

INVESTIGACIÓN EN MARCHA

TESIS DOCTORAL
CURSO 2021-22

DOCTORADO EN
MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE



PROGRAMA DE DOCTORADO EN
MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD



Doctorando: Minerva García Carmona

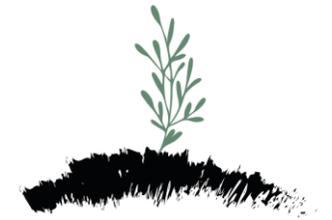


Directora o director (es): Jorge Mataix Solera, Fuensanta García Orenes

Tutor o tutora: Ignacio Gómez Lucas

Departamento Agroquímica y Medio Ambiente

La tesis se enmarca dentro del **proyecto de investigación POSTFIRE-CARE**, cuyo objetivo es evaluar distintos manejos forestales en busca de aquellas estrategias más respetuosas con a la conservación y mejora de la calidad del suelo después de incendios forestales.

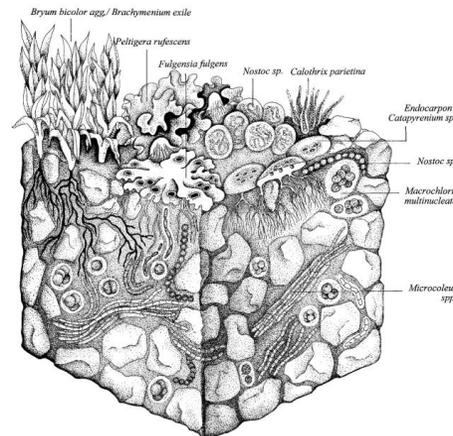


POSTFIRE_CARE

Estrategias de gestión forestal y manejo postincendio orientadas a la conservación y mejora de la calidad del suelo

OBJETIVO GENERAL DE LA TESIS

En la tesis doctoral se busca entender el efecto que tiene en un suelo afectado por incendio y posterior manejo el desarrollo de las **comunidades microbianas y costras biológicas dominadas por musgos**, actuando ambos como indicadores de perturbación y siendo agentes activos en la recuperación del suelo. De su estudio podremos obtener interesantes claves para enfrentarnos a restauraciones más eficaces y sostenibles bajo un contexto de previsión de incendios más frecuentes y severos y deriva a un clima cada vez más árido.



Esquema costra biológica (Belnap, 2003. *Biological Soil Crusts: Structure, Function and Management*)

Para ello, se estudia a **corto y medio plazo** la respuesta del suelo a la presencia de las **biocostras**, la respuesta de las **comunidades microbiológicas** ante los manejos post-incendio más comunes en ambientes mediterráneos: tala y saca de madera, mulch de astillado de madera, enmiendas orgánicas.

METODOLOGÍA

- ✓ **Manejos** post-incendio en estudio, seleccionados por ser los más comunes en ambientes Mediterráneos:
 - Tala y saca de madera quemada
 - Aplicación de acolchados o mulch con residuos de madera procedentes de la tala
 - Adición de enmiendas orgánicas
- ✓ Estudio de Biocostras, tanto su efecto en un suelo afectado por incendio y cómo se ven afectadas en cobertura y desempeño por los manejos post-incendio.
- ✓ Evaluación de los efectos de los Manejos/Biocostras en el **tiempo**: tanto a corto y como medio plazo.
- ✓ **Ecosistemas** de estudio: mediterráneo semi-árido (provincia Alicante), mediterráneo chileno (Chile), mediterráneo de influencia oceánica (Portugal).
- ✓ **Análisis de las propiedades del suelo** que evalúen la recuperación y resiliencia del suelo tras el impacto de las perturbaciones ocasionadas por el incendio y los manejos forestales aplicados:
 - Propiedades físicas para el estudio estabilidad estructural del suelo y efectos en la hidrología superficial: agregación del suelo, repelencia al agua, infiltración (MiniDisk), textura del suelo.
 - Propiedades químicas indicadoras de la fertilidad y estabilidad del suelo: contenido en P, N, carbono orgánico, micronutrientes, carbohidratos.
 - Propiedades biológicas y bioquímicas indicadoras de actividad microbiana: respiración basal, biomasa microbiana, actividades enzimáticas (B-glucosidasa, fosfatasa, ureasa, hidrogenasa, proteasa), y ácidos grasos fosfolípidos de membrana (PLFAs).
 - Secuenciación masiva de los genes 16S e ITS2 para el estudio de las comunidades bacterianas y de hongos en suelos, mediante plataforma Illumina Novaseq 250 e Miseq300.

OBJETIVO: Evaluar los efectos de la tala y extracción de madera quemada (SL, salvage logging)

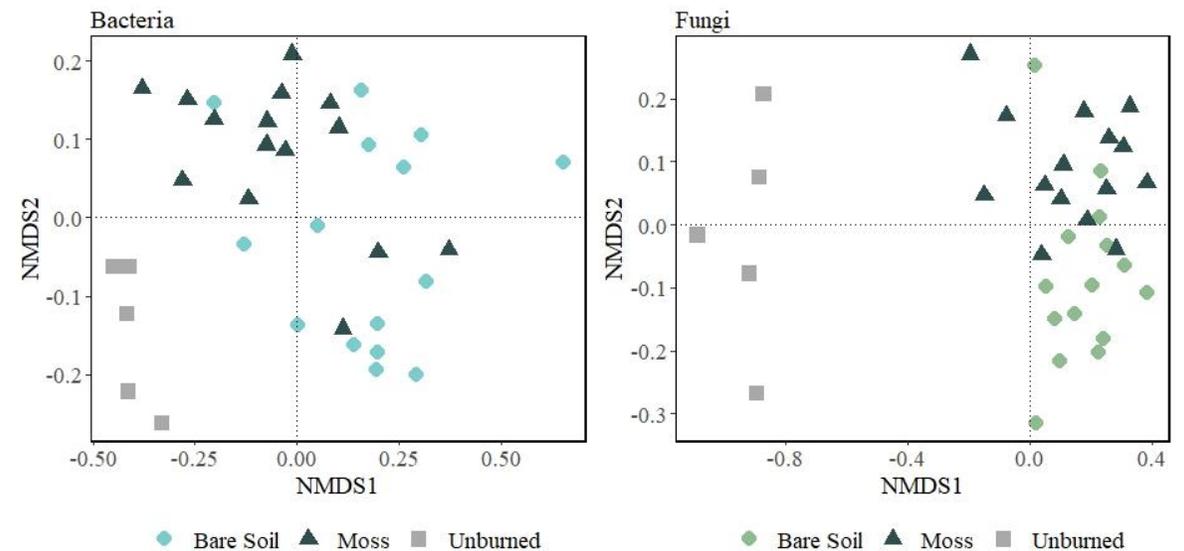
ESTUDIO: Efectos en el suelo y comunidades microbianas de la aparición temprana de biocostra dominada por musgos 7 meses después del incendio y posterior tala y saca de madera. Objetivo es saber si la biocostra tiene un papel activo en la recuperación y resiliencia de los suelos y de las comunidades microbianas afectadas por las perturbaciones.

Resultados del estudio:

- ✓ La biocostra suaviza el efecto del incendio en suelos
- ✓ La humedad, el P, y las actividades enzimáticas, componentes del suelo relevantes en sistemas semiáridos y áridos, y alterados tras los incendios, son los mayores drivers de las comunidades microbianas.
- ✓ Bajo musgos se encuentra mayor diversidad bacteriana.
- ✓ La composición de bacterias y hongos se ve alterado a diversos niveles taxonómicos, mostrando bajo musgos una composición más cercana a los suelos no incendiados.
- ✓ La presencia de musgos suponen un impulso a la recuperación más acelerada de las comunidades microbianas, especialmente las bacterianas. Se prevé para los hongos una recuperación más lenta debido a su elevada sensibilidad a los incendios.

Difusión de los resultados

- EGU 2021 (Viena, Austria): Effects of early post-fire moss biocrusts on soil abiotic and biotic properties in a Mediterranean forest. **Comunicación Oral**
- Actualmente en 2ª revisión en STOTEN (puede visitarse en: García-Carmona, M., Lepinay, C., García-Orenes, F., Baldrian, P., Arcenegui, V., Cajthaml, T., & Mataix-Solera, J. Moss Biocrust after Fire: Key for Soil and Microbial Recovery in Semi-Arid Mediterranean Forests?. Available at SSRN 4115347.)



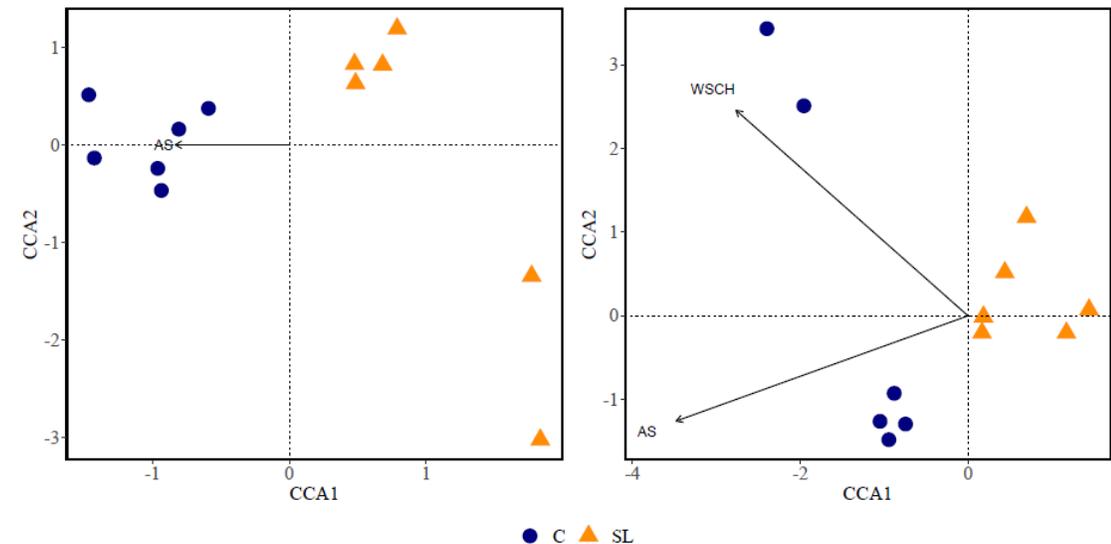
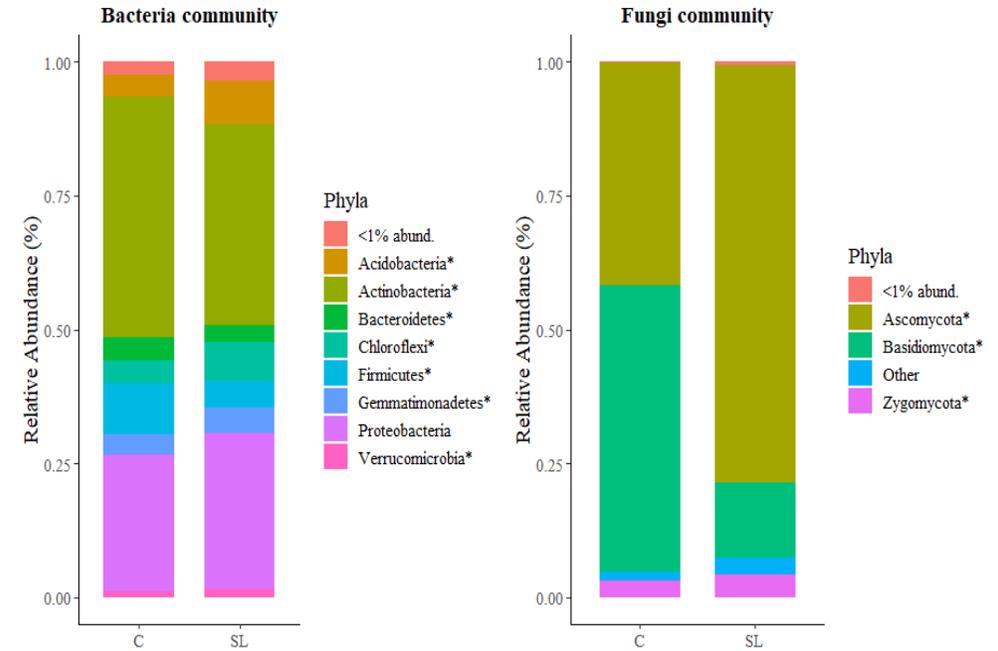
ESTUDIO: Efectos a corto-medio plazo (22 meses) de la tala y saca de madera (SL) en suelos altamente vulnerables a la degradación, en la estructura de las comunidades bacterias y fúngicas, su funcionalidad y diversidad, y la relación con las propiedades edáficas asociadas a los cambios. Objetivo estudiar la resiliencia de las comunidades microbianas en suelos altamente degradados.

Resultados del estudio:

- ✓ La tala y saca de madera alteró profundamente la estructura y composición de las comunidades microbianas.
- ✓ La degradación en las propiedades físicas del suelo (estructura) debido al manejo determinó el cambio de la composición y diversidad microbiana.
- ✓ La mayor riqueza de especies en el microbioma edáfico no estuvo ligada a una mejor calidad y salud del suelo.
- ✓ La degradación de la estructura del suelo resultó en la generación de nuevos hábitats anóxicos, y con ello la proliferación de familias de Proteobacterias y Firmicutes ligadas a condiciones anaeróbicas.
- ✓ La permanencia de la madera quemada en la zona control generó una mayor heterogeneidad de sustratos de carbono y especialización de la comunidad microbiana, en especial Actinomycetales.

Difusión de los resultados

- CAED 2021 (Elche): "Alterations in the soil bacterial community structure and functioning induced by salvage logging after a wildfire". **Comunicación Oral**
- Publicado en: García-Carmona, M., García-Orenes, F., Mataix-Solera, J., Roldán, A., Pereg, L., & Caravaca, F. (2021). Salvage logging alters microbial community structure and functioning after a wildfire in a Mediterranean forest. *Applied Soil Ecology*, 168, 104130.



ESTUDIO: Efectos en la estabilidad, fertilidad y biología del suelo por la presencia de biocostra dominada por musgo en un suelo altamente degradado por manejo de tala y saca de madera (SL) a medio plazo, 6 años después de la perturbación.

Resultados del estudio:

- ✓ SL afecta negativamente al desarrollo en cobertura de biocostra, disminuyendo en un 22% la cobertura de la biocostra a medio plazo, limitando los posibles beneficios de ésta en el suelo afectado.
- ✓ La presencia de biocostras mejora las condiciones de fertilidad en los suelos, incrementándose el contenido en carbono orgánico, N, P y micronutrientes.
- ✓ Las propiedades físicas no son modificadas a medio plazo, no se observa efecto en el comportamiento hidrológico del suelo (infiltración y compactación en superficie no alteradas).
- ✓ La presencia de biocostra favorece una mayor abundancia de biomasa microbiana y actividad asociada.

Difusión de los resultados

- GSER 2019 (Roma): “Influence of mosses on soil hydraulic conductivity, penetration resistance and water repellency six years after a post-fire salvage logging treatment”. **Comunicación Oral**
- RENS 2019 (Sevilla): “El papel de los musgos en la recuperación de suelos degradados por tratamiento post-incendio en la Sierra de Mariola (Alicante, España)”. **Póster**
- Publicado en: García-Carmona, M., Arcenegui, V., García-Orenes, F., & 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. (citado 12 veces)

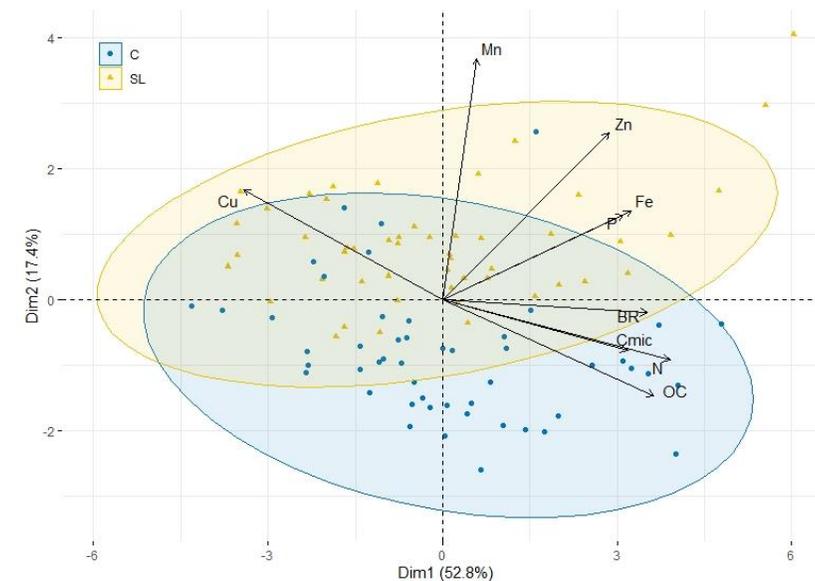


Foto detalle de cenizas atrapadas en el suelo por los musgos

ESTUDIO: Respuesta de las comunidades microbianas, bacterias y hongos, a la emergencia de biocostra en suelos altamente degradados 6 años después de incendio y manejo forestal.

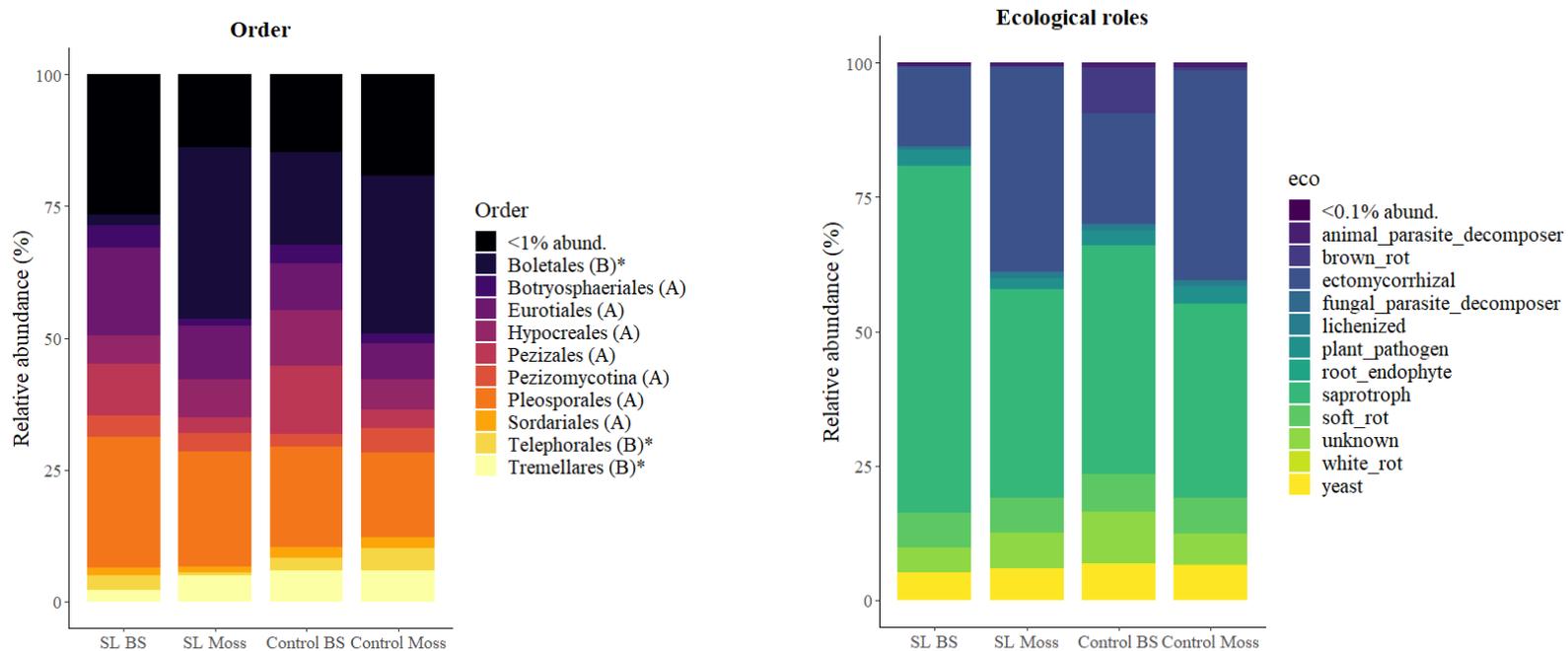
Resultados del estudio:

- ✓ Los suelos altamente degradados por manejo forestal tienen comunidades microbianas completamente distintas.
- ✓ La presencia de musgos en los suelos altamente degradados implica un aumento en la resiliencia de las comunidades microbianas, siendo estas más parecidas a las comunidades en suelos no degradados por el manejo forestal, basado en la no extracción de la madera quemada.
- ✓ Los cambios se observan a todos los niveles taxonómicos y en su funcionalidad.
- ✓ La presencia de musgos favorecen la recuperación de hongos ectomicorrizas

Difusión de los resultados

CONDEGRES 2021 (Elche): “Los musgos promueven la recuperación de la comunidad microbiana en suelos afectados por tala y saca de madera seis años después del incendio”. **Póster**

WCSS 2022 (Glasgow): Moss biocrust promotes the recovery of fungal communities in soils affected by a wildfire and post-fire salvage logging. **Póster**



OBJETIVO: Evaluar el efecto del mulch de astillado de madera

ESTUDIO: Respuesta de las comunidades microbianas y propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo ante la técnica post-incendio de estabilización de suelos mediante la aplicación de mulch de astilla de madera, en dos dosis distintas, después de un año de aplicación, en suelos con presencia de biocostra.

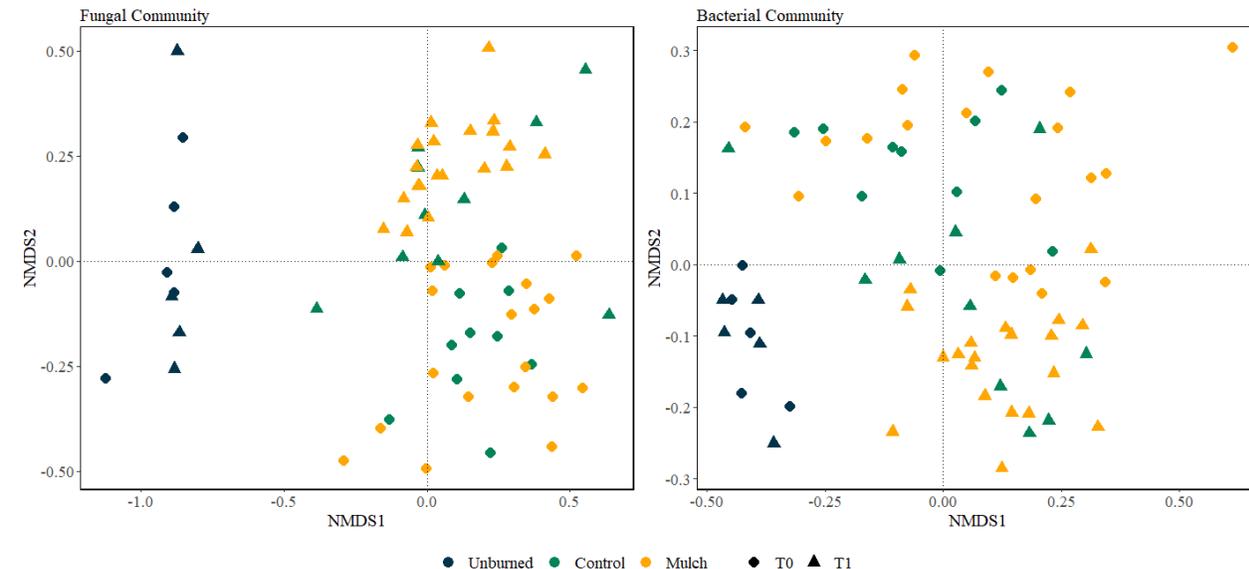
Resultados del estudio:

- ✓ Tras de un año desde la aplicación del mulch, la cobertura de musgo se vio perjudicada en su desarrollo, casi 4-veces menos cobertura.
- ✓ La presencia de musgo, y una alta dosis de mulch, mitigaron la repelencia al agua desarrollada después del incendio.
- ✓ El efecto de la biocostra en las comunidades microbiológicas se ve minimizado tras la aplicación de mulch.
- ✓ La presencia de mulch, independientemente de la dosis de aplicación, toma alta relevancia modulando las comunidades microbianas, en especial afectando la estructura de las comunidades fúngicas, más sensibles a la madera.



Difusión de los resultados

- Fuegored 2021 (Alicante): Effects of post-fire mulching on moss biocrust functionality after a wildfire. **Comunicación Oral**
- Pendiente de envío a revista tras últimas revisiones.



OBJETIVO: Evaluar el efecto de la tala y saca y mulch de astillado de madera en clima oceánico

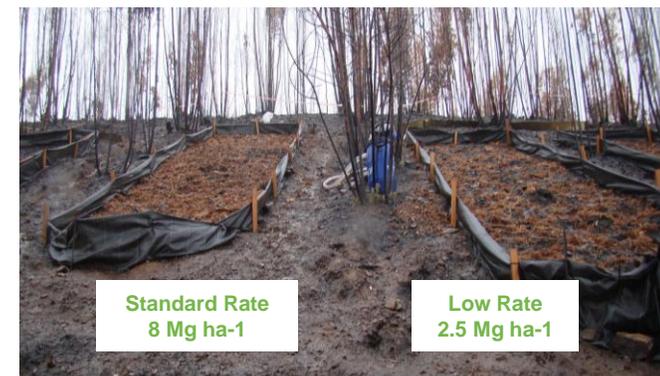
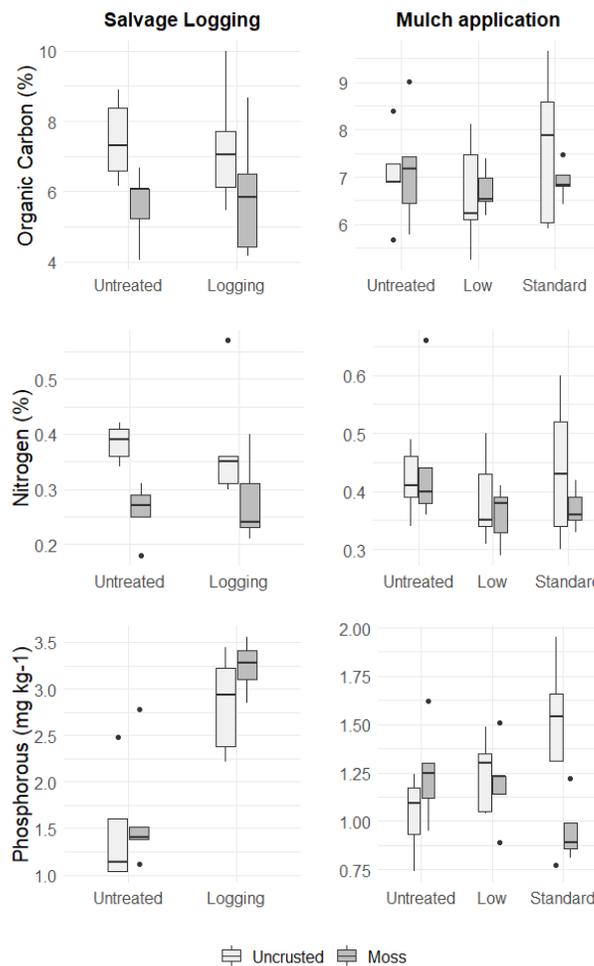
ESTUDIO: Respuesta de las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo 6 años después del incendio y dos manejos forestales altamente distintos, tala y saca de madera y aplicación de mulch, ante la presencia de biocostra en plantaciones de eucaliptales en clima Mediterráneo de influencia oceánica (centro Portugal). Estudio realizado en colaboración con la Universidad de Aveiro.

Resultados del estudio:

- ✓ Los manejos forestales mostraron efectos altamente contrastados en las propiedades del suelo a medio plazo.
- ✓ La tala y saca de madera no ha tenido consecuencias negativas a medio plazo en el suelo, posiblemente debido a la forma de aplicación, más respetuosa con el suelo. En cambio, sí se incrementó en contenido en P.
- ✓ La aplicación de mulch en dosis estándar ha aumentado la fertilidad del suelo a medio plazo. Este incremento se ha observado donde no se han desarrollado musgos tras el incendio.
- ✓ Los musgos se establecieron allí donde no se desarrolló repelencia al agua, posiblemente menos afectados por la severidad del incendio.
- ✓ La presencia de musgos preservó la estructura del suelo, reduciendo el riesgo de erosión.

Difusión de los resultados

- CICS 2022 (Lisboa): "The role of mosses in soil physico-chemical properties under two contrasting post-fire managements in Central Portugal". **Poster**



OBJETIVO: Evaluar los efectos de las enmiendas orgánicas

ESTUDIO: Respuesta del suelo tras la adición de diferentes enmiendas orgánicas caracterizadas por distintos grados de estabilidad y origen: materiales estables, mulch de paja y compost, y materiales frescos, estiércol de ave y porcino. El estudio se desarrolla en suelos chilenos afectados por los megaincendios de 2017 en colaboración con la Universidad O'Higgins.

Resultados del estudio:

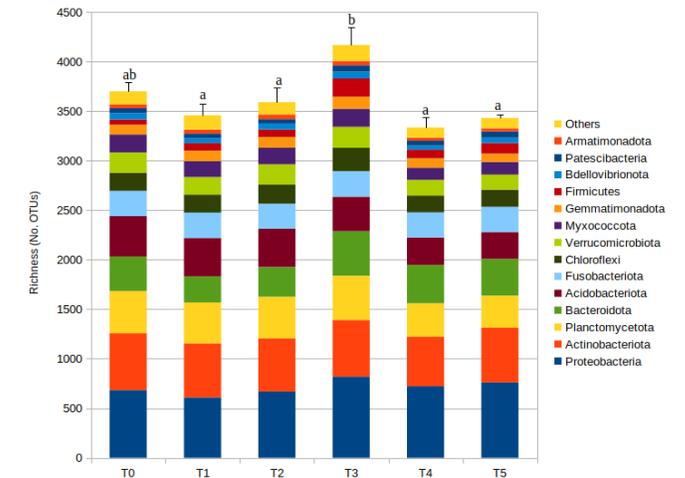
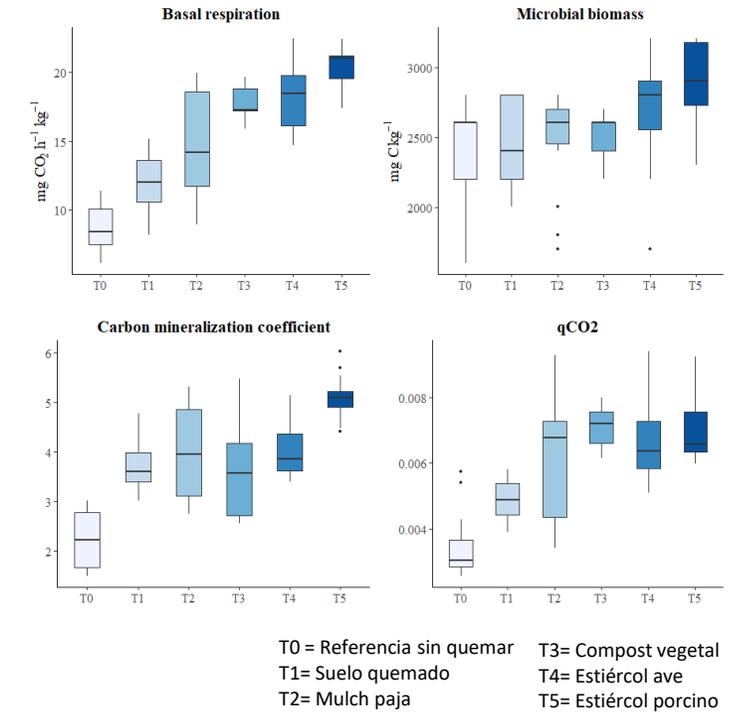
- ✓ Los suelos con materiales frescos mostraron una mayor recuperación de las propiedades microbiológicas a corto plazo. Sin embargo, es esperable su agotamiento a corto plazo tal y como se observa en el estiércol de ave.
- ✓ El aumento observado de CO y N en los suelos enmendados con compost hace suponer que procurará una mejor recuperación a largo plazo bajo una lenta liberación de nutrientes.
- ✓ El material a emplear dependerá de los objetivos planteados y la necesidad concreta de la restauración.

Actualmente: en estudio los efectos en las comunidades microbianas, bacterias y procariotas. Se intenta determinar cómo se han visto afectadas las comunidades, si se han introducido taxones exógenos y la posible implicación de ello, y si son las comunidades más resilientes a los incendios tras la aplicación de enmiendas orgánicas.

Difusión de los resultados

- GSBIO 2021: "Recovering soil ecosystem services and functions at a burned native forest in the mediterranean zone of central Chile by the use of organic amendments". **Ponencia oral** (Claudia Rojas)

Publicado en: García-Carmona, M., Marín, C., García-Orenes, F., & Rojas, C. (2021). *Contrasting Organic Amendments Induce Different Short-Term Responses in Soil Abiotic and Biotic Properties in a Fire-Affected Native Mediterranean Forest in Chile*. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 1-10.



FUTURO CERCANO

- Previsión de depósito de tesis en Septiembre – Octubre, defensa en Diciembre - Enero

¡GRACIAS !

CONTACTO:
minerva.garcia@umh.es