroecología e implicando a distintos colectivos en ella, haciéndolos conscientes de su gravedad y el papel que desempeñan en su prevención, mediante la estrategia didáctica Aprendizaje-Servicio (ApS) (USC, 2021). Conocer correctamente este tema sensibiliza a la ciudadanía y, por consiguiente, origina un cambio de actitud hacia él. En el X Congreso Internacional FuegoRED, el Grupo Ibérico destacó la educación ambiental y la urgente formación en diferentes niveles educativos (Copete, 2022; FuegoRED, 2022; Cobo, 2023).

2. Objetivos

Objetivo general: Mejora ambiental y conservación del medio natural, contribuyendo a la mitigación de perturbaciones y a la protección de la biodiversidad, mediante educación, investigación y divulgación.

Objetivos específicos:

- Evaluar los efectos ecológicos producidos por las quemas prescritas en vegetación y en el suelo, tanto propiedades físico-químicas como microbiológicas, a corto-medio plazo.
- Implementar proyectos de Aprendizaje-Servicio con estudiantes de secundaria y formación profesional, para concienciar de la problemática relacionada con los incendios forestales.
- Divulgar aspectos relevantes relacionados con los incendios forestales a futuros docentes de Educación Primaria.

De acorde con los objetivos señalados y como se ha señalado anteriormente, este estudio está compuesto por dos líneas de investigación: una de carácter técnico (que llamaremos “Seguimiento de los efectos de las quemas prescritas”) y otra línea con carácter social (que recibe el nombre de “Impacto del proyecto Aprendizaje-Servicio *Plantando Cara al Fuego*”). Cada una de estas líneas de investigación conforma un bloque independiente del otro, donde se desglosarán los apartados de metodología, resultados, discusión y conclusiones.

a. SEGUIMIENTO DE LOS EFECTOS DE LAS QUEMAS PRESCRITAS

3.a. Metodología

3.a.1.- Material y métodos

3.a.1.1.- Área de estudio

Para este estudio se utilizaron 6 parcelas (3 quemadas y 3 control) ubicadas en el MUP nº 113, perteneciente a Ayna (Albacete), con dimensiones de 30x30m. La orientación de las parcelas es sureste y se encuentran a 1130 m.s.n.m. En la **Fig. 1**, adjunto el plano de la ubicación de las parcelas de estudio.



(Figura 1)

Figura 1. Plano de ubicación de las parcelas de estudio

Su vegetación es sotobosque compuesto por: *Stipa tenacissima*, *Quercus coccifera*, *Cistus clusii* y *Rosmarinus officinalis*, bajo escasos pies de *Pinus halepensis* (Fig. 2).



Figura 2. Fotografía de la zona de la parcela control

3.1.2.- Diseño experimental

Seguimiento de la intensidad de las que quemas prescritas

Dicha quema prescrita fue ejecutada por el Servicio Forestal Regional de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (JCCM) y por Gestión Ambiental de Castilla-La Mancha (GEACAM) el 5 de mayo del 2021. La extensión de la superficie quemada oscila entre las 4 y 5 ha, dentro de las cuales se ubican las parcelas quemadas (parcelas experimentales).

El patrón de ignición que se utilizó para la ejecución de la quema prescrita fue el de fuego de cola, cuyo sentido es contrario al de la dirección del viento, reduciendo así las temperaturas y el tiempo de residencia de la llama, lo cual minimiza la materia orgánica del suelo consumida puesto que la intensidad del fuego conseguida es baja.

Para la caracterización de la intensidad de la quema cada parcela experimental fue monitoreada con tres termopares. Los sensores de dichos termopares se colocaron a diferentes alturas: enterrado a 2 cm de profundidad por debajo del suelo, en la parte superior del suelo mineral (es decir, a 0 cm), sobre la hojarasca de la superficie del suelo y a 30 cm del nivel del suelo.

Repelencia del suelo al agua

La medición de la repelencia del suelo al agua la obtuvimos mediante la metodología “Waterdroppenetrante time (WDPT)” (Bisdorn et al., 1993), que consiste



en cronometrar el tiempo que transcurre desde que se deposita una gota de agua sobre el suelo, utilizando una pipeta Pasteur, hasta que ésta es absorbida.

Para ello, realizamos, en cada parcela quemada (denominadas Q01, Q02 y Q03), mediciones en dos subparcelas y, a su vez, dentro de cada una de éstas, cronometramos el tiempo de penetración del agua en el suelo de 10 gotas. Así pues, el total de mediciones en cada parcela quemada fue de 20.

Infiltración en el suelo

Las mediciones que determinan la infiltración en el suelo se realizaron mediante el uso del infiltrómetro de mini-disco (Robichaud et al., 2008), que nos permite conocer la hidrofobicidad del suelo *in situ*, tomando como dato de referencia el volumen de agua que es infiltrada en el mismo durante 5 minutos, con intervalos de 30 segundos. Al igual que en la repelencia del suelo al agua, se tomaron datos de las parcelas experimentales, que reciben el mismo nombre.

Respiración edáfica

El equipo que empleamos para determinar la respiración edáfica fue el CFLUX-1 Automated Soil CO₂ Flux System (más comúnmente conocido como CFLUX). La toma de datos se desarrolló tanto en la parcela control como en las tres experimentales. El número de mediciones por parcela es de 3 (llamados y recogidos en la base de datos, de forma individual, bajo el nombre plot). La localización de anillos donde se realizaron las mediciones se distribuye de forma diagonal en cada parcela.

Parámetros físico-químicos del suelo

La toma de muestras de suelo, en cada parcela quemada, partió con la formación de 3 plots, dentro de la cual cogimos una muestra de suelo. Dicha muestra fue compuesta por 6 submuestras homogeneizadas, que se tomó de forma aleatoria dentro de sus respectivos plots. El total de muestras de suelo analizadas por el Instituto Técnico Agronómico Provincial (ITAP) fue de 9.

Actividad de los microorganismos del suelo

La técnica empleada para medir la actividad de los microorganismos del suelo fue el índice de las Tea's Bags (Keuskamp et al., 2013), en el cual utilizamos las bolsas de té como "herramienta" para obtener datos biológicos del suelo, mediante la pérdida de peso de estas.

Dichas bolsas de té fueron pesadas, previamente a su enterramiento. Ya en campo, fueron enterradas, en cada parcela, 5 bolsitas de té (4 de ellas en cada una de sus esquinas de la parcela y la restante en el centro) a unos 5 cm de profundidad, tanto en la parcela control como en las experimentales.

Pasado un mes, sacamos las bolsas de té cuidadosamente del suelo y las secamos en la estufa a 70°C durante 48 horas. Transcurrido ese tiempo, procedimos al vaciado, de forma individual de cada una de ellas, y su posterior pesado, obteniendo así la diferencia de peso, que nos indicará la actividad microbiológica del suelo.



Evaluación de la vegetación

La evaluación de la vegetación se divide en dos métodos: medición de la recuperación del esparto y la cobertura vegetal total.

Relativo al estudio del estado del esparto dos años después de la ejecución de la quema prescrita, tomamos por cada parcela quemada tres individuos de esparto aleatoriamente distribuidos por toda ella.

Seguidamente, le quitamos las raíces a cada ejemplar, se tomó nota del peso individual que tiene cada uno, previamente a su secado en estufa a 70°C durante 48 horas para conocer la humedad de estos. Pasados esos dos días y retirados de la estufa, volvimos a pesar el esparto de cada parcela uno por uno, para conocer así su peso en seco.

Por otro lado, para valorar el estado de la cobertura vegetal, hemos aplicado el método Braun-Blanquet, que es un inventario fitosociológico. El procedimiento consistió en que en cada una de las parcelas quemadas (plot) se instalaron 5 subplots de 3x3m, distribuidos de manera que 4 de ellos están ubicados cada uno en una esquina y el subplot restante está en el centro del plot. Las especies vegetales que albergue cada plot, independiente de qué especie esté en cada subplot, fue anotada en un estadillo acompañado de porcentajes que representan la cobertura que ocupa cada especie, mediante estimación visual.

4.a. Resultados

4.a.1.- Seguimiento de la intensidad de las que quemas prescritas

Los datos obtenidos, los desglosamos en función de la altura de cada sensor del termopar:

1. el sensor enterrado a 2 cm de profundidad del suelo registró una temperatura media de 9.1 ± 2.3 °C y una temperatura máxima de 32.1 ± 3.3 °C.
2. en la parte superior del suelo mineral (0 cm) la temperatura media alcanzada fue de 17.1 ± 4.7 °C, mientras que la máxima fue de 38.5 ± 6.2 °C.
3. el sensor ubicado sobre la hojarasca de la superficie del suelo registró una temperatura media de 25.2 ± 3.7 °C y una máxima de 204.8 ± 11.5 °C.
4. mientras que a 30 cm del nivel del suelo la temperatura media alcanzada fue de 28.8 ± 5.9 °C y la máxima registrada fue de 247.5 ± 15.4 °C.

Otro dato a tener en cuenta es el tiempo de residencia del calor en el suelo, que rondó los 60 ± 0.6 segundos con una temperatura que no superó los 100°C.

Todos estos datos nos indican que durante la ejecución de la quema prescrita se aplicó fuego de baja intensidad.



4.a.2.- Repelencia del suelo al agua

Como se muestra en la Fig. 3, transcurridos dos años después de realizar la quema prescrita, tanto las parcelas quemadas como la parcela control obtienen unos valores similares a los del primer año, por lo que la repelencia del suelo al agua alcanza una estabilidad un año después de la ejecución de la quema prescrita. También es de destacar que los valores de las parcelas quemadas y control antes de la quema y a los dos años de esta son muy similares, por lo tanto podemos considerar que, relativo a la repelencia del suelo al agua, está próximo de recuperar el estado anterior a la quema. Por otro lado, como nos demuestra la Fig. 4, el F-Razón es de 0.15 y el P-Valor es de 0.89, por lo que estadísticamente las diferencias no son significativas.

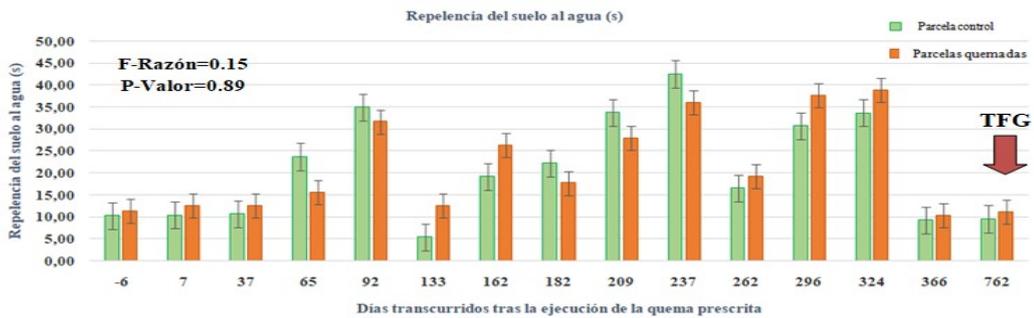


Figura 3. Gráfica de repelencia del suelo al agua en zonas quemadas y control, transcurridos 2 años después de la ejecución de la quema prescrita

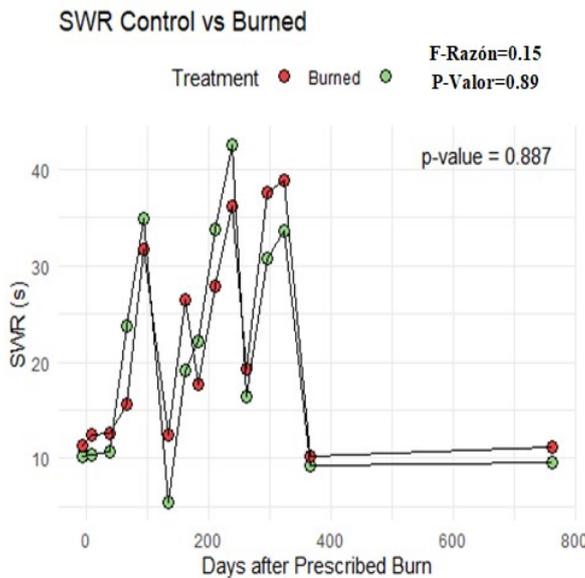


Figura 4. ANOVA de repelencia del suelo al agua, transcurridos 2 años después de la ejecución de la quema prescrita

4.a.3.- Infiltración en el suelo



Como se puede observar en la Fig. 5, en las tres últimas tomas de datos existe cierta similitud entre los valores, aunque la diferencia entre la parcela control y las quemadas a los dos años de la ejecución de la quema es más evidente que a los 324 y 366 días. Así, en la conductividad hidráulica del suelo es similar entre las parcelas quemadas de antes de la realización de la quema y a los dos años de esta, por lo que podríamos pensar que el estado de las parcelas quemadas está próximo a recuperar su estado inicial. Y, por último, el F-Razón de 0.05 y el P-Valor de 0.54, Fig. 6, nos indican que no existen diferencias significativas.

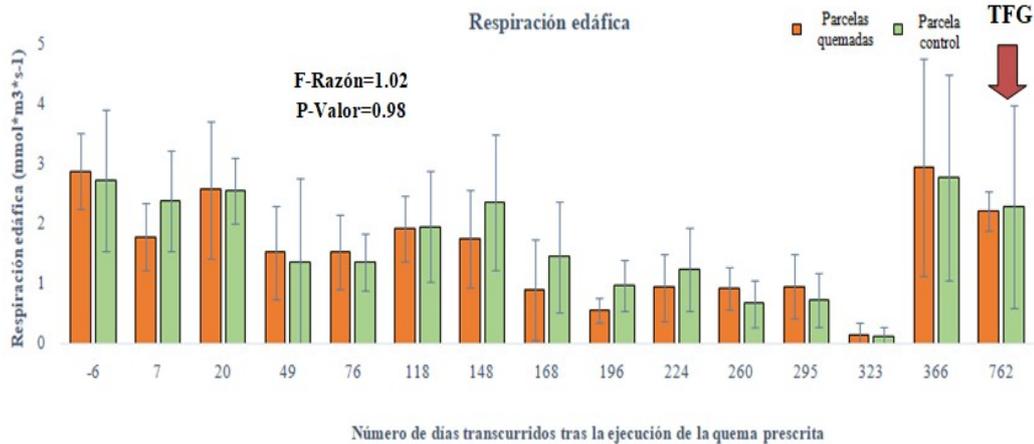


Figura 5. Gráfica de conductividad hidráulica del suelo en zonas quemadas y control, transcurridos 2 años después de la ejecución de la quema prescrita

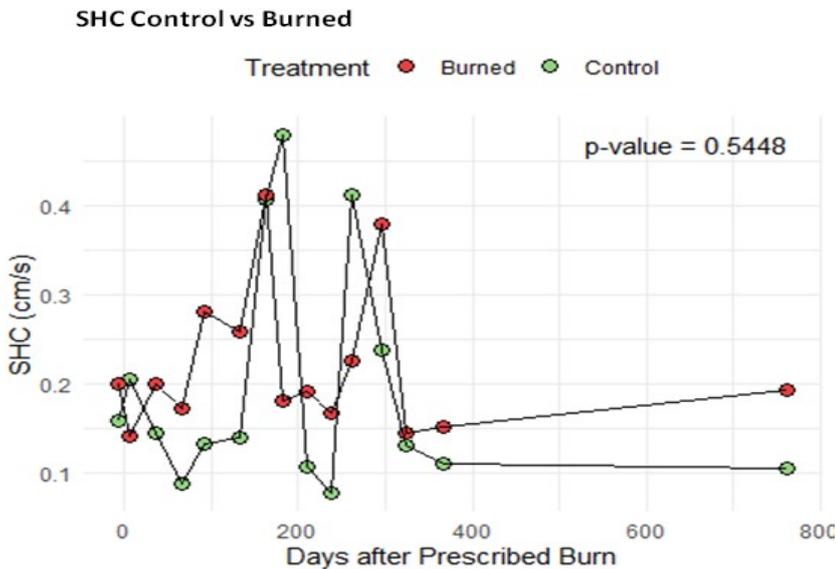


Figura 6. ANOVA de conductividad hidráulica del suelo, transcurridos 2 años después de la ejecución de la quema prescrita

4.a.4.- Respiración edáfica

La Fig. 7 demuestra que los valores del primer y segundo año presentan similitud a los previos a la ejecución de la quema, especialmente los del primer año, por lo que nos indica estabilidad en la respiración edáfica. Por otra parte, la Fig. 8 señala que los valores de F-Razón de 1.02 y de P-Valor de 0.98, así pues, nos indica que los datos obtenidos estadísticamente no tienen diferencias significativas.

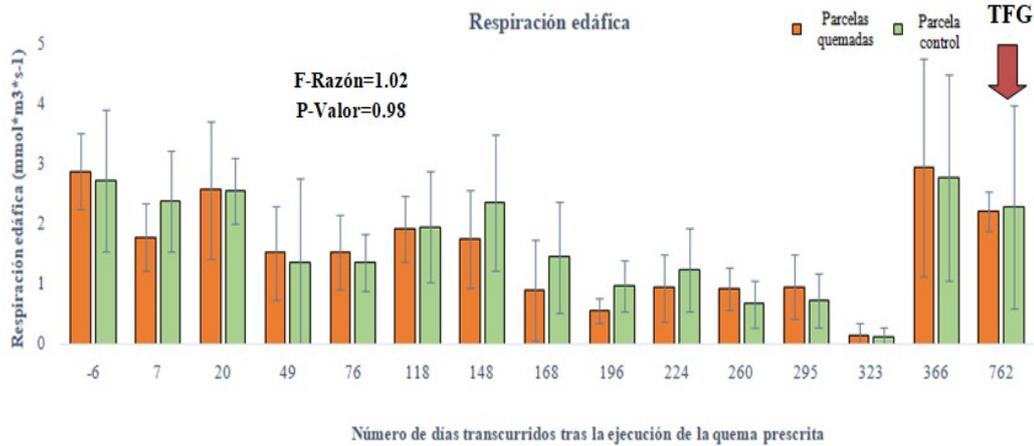


Figura 7. Gráfica de respiración edáfica en zonas quemadas y control, transcurridos 2 años después de la ejecución de la quema prescrita

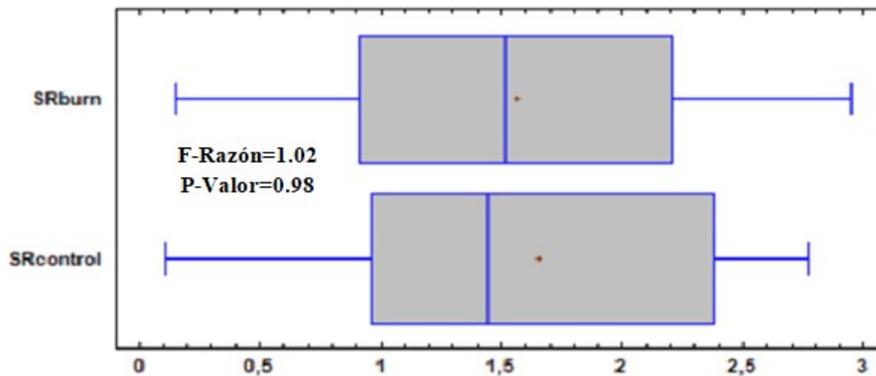


Figura 8. Gráfica sobre la respiración edáfica, transcurridos 2 años después de la ejecución de la quema prescrita

4.a.5.- Parámetros físico-químicos del suelo

En la **Tabla 1** hemos recopilado los datos más relevantes referentes a los parámetros físico-químicos del suelo, con sus respectivos valores de P, los cuales nos indican que todos ellos no tienen diferencias significativas, exceptuando el pH, materia orgánica, sodio y carbono orgánico, que estadísticamente tienen diferencias significativas dos años después de la ejecución de la quema prescrita en Ayna.



PARÁMETROS	Número de días antes y después de la quema prescrita					P-Valor
	7 días antes	7 días después	224 días después	366 días después	762 días después	
Arena (%)	35.23±4.19	39.25 ± 4.50	38.01 ± 4.11	38.57 ± 4.02	31.69 ± 1.55	0.46
Limo (%)	36.85±1.79	37.44 ± 2.26	36.58 ± 3.12	36.60 ± 3.06	41.34 ± 2.20	0.12
Arcilla (%)	26.77±3.10	24.10 ± 3.23	23.19 ± 3.06	23.81 ± 3.26	26.98 ± 1.96	0.05
pH	8.14 ± 0.05	8.11 ± 0.05	8.11 ± 0.06	8.12 ± 0.08	7.91 ± 0.02	0.02
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	0.37 ± 0.02	0.39 ± 0.06	0.37 ± 0.08	0.39 ± 0.06	0.20 ± 0.05	0.20
Materia orgánica (%)	9.80 ± 1.55	11.84 ± 2.33	10.23 ± 1.33	10.02 ± 1.85	11.72 ± 3.42	0.01
Nitrógeno (%)	0.31 ± 0.03	0.41 ± 0.07	0.30 ± 0.01	0.31 ± 0.02	0.36 ± 0.03	0.06
Magnesio (meq/100g)	6.66 ± 1.14	7.14 ± 1.18	6.21 ± 1.13	6.63 ± 1.09	6.65 ± 2.28	0.60
Carbono orgánico (%)	5.33 ± 0.90	6.23 ± 1.59	5.36 ± 0.79	5.45 ± 0.83	6.80 ± 1.98	0.01
Potasio (meq/100g)	0.74 ± 0.11	0.83 ± 0.18	0.78 ± 0.07	0.83 ± 0.09	1.15 ± 0.20	0.67
Fósforo (ppm)	11.39 ± 0.57	13.91 ± 1.63	10.29 ± 0.78	10.25 ± 0.84	14.65 ± 2.90	0.25
Calcio (meq/100g)	48.67 ± 1.79	48.10 ± 3.44	50.12 ± 1.97	51.04 ± 2.57	54.83 ± 2.84	0.35
Sodio (meq/100g)	0.06 ± 0.02	0.03 ± 0.02	0.05 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.18 ± 0.03	0.03

Tabla 1: Análisis de las propiedades físico-químicas del suelo, tanto antes como después de la ejecución de la quema prescrita

4.a.6.- Actividad de los microorganismos del suelo

En la Fig. 9 podemos observar los porcentajes de contenido de té consumido en las diferentes parcelas. La media aritmética de los valores de las parcelas experimentales se sitúa en 25.01%, mientras que el porcentaje de peso perdido de té en la parcela control es de 29.03%, lo cual solo hay un 4.02% de diferencia entre tratamientos. Por otro lado, la Fig. 10 indica un valor de P de 0.10 y una razón de F de 3.10, por lo que no existen diferencias significativas.

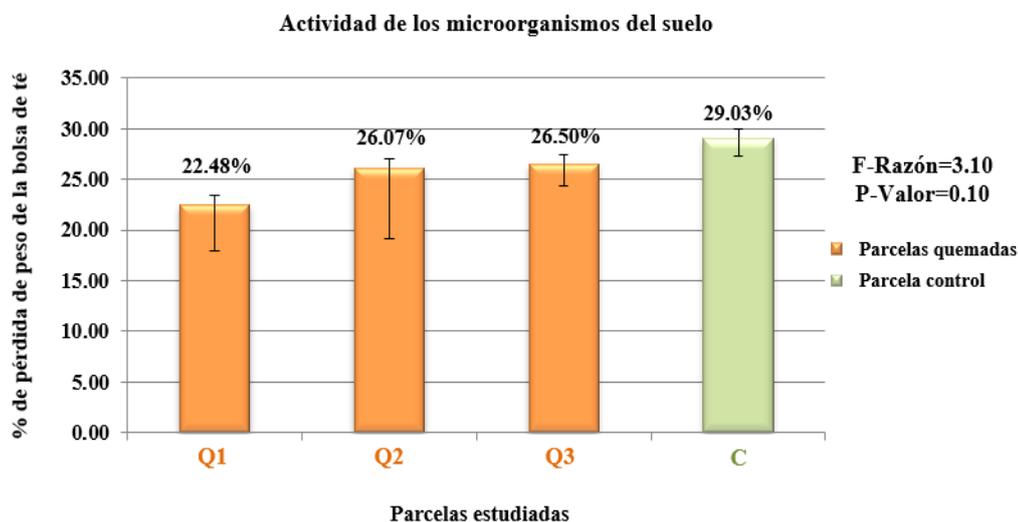


Figura 9. Gráfica de la actividad de los microorganismos en zonas quemadas y control, transcurridos 2 años después de la ejecución de la quema prescrita

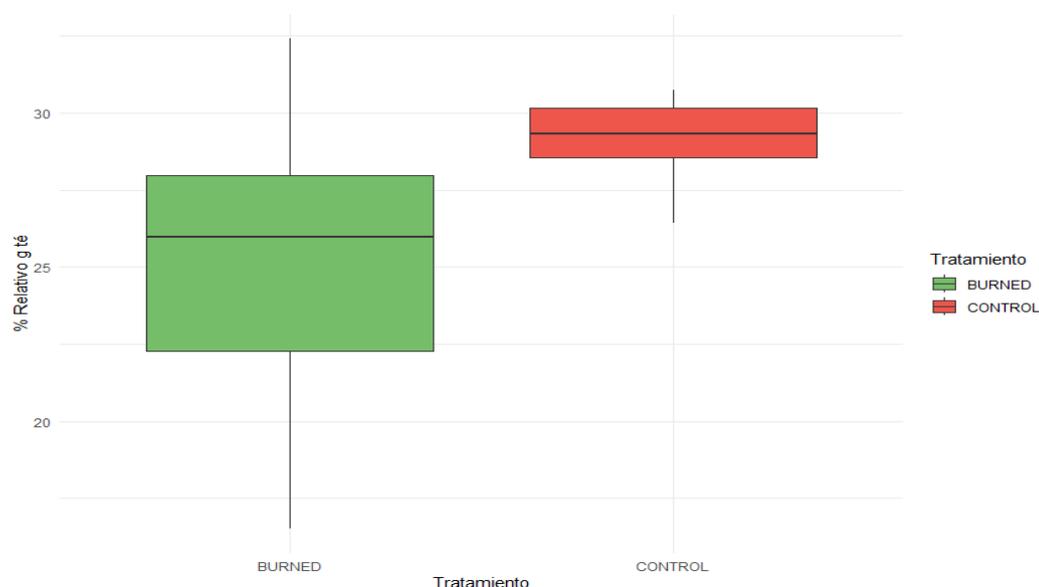


Figura 10. Gráfica sobre la actividad de los microorganismos del suelo, transcurridos 2 años después de la ejecución de la quema prescrita

4.a.7.- Evaluación de la vegetación

La Fig. 11, que representa la evolución que ha experimentado de la *Stipa tenacissima*, nos señala que el esparto de las parcelas quemadas del primer año (172g) a las del segundo año (219.44g) gana un peso que ronda los 50g. Puesto que el P-Valor es de 0.25, podemos confirmar que estadísticamente las diferencias no son significativas.

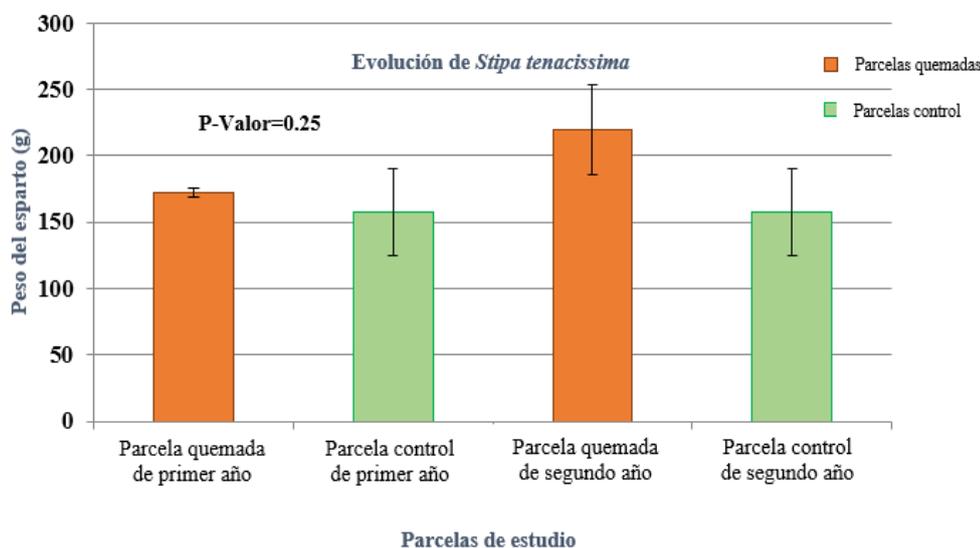


Figura 11. Gráfica comparativa entre tratamientos en la evolución del esparto, transcurridos 2 años después de la ejecución de la quema prescrita

Por otro lado, en la Fig. 12, se observa que los patrones de agrupación entre las parcelas quemadas y control, dos años después de la ejecución de la quema prescrita, son diferentes, siendo la distribución de la parcela control más compacta y con un grado de similitud alto en la composición de especies, mientras que en las parcelas experimentales el patrón de agrupación es disperso y el grado de similitud tiende a ser bajo, por lo tanto la recuperación de la vegetación, transcurridos dos años tras la realización de la quema prescrita, es heterogénea

dentro de las parcelas quemadas. A esto cabe añadir que el P-Valor es menor de 0.01, por lo que las diferencias existentes entre la parcela quemada y la parcela control son significativas.

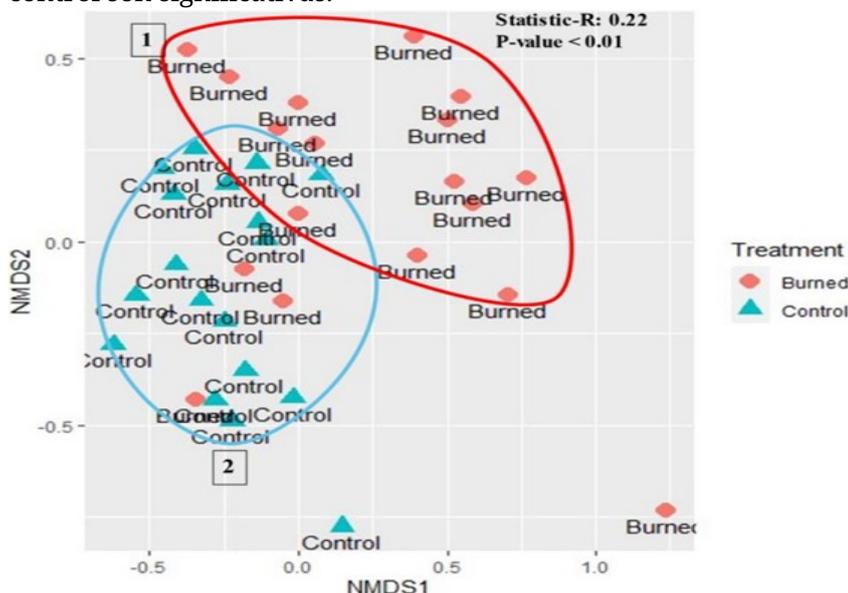


Figura 12. Gráfica comparativa entre tratamientos en la composición de la cobertura vegetal, transcurridos 2 años después de la ejecución de la quema prescrita

5.a. Discusión

5.a.1. Repelencia del suelo al agua

Los resultados observados en este estudio coinciden con los obtenidos en las publicaciones de Fajardo-Cantos (2023) y Plaza-Álvarez (2018).

5.a.2. Infiltración en el suelo

Las diferencias no significativas observadas entre tratamientos del estudio concuerdan con los artículos de Fajardo-Cantos (2023) y Plaza-Álvarez (2019).

5.a.3. Respiración edáfica

Los estudios de Fajardo-Cantos (2023) y Plaza-Álvarez (2017) no observaron diferencias significativas, coincidiendo con los datos obtenidos en esta investigación.

5.a.4. Parámetros físico-químicos

Comparando los resultados de esta investigación con los de Fajardo-Cantos (2023), las diferencias significativas únicamente coinciden en la materia orgánica y el carbono orgánico.

5.a.5. Actividad de los microorganismos del suelo

No existen datos de referencia de la parcela con las que elaborar una discusión para dicho parámetro.

5.a.6. Evaluación de la vegetación

Relativo a la evolución del esparto, el artículo de Fajardo-Cantos (2023) concuerda con las diferencias no significativas observadas en este estudio. Sin embargo, referente a la composición de la cobertura vegetal, las diferencias son significativas tanto en la investigación de Fajardo-Cantos (2023) como en esta.



6.a. Conclusiones

La línea de investigación referente al efecto ecológico que causan las quemas prescritas, tras dos años de su ejecución, nos ha indicado que el fuego aplicado a baja intensidad no genera daños graves ni en el suelo (que se recupera rápidamente) ni en la vegetación (que incluso se ve favorecida en las plantas rebrotadoras o beneficia la diversidad). Por lo que las quemas prescritas son un gran aliado para hacer frente al desafío que están suponiendo los actuales incendios forestales.

De cara a futuro, una posible línea de investigación a seguir, que es interesante y necesaria a partes iguales, es considerar el ligero aumento de la recurrencia de las quemas prescritas de baja intensidad en aquellas zonas donde el esparto suponga un peligro debido a su rápido crecimiento e inflamabilidad, siempre y cuando se respete el tiempo de recuperación que precisa el suelo.

b. IMPACTO DEL PROYECTO APRENDIZAJE-SERVICIO PLANTANDO CARA AL FUEGO

3.b. Metodología

3.b.1. ¿Qué es un proyecto Aprendizaje-Servicio?

Un proyecto ApS es una estrategia didáctica innovadora, cuya estructura parte de un Equipo ApS cuyos componentes son los llamados formadores, que son universidades, administración pública, ONG, empresas y centros educativos. La función de los formadores es diseñar el proyecto, concretando las actividades que lo componen y las características de éstas, además de brindar apoyo y formación a los estudiantes tutores, que son los estudiantes universitarios implicados. A esta fase se le conoce como formación de formadores. Los estudiantes tutores lideran e implementan dichas actividades en los centros no universitarios. Dicha fase se le denomina formación de estudiantes. En último lugar, los estudiantes de la ESO y FP, que han participado en las actividades, trasladan los conocimientos aprendidos en el proyecto a la sociedad, generando así un impacto positivo sobre la misma.

3.b.2. Niveles educativos participantes y sus objetivos

Nuestro proyecto ApS, ubicado en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha, implicó a estudiantes de tres niveles educativos diferentes, marcándonos así un conjunto de objetivos distintos para cada uno de ellos, que son los destacados a continuación:

Alumnos tutores

- Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural de la ETSIAMB de Albacete: divulgar la importancia de la educación ambiental en la problemática de los incendios forestales.

- Grado en Maestro en Educación Primaria, con mención en Ciencias de la Naturaleza, del Campus de Albacete: difundir los aspectos más relevantes sobre incendios forestales, además de “enseñar a enseñar” este contenido en Educación Primaria.

Alumnos de centros educativos no universitarios

- Ciclo Formativo de Gestión Forestal y del Medio Natural del Centro Integrado de Formación Profesional (CIFP) Aguas Nuevas: transmitir la importancia de

prevenir, haciendo especial énfasis en las quemas prescritas.

- Educación Secundaria Obligatoria (ESO) del Instituto de Educación Secundaria (IES) Tomás Navarro Tomás: informar sobre aspectos variados del problema, desde prevención hasta restauración de zonas post-incendio.

3.b.3.- Puesta en marcha del estudio

Evaluamos la evolución del grado de conocimiento sobre incendios forestales, mediante encuestas contestadas por el alumnado antes y después de su participación en el proyecto ApS.

Así, diseñamos para cada grupo una encuesta y las sesiones teóricas-prácticas adaptadas a los objetivos propuestos. A continuación, se detallan las actividades desarrolladas en el proyecto.

3.b.3.1. Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Dichos estudiantes asistieron a un seminario sobre la falta de información válida sobre incendios forestales que tiene la población y el papel tan relevante que juega la educación ambiental para hacer frente a estas perturbaciones, haciendo especial énfasis en el proyecto Plantando Cara al Fuego.

3.b.3.2. Grado en Maestro de Educación Primaria, con mención en Ciencias de la Naturaleza

Los futuros docentes de Educación Primaria acudieron a dos seminarios: el primero, orientado a una gran diversidad de contenidos relacionados con los incendios forestales (de los que destacamos la importancia de la prevención, selvicultura preventiva, quemas prescritas, mitos sobre los incendios forestales y el proyecto Plantando Cara al Fuego). Posteriormente, entendida la problemática de los incendios forestales en la cuenca mediterránea, el segundo seminario consiste en una recopilación de recursos y estrategias didácticas para “enseñar a enseñar” diferentes contenidos relevantes sobre incendios forestales.

De forma adicional, los/as estudiantes de ambos grados universitarios recibieron formación sobre el manejo de equipos de laboratorio para las prácticas de laboratorio que se desarrollaron con el alumnado de la ESO.

La **Fig. 13** es un código QR que nos dirige a la página oficial del proyecto ApS Plantando Cara al Fuego, que dispone de información más detallada de las sesiones celebradas con los estudiantes tutores.



Figura 13. Código QR de la formación de formadores

3.b.3.3. Educación Secundaria Obligatoria

Para la formación del alumnado de la ESO, pusimos en marcha cuatro sesiones.

La primera fue un seminario sobre la problemática de los incendios forestales desde diferentes puntos, abarcando desde la prevención hasta la restauración de zonas post-incendio.

La segunda y tercera fueron prácticas de laboratorio sobre regeneración de la vegetación (bomba de semillas, recreación de fajinas en botellas de plástico y la observación de micorrizas a través de lupa binocular) y afección del suelo causado por los incendios forestales (donde evaluamos la variación de la infiltración, repelencia del suelo al agua, pH, nitratos y potasio entre un suelo quemado y no quemado). La **Fig. 14** pertenece a estas sesiones.



Figura 14. Fotografía de las prácticas de laboratorio con estudiantes de la ESO

Finalmente, la cuarta sesión cerró el proyecto con una salida a la zona incendiada del Talave (2021), donde comprobaron todo aprendido sobre restauración de zonas post-incendio, visitando las zonas donde se han desarrollado labores de mulching, albarradas y fajinas. Prueba de ello es la **Fig. 15**.



Figura 15. Salida a campo a la zona incendiada del Talave con el alumnado de la ESO
La Fig. 16 es un QR con información sobre dichas sesiones.



Figura 16. Código QR con las actividades desarrolladas con estudiantes de la ESO

3.b.3.4. Estudiantes del Ciclo Formativo del Grado Superior de Gestión Forestal y del Medio Natural

El proyecto destinado a FP lo conformó tres sesiones.

La primera de ellas fue un seminario sobre ecología del fuego, donde se abordó contenidos variados, como los conceptos de resiliencia y resistencia, impactos que generan los incendios forestales, la prevención y restauración de zonas incendiadas, además de divulgar la labor investigadora de la ETSIAMB de Albacete.

La segunda fue otro seminario, pero esta vez centrado en las quemas prescritas como medida preventiva de los incendios forestales. En él profesionales de Infocam enseñaron cómo se ejecutan y cómo hay que protegerse para evitar riesgos laborales.

En la última sesión se elaboró una línea de defensa perimetral, donde, en un futuro, se destinará para delimitar una quema prescrita. Seguidamente, visitamos la base helitransportada de Molinicos (Albacete), donde conocimos sus instalaciones y equipos, además de asistir a la recreación del protocolo de actuación que siguen cuando reciben un aviso de incendio forestal.

La Fig. 17 es un código QR que recoge la información del proyecto desarrollado con el alumnado de FP



Figura 17. Código QR con las actividades desarrolladas con estudiantes de FP

3.b.4. Tratamiento estadístico del estudio

Tras corregir las encuestas, transformamos las variables nominales (respuestas) en categóricas y continuas, quedando así:

- Nivel educativo (categórica): 1 para alumnos de la ESO, 2 para FP y 3 para los futuros maestros.

- Grado de conocimiento en incendios forestales (continua): computamos todas las respuestas de cada encuesta, obteniendo así el valor de conocimiento de cada estudiante previa y posteriormente a su participación. Para ello, otorgamos: un valor de 0 en las preguntas que han sido contestadas erróneamente o tienen un NS/NC; 1 punto a las cuestiones bien contestadas y, en caso de las preguntas con respuestas múltiples y que seleccionaron una parte de estas, se les otorgó la parte proporcional.

A continuación, relativizamos los valores obtenidos en las encuestas al número de preguntas, es decir, si hay 22 preguntas, el cómputo final lo dividimos entre 22, alcanzando así un valor máximo de un punto en cada una de las encuestas.

Finalmente, utilizando Statgraphics, analizamos el impacto del proyecto en los participantes, con un grado de significación del 95%, mediante la prueba de Mann-Whitney, cuando estudiamos el antes y después de cada grupo, o mediante la prueba de Kruskal-Wallis, cuando enfrentamos a los 3 grupos participantes (estudiantes de ESO, FP y Grado en Maestro).

4.b. Resultados

4.b.1.- Impacto del proyecto en estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria

Como se puede observar en las Fig. 18, tras la participación de los estudiantes de 2º de la ESO del IES Tomás Navarro Tomás de Albacete en el proyecto ApS Plantando Cara al Fuego, casi en la totalidad de ellos experimentan una mejoría en el grado de conocimiento sobre aspectos relativos a los incendios forestales, por lo que el impacto del proyecto ApS Plantando Cara al Fuego ha sido positivo en el alumnado de Secundaria.

Puesto que el valor de P es de 0.17 y el F-Razón es de 0.60, estadísticamente las diferencias no son significativas.

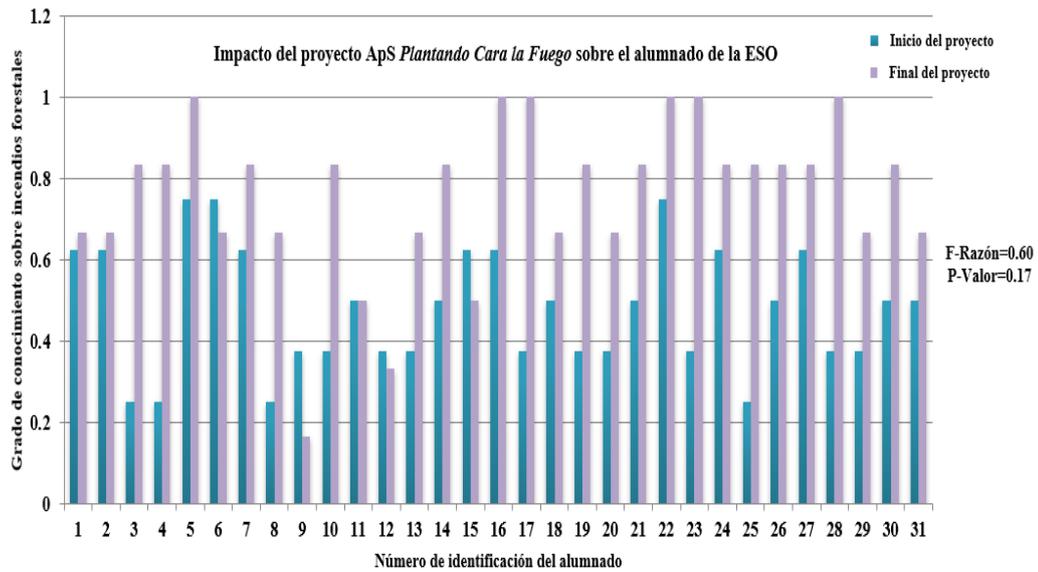


Figura 18. Gráfica del impacto del proyecto ApS Plantando Cara al Fuego, en función del grado de conocimiento sobre incendios forestales antes y después de la participación del alumnado de la ESO

4.b.2.- Impacto del proyecto en estudiantes del Ciclo Formativo de Grado Superior de Gestión Forestal y del Medio Natural

El impacto del proyecto ApS Plantando Cara al Fuego sobre los alumnos de FP del Grado Superior de Gestión Forestal y del Medio Natural ha sido, en la totalidad de los participantes, positivo, ya que, como podemos comprobar en la Fig. 19, la mejora que experimenta el grado de conocimiento de los estudiantes al finalizar su participación en el proyecto es más que evidente. Sin embargo, como indica el valor de P (0.04) y la F-Razón (5.57), las diferencias son significativas estadísticamente.

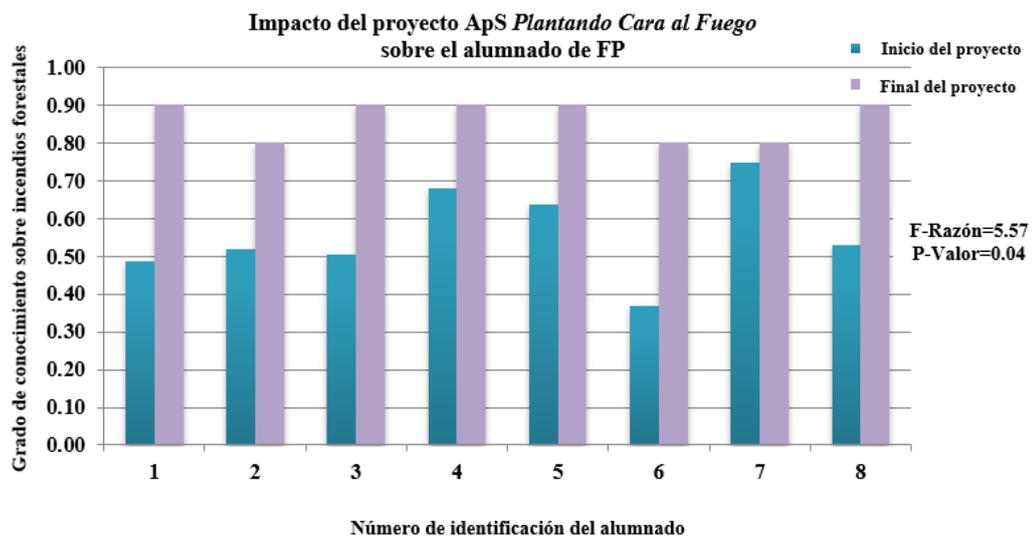


Figura 19. Gráfica del impacto del proyecto ApS Plantando Cara al Fuego, en función del grado de conocimiento sobre incendios forestales antes y después de la participación del alumnado de FP

4.b.3.- Impacto del proyecto en estudiantes del Grado Universitario en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

La Fig. 20 demuestra que el grado de conocimiento sobre incendios forestales de los alumnos del Grado de Ingeniería Forestal y del Medio Natural es alto, por lo que están cualificados y tienen una gran formación para liderar las actividades dirigidas al alumnado de la ESO desde el puesto de estudiante tutor.

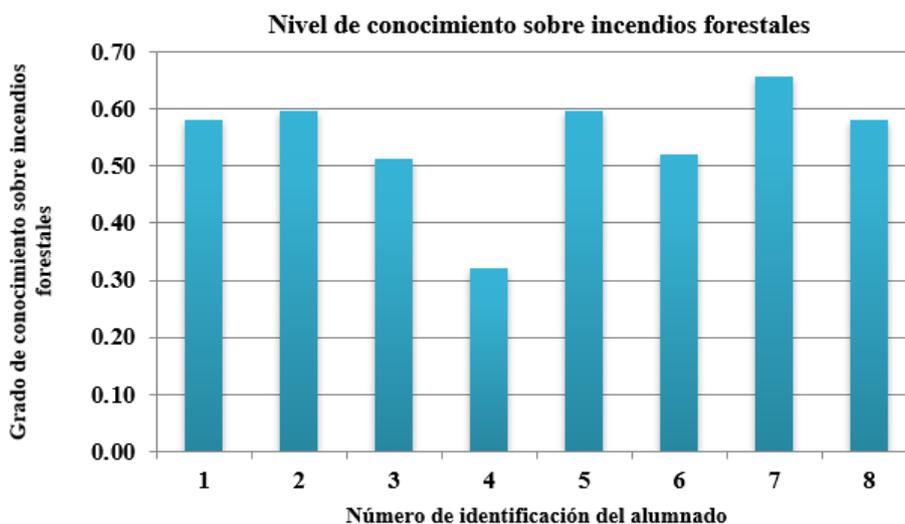


Figura 20. Gráfica del impacto del proyecto ApS Plantando Cara al Fuego, en función del grado de conocimiento sobre incendios forestales antes y después de la participación del alumnado del Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

4.b.4.- Impacto del proyecto en estudiantes del Grado de Maestro en Educación Primaria, con mención en Ciencias de la Naturaleza

En primer lugar, evaluamos el impacto del proyecto ApS Plantando Cara al Fuego en los participantes mediante un estudio de la evolución del grado de conocimiento sobre incendios forestales que, según podemos ver en las Fig. 21, de manera generalizada, las nociones al finalizar el proyecto experimentan una mejoría bastante notable respecto de las nociones previas al inicio del mismo. El valor de P es de 0.07, mientras que la razón de F es 2.49, por lo que nos indican que las diferencias no son significativas estadísticamente.

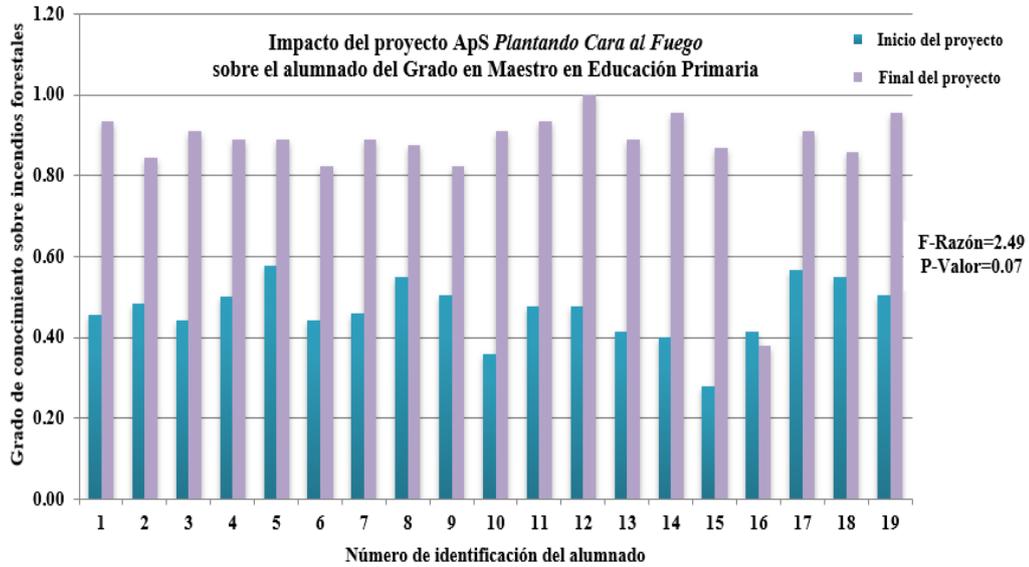


Figura 21. Gráfica del impacto del proyecto ApS Plantando Cara al Fuego, en función del grado de conocimiento sobre incendios forestales antes y después de la participación del alumnado del Grado en Maestro de Educación Primaria

4.b.5. Impacto del proyecto, evaluando conjuntamente a los tres niveles educativos

Como demuestra la Fig. 22, previamente a la participación en el proyecto ApS, el grado de conocimiento sobre incendios forestales, generalmente, es bastante bajo, siendo el grupo de FP los que tienen un nivel más elevado. En este análisis estadístico hemos obtenido un P-Valor de 0.21 y un F-Razón de 1.59, por tanto, las diferencias no son significativas estadísticamente.

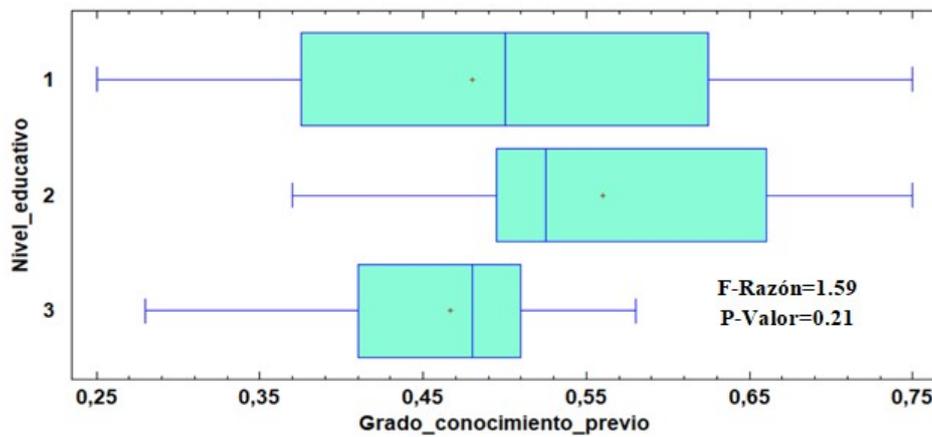


Figura 22. Gráfica comparativa entre los tres niveles educativos participantes sobre el grado de conocimiento previo acerca de los incendios forestales

En cambio, como podemos observar en la Fig. 23, el grado de conocimiento sobre incendios forestales tras finalizar el proyecto ha mejorado notablemente en los tres niveles educativos, especialmente en estudiantes del Grado de Maestro en Educación Primaria, seguido de los estudiantes de FP de Gestión Forestal y del Medio Natural. Puesto que el estadístico nos ha dado un P-Valor de 0.04 y un F-Razón de 3.30, se consideran significativas las diferencias existentes

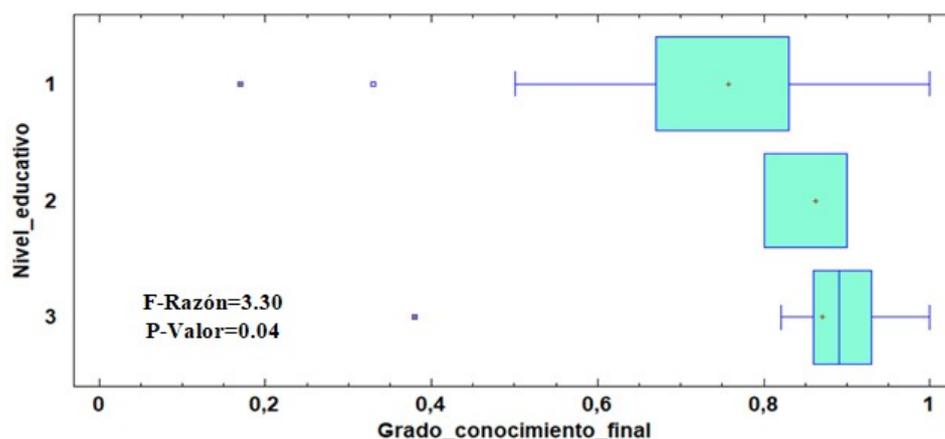


Figura 23. Gráfica comparativa entre los tres niveles educativos participantes sobre el grado de conocimiento final acerca de los incendios forestales

5.b. Discusión

En esta línea de investigación, de carácter social, partimos de dos hechos: (1) el proyecto ApS Plantando Cara al Fuego prácticamente acababa de iniciar su andadura, pues contaba con solamente dos ediciones y (2) hasta entonces, los equipos ApS de las diferentes comunidades autónomas se habían limitado en las puestas en marcha de sus proyectos, sin profundizar en si había llegado el mensaje del problema de los incendios forestales a las participantes y en qué grado ha impactado el proyecto en ellos. Por lo tanto, carecemos de referencias bibliográficas con las que establecer una discusión de los resultados.

6.b. Conclusiones

Las medidas preventivas que actúan sobre la sociedad mediante programas de concienciación y sensibilización reducen la posibilidad de que se produzca la ignición de un incendio forestal.

Como se ha podido observar en los resultados obtenidos en nuestro estudio sobre impacto del proyecto ApS Plantando Cara al Fuego, existe un impacto positivo, en mayor o en menor medida, en aquellas personas que están involucradas en este proyecto de concienciación contra los incendios forestales, ya que se ha observado que se ha producido una mejora en la comprensión del problema de este tipo de perturbaciones y, por tanto, la importancia de prevenirlo o, en su defecto, de adoptar medidas de emergencia para restaurar la zona post-incendio. Así pues, es evidente la relevancia de la educación en general y de proyectos (como el de Plantando Cara al Fuego) en particular en materia de incendios forestales y el papel tan importante que juegan en la prevención, pues es necesario que la población esté sensibilizada con este problema, para reducir las probabilidades de ignición y, por consiguiente, generar el cambio que tanto necesitamos en nuestra sociedad.

A esto hay que añadir que la metodología Aprendizaje-Servicio facilita la difusión de las actividades desarrolladas por los participantes de la misma, ya sea mediante redes sociales o por notas de prensa, por lo que garantiza la divulgación de los avances que se están haciendo en materia de prevención de los incendios forestales y que se dé a conocer la problemática de los mismos. De esta manera, el alcance del proyecto ApS es mayor, produciéndose así un cambio en el paradigma el cual da lugar a la mitigación de los incendios forestales.

A modo de conclusión que aúna los dos subproyectos que conforman este TFG, faltaría decir que ambas medidas de prevención se complementan y se necesitan



la una de la otra para funcionar de forma eficaz ante esta situación más que preocupante, sin olvidar nunca la labor de los/as investigadores que nos aportan datos y conocimiento para entender y afrontar el problema.

7. Agradecimientos

Plantando Cara al Fuego se financió con fondos de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). A ECOFOR por su apoyo logístico, técnico y económico. A Álvaro Fajardo-Cantos y Daniel Moya-Navarro, por orientarme. A los implicados en Plantando Cara al Fuego: Agustín Merino, Beatriz Omil y Pablo Souza (de la Universidad de Santiago de Compostela), técnicos del Infocam, profesorado y alumnado de ESO, FP y UCLM y, en especial, a los estudiantes tutores del Grado en Maestro en Educación Primaria.

8. Bibliografía

BISDOM, E.B.A., DEKKER, L.W. AND SCHOUTE, J.F.TH.; 1993. Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure. In: L. Brussaard and M.J. Kooistra (Editors), Int. Workshop on Methods of Research on Soil Structure/Soil Biota Interrelationships. Geoderma, 56: 105–118.

CASTELLNOU, M; 2022. El contexto actual de los incendios forestales y los retos de futuro en el marco del cambio global. 8º Congreso Forestal Español (CFE). Lleida.

COBO-SÁNCHEZ, B.; FAJARDO-CANTOS, Á.; DÍAZ-MONTERO, A.; PEÑA-MOLINA, E.; GONZÁLEZ-MARTÍN, M.I.; VÁZQUEZ-CAMAÑO, M.; FERRANDIS, P.; LUCAS-BORJA, M.E.; GÓMEZ-SÁNCHEZ, E.; CALDERÓN, D.; RODRÍGUEZ, M. R.; GARCÍA, M.; DE LAS HERAS, J.; MOYA, D.; 2023. Service-learning (“S-L”) Castilla-La Mancha: spreading about the problem of forest fires: prevention, intervention and restoration. [Comunicación oral]. Taller práctico Educar para Convivir con el Fuego, Santiago de Compostela, España.

COPETE, M. A.; 2022. Selvicultura preventiva [Apuntes de la asignatura de Incendios Forestales]. ETSIAMB, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, España.

FAJARDO-CANTOS Á., PEÑA E., DE LAS HERAS J., PLAZA-ÁLVAREZ PA., GONZÁLEZROMERO J., LUCAS-BORJA ME., MOYA D. (2022). Short-term recovery of soil and pine tree canopy in late season prescribed burning in a semi-arid landscape. Science of The Total Environment 855, 159044.

FAJARDO-CANTOS, Á.; PEÑA-MOLINA, E.; DÍAZ-MONTERO, A.; GONZÁLEZ-ROMERO, J.; MOYA, D.; LUCAS-BORJA M.E.; DE LAS HERAS, J. (2023). Short-term *Macrochloa tenacissima* response understory *Pinus halepensis* Mill forest after early prescribed burns in a semi-arid landscape.

FAJARDO-CANTOS, Á.*; PEÑA, E.; PLAZA-ÁLVAREZ, P.; GONZÁLEZ-ROMERO, J.; MOYA, D.; GONZÁLEZ-CAMUÑAS, H.; DÍAZ, A.; BOTELLA, R.; LUCAS-BORJA M.E.; DE LAS HERAS, J. (2023). Soil response at the SE orientation after early prescribed burning in a semi-arid landscape.

KEUSKAMP, J.A., DINGEMANS, B.J.J., LEHTINEN, T., SARNEEL, J.M., HEFTING, M.M.; 2013. Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. Methods in Ecology and Evolution 4, 1070–1075.

LOURDES HERNÁNDEZ; 2020. Propuesta ibérica de WWF para la prevención de incendios. WWF 139: 2-4.

MOYA, D., SALGADO, R., PEREIRA, J.P., VÉLEZ, F., PACHECO, R., SILVA, F., RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, P.M., DIAS-FERREIRA, M., MERINO, A.; 2022. Debate público de la propuesta sobre el grupo de trabajo ibérico en educación y formación



en incendios forestales. [Mesa redonda]. FUEGORED, Évora, Portugal.

PLANA, E.; 2015. Usar el fuego contra el fuego: las quemas prescritas. WWF.

PLAZA-ÁLVAREZ, P.A., LUCAS-BORJA, M.E., SAGRA, J., MOYA, D., ALFARO-SANCHEZ, R., GONZALEZ-ROMERO, J., DE LAS HERAS, J.; 2018. Changes in soil water repellency after prescribed burnings in three different Mediterranean forest ecosystems. *Science of the Total Environment*, 644: 247-255.

PLAZA-ÁLVAREZ, P.A., LUCAS-BORJA, M.E., SAGRA, J., MOYA, D., FONTURBEL, T., DE LAS HERAS, J.; 2017. Soil Respiration Changes after Prescribed Fires in Spanish Black Pine (*Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii*) Monospecific and Mixed Forest Stands. *Forests* 8 (7): 248.

PLAZA-ÁLVAREZ, P.A., LUCAS-BORJA, M.E., SAGRA, J., ZEMA, D., GONZÁLEZ-ROMERO, J., MOYA, D., DE LAS HERAS, J.; 2019. Changes in soil hydraulic conductivity after prescribed fires in Mediterranean pine forests. *Journal of Environmental Management* 232: 1021-1027.

ROBICHAUD, P. R.; PIERSON, F.B.; BROWN R.E.; WAGENBRENNER, J.W.; 2008. Measuring effectiveness of three postfire hillslope erosion barrier treatments, western Montana, USA. *Hydrological Processes*. 22: 159-170

RODRÍGUEZ, J.; 2021. ¿Generaciones de incendios? *Revista Forestal* 81: 14-15.

SELVA, M.; 2022. "Introducción al fenómeno de los incendios forestales". [Apuntes de la asignatura de Incendios Forestales]. ETSIAMB, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, España.

VÉLEZ, R.; 2000. La defensa contra Incendios Forestales: Fundamentos y experiencias. Mc Graw-Hill. Madrid.

VILLABA, D., MARTÍN, P.; 2004. La educación como herramienta fundamental en la prevención de incendios forestales. *Tabanque* 18: 189-206.