

RESPUESTA DE LAS COMUNIDADES MICROBIANAS AL IMPACTO DE LOS INCENDIOS FORESTALES

IIAG



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROBIOLÓGICAS DE GALICIA

Reflexiones tras 40 años de estudio



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



MONTserrat DÍAZ-RAVIÑA

Investigador Científico del CSIC en el Instituto de Investigaciones
Agrobiológicas de Galicia y Presidenta de la Sección de Biología de la
Sociedad Española de la Ciencia del Suelo

Webinar TERRAMATER

“El suelo y los incendios forestales, situación, efecto y soluciones de recuperación”

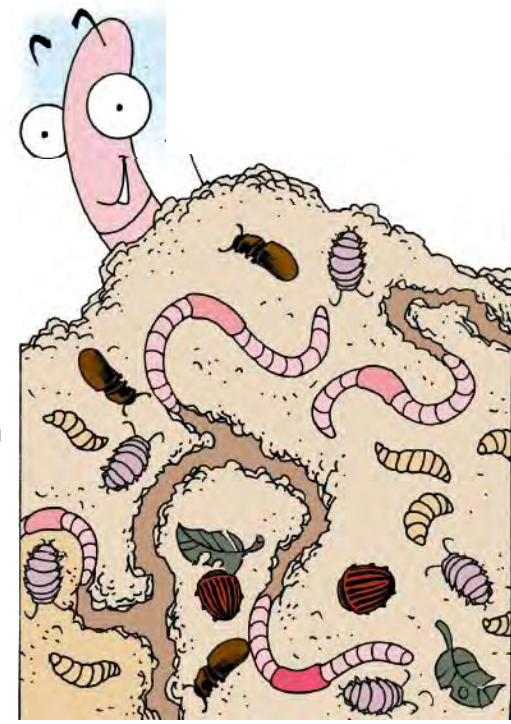
Santiago de Compostela, 16 de diciembre 2021



BIOMASA Y BIODIVERSIDAD DEL SUELO

- Vegetación
(herbácea, arbustiva, arbórea)
- Macrofauna
- Mesofauna
- Microfauna
- Microorganismos

- Descomposición y mineralización de la materia orgánica →
- liberación de nutrientes
- Retención y degradación de contaminantes
- Filtración del agua



THERE ARE MORE ORGANISMS IN ONE TABLESPOON OF HEALTHY SOIL...

...THAN THERE ARE PEOPLE ON EARTH

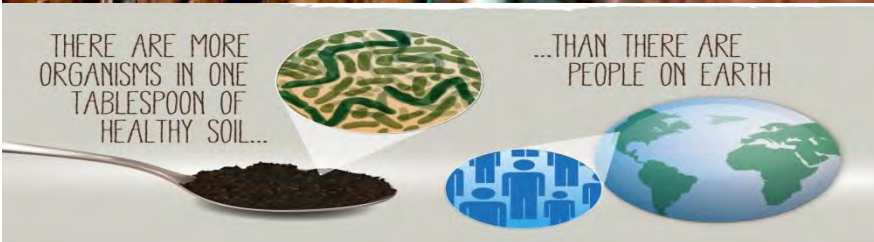


FUNCIONES DEL SUELO

Hábitat biológico y reserva genética



Un suelos sano es un ecosistema vivo y dinámico, lleno de organismos de diferente tamaño que cumplen muchas funciones



Transformar la materia inerte y en descomposición, así como los minerales, en nutrientes para las plantas (ciclos de los elementos nutritivos); controlar las enfermedades de las plantas, los insectos y malas hierbas; mejorar la estructura de los suelos con efectos positivos para la capacidad de retención de agua y nutrientes de los suelos y mejorar la producción de los cultivos

BIOMASA Y BIODIVERSIDAD DEL SUELO

EL SUELO ESTA LLENO DE VIDA



EL SUELO
HOSPEDA UN
CUARTO
DE LA
BIODIVERSIDAD
DEL PLANETA



Macroorganismos vivos y raíces

Insectos	15.000 kg/ha
Lombrices de tierra	1.000 kg/ha
Nemátodos	500 kg/ha
Crustáceos	50 kg/ha
Caracoles y babosas	40 kg/ha
Roedores y culebras	20 kg/ha
Restos de macroorganismos muertos identificables	20 kg/ha
Bacterias	4.000 kg/ha
Hongos	3.000 kg/ha
Actinobacterias	3.000 kg/ha
Protozoos	1.500 kg/ha
Algas	100 kg/ha
Materiales orgánicos muertos y finamente divididos	100 kg/ha
Total	150.000 kg/ha
	178.330 kg/ha



HÁBITAT BIOLÓGICO Y RESERVA GENÉTICA

El suelo, al ser un medio poroso, es un hábitat para diversos organismos a la vez que conserva sus formas de resistencia o almacena semillas, contribuyendo a preservar la biodiversidad y a cerrar los ciclos biogeoquímicos.

El suelo es el hogar de millones de organismos de diferente tamaño

1 ha de solo (20 cm)



THERE ARE MORE ORGANISMS IN ONE TABLESPOON OF HEALTHY SOIL...



...THAN THERE ARE PEOPLE ON EARTH





EL SUELO es una alfombra mágica viva que recubre la superficie de nuestro Planeta. Un suelo sano garantiza la producción de alimentos saludables, la conservación de la biodiversidad, la calidad del agua y contribuye a mitigar el cambio climático. Sin suelo no es posible la vida en la Tierra, pero es un recurso frágil, su formación requiere de miles de años, por ello urge su protección.

FUNCIONES ECOSISTÉMICAS DEL SUELO



MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO
El suelo es un sumidero de CO₂, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático. En un suelo sano la materia orgánica permanece estable durante miles de años, mientras que un mal manejo lo convierte en un emisor de gases de efecto invernadero.



AGUA
El suelo juega un papel crucial en el ciclo y en la calidad del agua. El agua retenida en el suelo es la principal reserva hídrica para las plantas. Además, el suelo actúa como filtro reteniendo y/o degradando las sustancias tóxicas antes de que lleguen a los acuíferos.



ALIMENTACIÓN
El 95% nuestros alimentos proceden del suelo y su calidad depende de la salud del mismo. Es fundamental preservar la calidad del suelo para poder mantener una producción agrícola sostenible.



BIODIVERSIDAD
Los suelos albergan el 25 % de la biodiversidad terrestre. Miles de invertebrados y millones de microorganismos encuentran en él su hábitat. La mayor parte de ellos son desconocidos, pero su papel es esencial para mantener la calidad y el funcionamiento de los ecosistemas terrestres.



EL SUELO Y LA ECONOMÍA CIRCULAR
El suelo es la mayor planta de transformación y reutilización del Planeta, recicla agua, materia orgánica y degrada sustancias tóxicas.



El conocimiento de la respuesta de las comunidades microbianas frente al estrés (fuego), es decir, susceptibilidad-resiliencia es fundamental para entender su funcionamiento y, por tanto, en la toma de decisiones sobre la gestión ecosistemas forestales. Debe abordarse desde un punto de vista ecológico, caracterizando su masa, actividad y diversidad y su relación con el medio que le rodea (sistema suelo-planta). En determinados casos, se hace necesario recurrir, lo antes posible, a la adopción de determinadas prácticas de protección y rehabilitación de suelos, con el fin de acelerar la restauración del sistema suelo-planta y restablecer el equilibrio entre los diferentes componentes de la microbiota para asegurar el funcionamiento del suelo



Microbiota edáfica → bioindicador de los cambios inducidos por el fuego en la calidad del suelo (global, precoz, sensible)

Indicador global; balance entre influencia + y – de determinadas propiedades físico y químicas

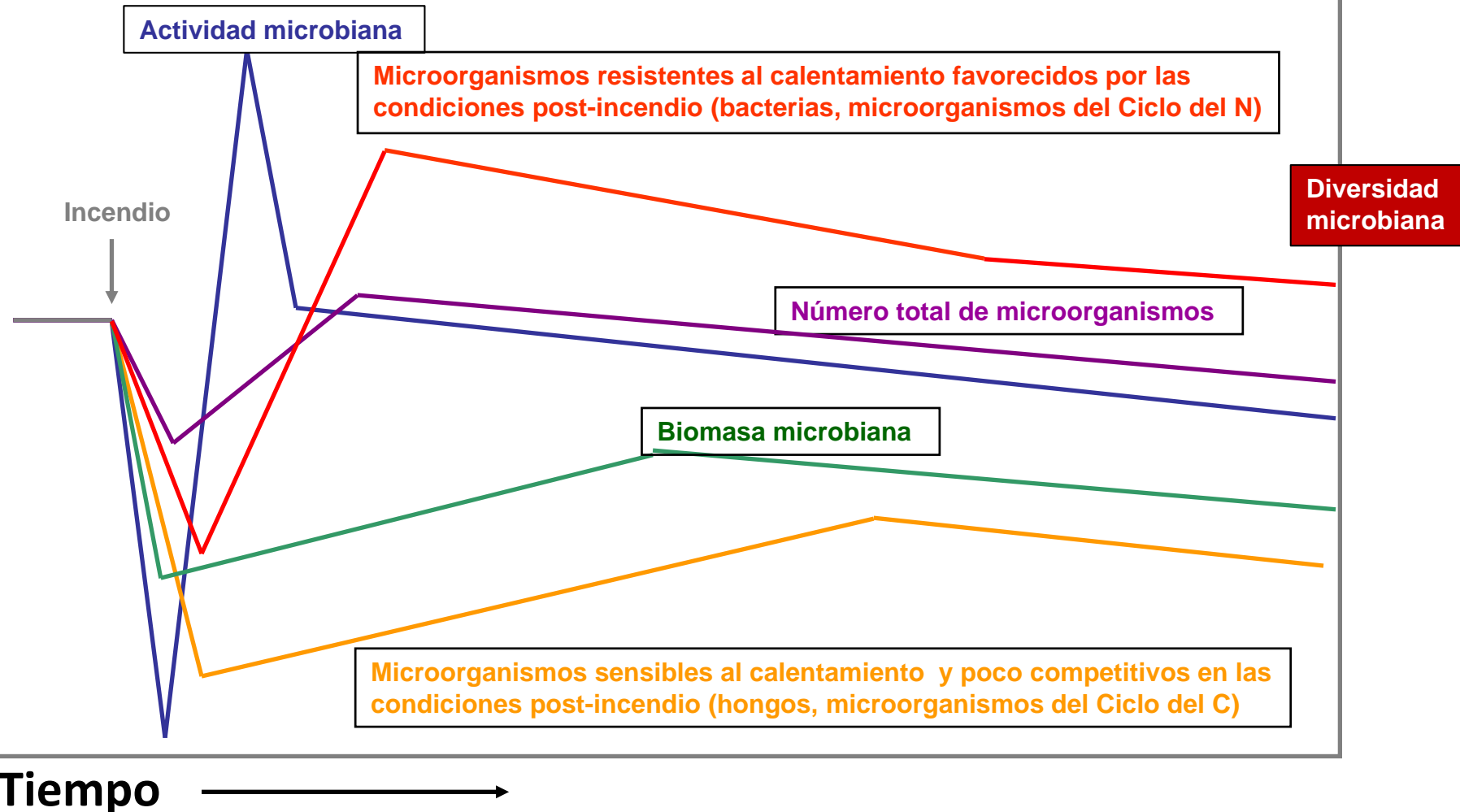
Los cambios en las propiedades microbiológicas se detectan antes que los cambios en las propiedades físicas y químicas (precoz).

Bioindicador muy sensible

Impacto del incendio

Efectos directos (muerte de microorganismos)

Efectos indirectos a corto y medio plazo (cambios post-incendio en el sistema suelo-planta)



Microbiota edáfica bioindicador del impacto del fuego sobre la calidad del suelo
Microbiota edáfica bioindicador de la eficacia de las técnicas de restauración

EFECTO DE DIVERSOS PROCESOS DE DEGRADACIÓN Y PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN (Arshad y Coen, 1992; Urbano-Terrón, 1995)

Proceso o práctica	Propiedades afectadas
Erosión	Profundidad (-), capacidad de retención de agua (-), materia orgánica (-), capacidad de intercambio iónico (-), densidad (+), pH (-) o (+), estructura (-), textura (+) o (-)
Compactación	Densidad (+), infiltración (-), conductividad hidráulica (-), aireación (-)
Acidificación	pH (-), disponibilidad de nutrientes (+) o (-)
Salinización	Conductividad eléctrica (+)
Sodización	pH (+), conductividad hidráulica (-), densidad (+), estructura (-)
Inundación	Aireación (-), disponibilidad de nutrientes (+) o (-)
Degrad. química	Nutrientes (-), sustancias tóxicas (+)
Degrad. biológica	Materia orgánica (-), organismos (-)
Fertiliz. química	Nutrientes (+), pH (+)
Fertiliz. orgánica	Materia orgánica (+), capacidad intercambio iónico (+), estructura (+), pH (+) o (-), infiltración (+), disponibilidad de nutrientes (+) o (-), metales pesados (+), patógenos (+), sustancias tóxicas (+)
Encalado	pH (+), disponibilidad de nutrientes (+) o (-)
Drenaje	Aireación (+), disponibilidad nutrientes (+) o (-)
Cultivo	Materia orgánica (-), estructura (-), nutrientes (-), densidad (+), infiltración (-)



Microbiota edáfica

(+), influencia positiva; (-), influencia negativa

Microbiota edáfica → **bioindicador de la calidad del suelo** (*global, precoz, sensible*)

Impacto de los incendios forestales sobre las propiedades físico y químicas (varía con el tiempo)

pH (+), disponibilidad de nutrientes (+) o (-), estructura (-), materia orgánica (-), densidad (+).sustancias tóxicas (+)

Efecto sobre la calidad suelo, balance entre propiedades influencia (+) e influencia (-) → Microbiota

REFLEXIONES TRAS 40 AÑOS DE ESTUDIO (IIAG-CSIC, CIFAL-XUNTA DE GALICIA)



Laboratorio
Invernadero
Campo



Suelo
Vegetación
Sedimentos

La colaboración multidisciplinar entre el Grupo del IIAG-CSIC y el Grupo del CIFAL permitió abordar experimentos de laboratorio, invernadero y campo a gran escala (parcelas de erosión 5 m x 20 m, 10 m x 40 m, corto-, medio- y largo plazo)

Suelo: textura, capacidad retención agua, estabilidad agregados, repelencia al agua, conductividad eléctrica, óxidos de Fe y Al, pH, Ct, Nt, nutrientes disponibles (macro- y micronutrientes), C soluble, carbohidratos totales y solubles, C biomasa total y de grupos específicos de microorganismos, respiración, actividades enzimáticas ciclos C,N y P (glucosidasa, ureasa y fosfatasa), diversidad funcional y taxonómica (BILOG, PLFA pattern), actividad bacteriana y fúngica

Vegetación: crecimiento, biomasa y contenido de nutrientes en tallos y raíces, cobertura vegetal, composición y diversidad de especies

Sistema suelo-planta: reciclado de nutrientes provenientes de las cenizas suelo-vegetación herbácea-árbol (^{15}N)

Sedimentos: cantidad de sedimentos producidos, caracterización (textura, pH, Ct, Nt, macro- y micronutrientes)

REFLEXIONES TRAS 40 AÑOS DE ESTUDIO (IIAG-CSIC; CIFL) PREMISAS

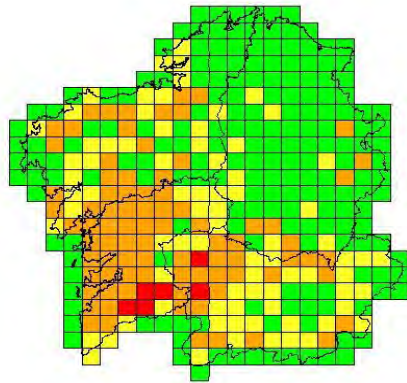
- El ecosistema forestal está formado por el suelo y la vegetación
- El suelo es un sistema vivo, dinámico y en continua evolución. Sin suelo no hay vida
- El impacto de los incendios forestales provoca la destrucción del ecosistema forestal (suelo y vegetación), ocasionando numerosos daños económicos y ecológicos que perduran en el tiempo
- Lucha integral contra los incendios: prevención, extinción, impactos y restauración
- La capa de cenizas y nutrientes deben ser protegidos: son la base de la fertilidad para la regeneración de la vegetación (reciclado de nutrientes antes de su pérdida por lixiviación y escorrentía)
- Necesidad de recurrir a prácticas de protección/recuperación del suelo antes de que lleguen las primeras lluvias
- La restauración ecosistemas forestales quemados (suelo y vegetación) conlleva la realización de experimentos de campo de larga duración que sigan la sucesión ecológica
Microorganismos –Suelo-Vegetación herbácea- Vegetación arbórea
- Elaborar protocolos de actuación y transferir los resultados a la administración



PREVENCIÓN

Sistema Experto para Galicia: Predicción de Incendios Forestales y Gestión de Recursos para la Recuperación de Suelos Quemados

El modelo permite el cálculo diario del índice de peligro de incendio meteorológico en cada cuadrícula (10 x 10 km) con 3 días de antelación



Valores posibles



Nivel de Peligro (meteorológico)

1

Bajo



2

Medio



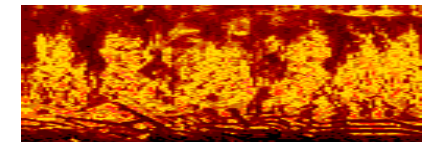
3

Alto



4

Extremo



EXTINCIÓN: EFECTOS DE LOS AGENTES RETARDANTES DE LLAMA

Lucha integrada contra los incendios forestales → adición de determinadas sustancias al agua, denominadas genéricamente retardantes, con el fin de mejorar la eficacia de ésta como agente extintor del fuego



Polifosfato amónico (mayor influencia)*

Espumante

Firesorb (superabsorbente)

- Evaluar la eficacia de los agentes extintores y retardantes de llama en quemas controladas y en incendios no controlados
- Evaluar a corto-, medio y largo plazo (1 mes a 10 años) las posibles repercusiones de los agentes extintores y retardantes de llama sobre la regeneración post-incendio
 - suelo
 - masa forestal
 - calidad de las aguas

PROCESO DE RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS FORESTALES AFECTADOS POR INCENDIOS

Recuperación del suelo + regeneración de la vegetación

Evaluación de los daños producidos por el fuego en el ecosistema

Aplicación inmediata de medidas para evitar que la degradación del ecosistema continúe (corto plazo)

Aplicación de las medidas específicas necesarias para restaurar el ecosistema inicial o realizar una restauración paisajística (medio y largo plazo)

El suelo es un sistema vivo: el estudio de la calidad del suelo conlleva necesariamente el estudio de las propiedades biológicas (masa, actividad y diversidad), cuya información es complementaria a la obtenida en base a las propiedades físicas y químicas.



Suelo no quemado



Suelo quemado

IMPACTOS DEL FUEGO Y POSTERIOR RESTAURACIÓN DEL ECOSISTEMA

- Suelo
- Vegetación

Evolución temporal

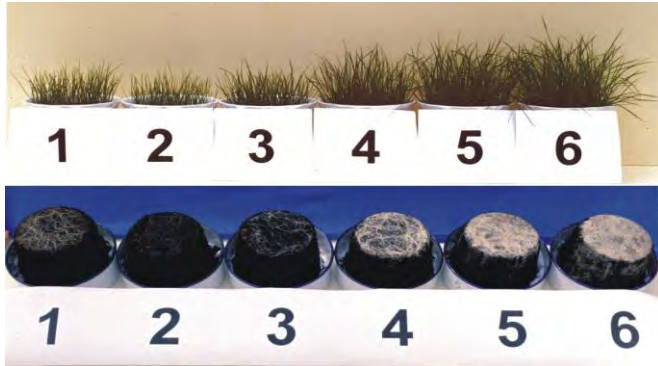
¿Por qué hay tantos incendios? ¿Se pueden evitar?

¿Qué daños causan? (directos, indirectos ej. erosión post-incendios)

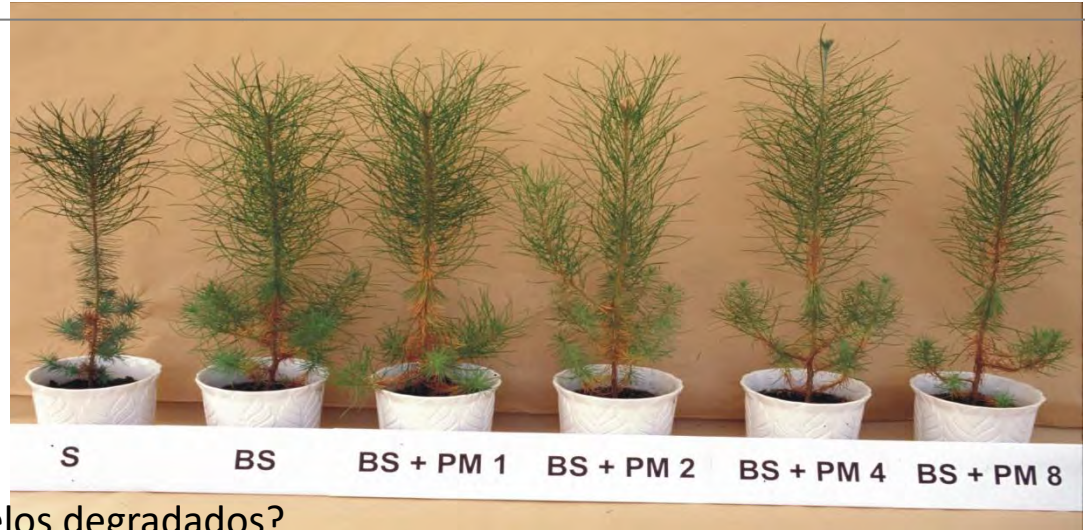
¿Cuánto tardan en regenerarse los ecosistemas?

Intensidad y duración del incendio, susceptibilidad -resiliencia del suelo, factores ambientales (clima, vegetación, topografía)

TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN zona llana, suelos severidad alta



- Implantación de una cubierta vegetal (diversas mezclas de gramíneas y leguminosas)
- Fertilización inorgánica
- Adición de residuos orgánicos (gallinaza, purín, lodos)
- Biofertilizantes (cianobacterias, micorrizas)
- Implantación cubierta vegetal combinada con adición residuos orgánicos (gallinaza sólida)



RESIDUOS ORGÁNICOS

¿Son útiles en la recuperación de estos suelos degradados?

¿Cuáles son los residuos más adecuados?

¿Qué factores o propiedades determinan su eficacia?

¿Cuál es la dosis mínima efectiva y la óptima?

¿Cuál es el efecto fertilizante a medio plazo del residuo orgánico?

Reciclado de nutrientes (suelo, cenizas ----- vegetación herbácea ---- vegetación arbórea, isótopos estables)

Implantación de una cubierta vegetal (gramíneas y leguminosas) acompañada de residuos orgánicos

VEGETACIÓN HERBÁCEA

Mejor opción es una mezcla de leguminosas perennes y gramíneas (*Pisum sativum*, *Vicia sativa*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus*, *Lolium perenne*, etc.) (crecimiento, fitomasa, nutrientes inmovilizados, formación y estabilización de agregados)

RESIDUOS ORGÁNICOS

¿Son útiles en la recuperación de suelos? ¿Qué factores determinan su eficacia?

Acelera la implantación de una cubierta vegetal herbácea y aumenta la producción (crecimiento, fitomasa, nutrientes inmovilizados, nodulación)

Mejora las propiedades del suelo (formación y estabilización de agregados, biomasa y actividad microbiana, nutrientes), enmendante

Produce la detoxificación de sustancias tóxicas generadas durante la combustión

¿Cuáles son los más adecuados?

Gallinaza >> purín de vacuno > lodo

Dosis medio-altas (11-30 toneladas de residuo/ha)

¿Cuáles son las dosis mínima y óptima? Relación coste/beneficio

Dosis óptima: 2-4 toneladas de residuo/ha

Dosis mínima: 1 tonelada de residuo/ha

TÉCNICAS DE EMERGENCIA PARA EVITAR LA EROSIÓN POST-INCENDIO

(condiciones desfavorables, alta severidad, alta pendiente, lluvias intensas)



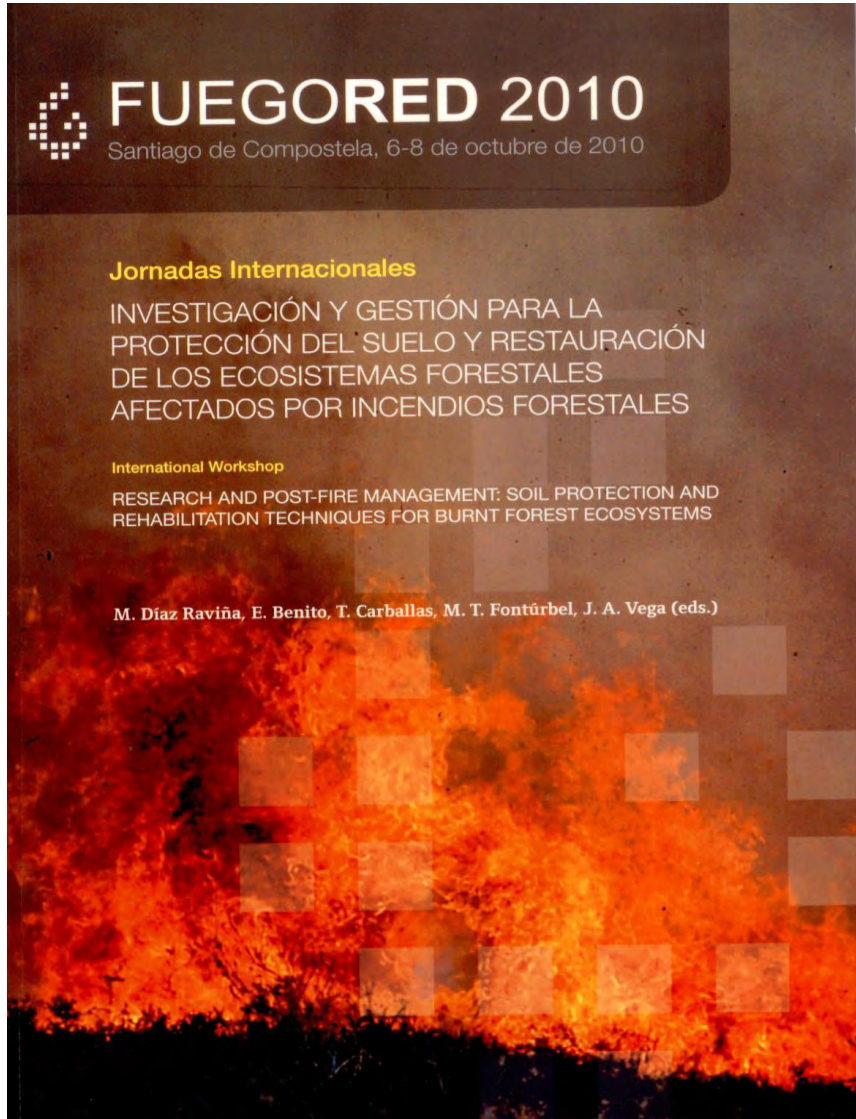
Determinar el impacto del incendio o del fuego experimental sobre el sistema suelo-planta y ver la velocidad de recuperación natural del ecosistema

-Examinar los efectos a corto-, -medio y largo plazo de dos técnicas de estabilización del suelo (la adición de paja y la siembra de herbáceas) sobre el sistema suelo quemado-planta

-Evaluar la eficacia de estas técnicas de estabilización de suelo para reducir la erosión post-incendio

La técnica del acolchado de paja ha demostrado ser la más adecuada para controlar la erosión post-incendio en la zona templado húmeda (70-90% reducción erosión, no causa efectos adversos sobre la evolución post-incendio del sistema suelo-planta y tiene un enorme potencial de secuestro de C en el suelo)

JORNADAS SOBRE LA INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN PARA LA PROTECCIÓN DEL SUELO Y RESTAURACIÓN ECOSISTEMAS FORESTALES QUEMADOS



CONCLUSIONES FUEGORED 2010

- La comunidad científica, gestores, usuarios y propietarios deben actuar conjuntamente para promover intercambios de conocimientos y experiencias
- Es fundamental elaborar un protocolo de actuación que permita identificar las zonas críticas y sensibles para tomar las medidas oportunas para la protección del suelo y restauración de ecosistemas afectados por incendios forestales que minimicen el daño causado por el fuego
- Las medidas de actuación de emergencia de protección de suelo contra la erosión post-incendio iniciadas en algunas comunidades autónomas (Galicia, Andalucía) son ya el resultado de la colaboración entre científicos y gestores. En su conjunto han sido actuaciones valoradas positivamente por lo que se recomienda seguir en esta línea de trabajo

DÍAZ-RAVIÑA M., BENITO E., CARBALLAS T., FONTÚRBEL M.T., VEGA J.A. (editores) (2010). Investigación y gestión para la protección del suelo y restauración de los ecosistemas forestales afectados por incendios forestales. Research and post-fire management: soil protection and rehabilitation techniques for burnt soil ecosystems (Edición bilingüe; incluye CD). Andavira Editora, Santiago de Compostela. 346 pp. ISBN: 978-84-8408-583-6.

www.iiag.csic.es/fuegored/libro.pdf
www.andavira.com/ebooks/fuegored/

PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN: INVESTIGADORES Y GESTORES

ACCIONES URGENTES CONTRA LA EROSIÓN EN ÁREAS FORESTALES QUEMADAS

GUÍA PARA SU PLANIFICACIÓN EN GALICIA



José A. Vega, Teresa Fontúrbel, Cristina Fernández, Antonio Arellano,
Montserrat Díaz-Raviña, M^a Tarsy Carballas, Angela Martín,
Serafín González-Prieto, Agustín Merino, Elena Benito



VEGA SJ, FONTÚRBEL MT, FERNÁNDEZ C, ARELLANO A, DÍAZ-RAVIÑA M, CARBALLAS T, MARTÍN A, GONZÁLEZ-PRieto SJ, MERINO A, BENITO E. (Editores) (2013). Acciones urgentes contra la erosión en áreas forestales quemadas: guía para su planificación en Galicia. Xunta de Galicia, pp 139, ISBN: 978-84-8408-716-8.

www.andavira.com/ebooks/acciones-urgentes/

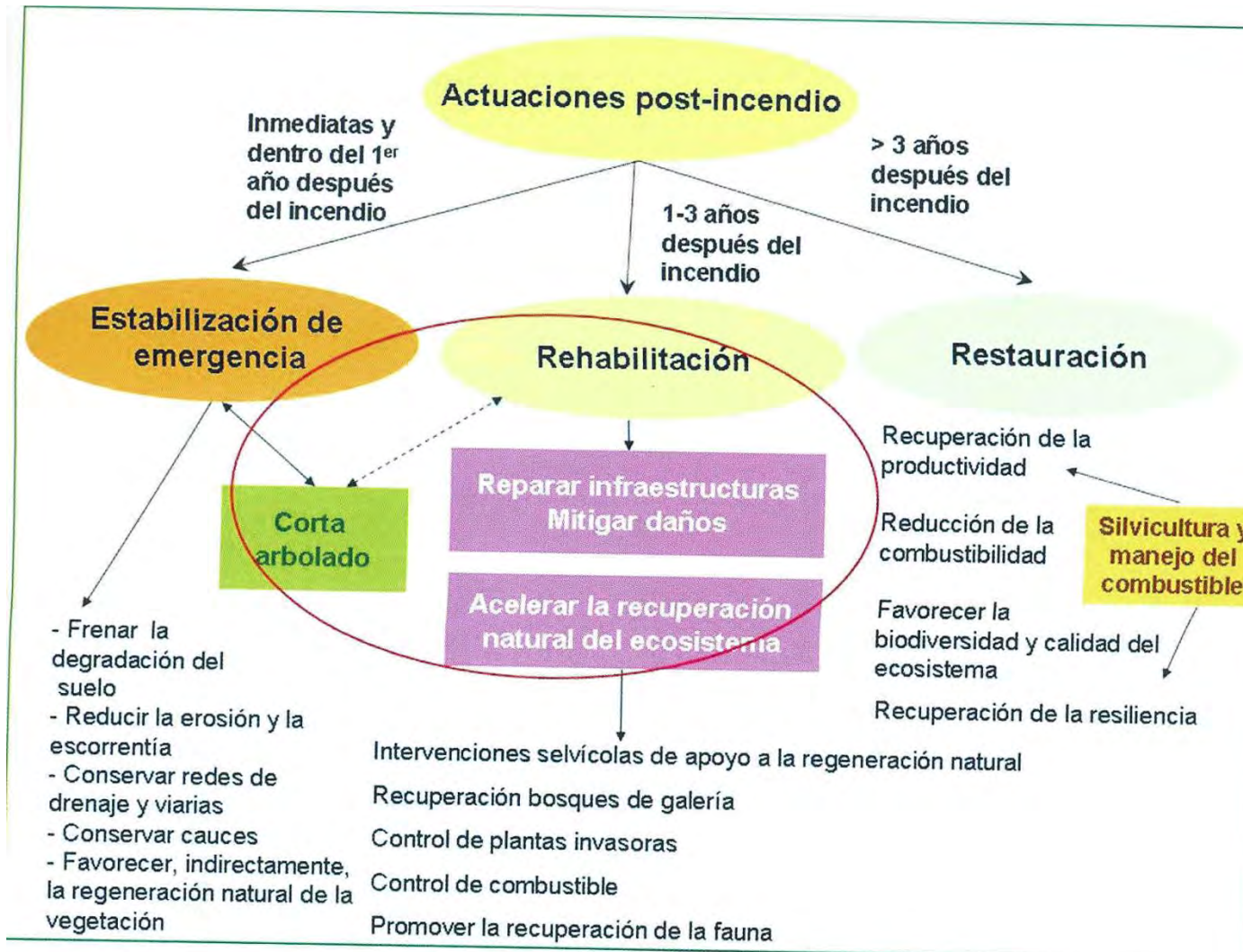
http://fuegored.weebly.com/uploads/2/2/2/8/22283836/guia_planificacion_galicia.pdf

Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán (Consellería de Medio Rural, Xunta de Galicia); Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IIAG-CSIC); Universidad de Santiago de Compostela, Universidad de Vigo; FUEGORED

PROTOCOLO ESPECÍFICO PARA LA ZONA TEMPLADO HÚMEDA (GALICIA Y NORTE DE PORTUGAL)

¿Qué debe hacerse tras el incendio?

(Vega et al., 2013, *Acciones Urgentes contra la erosión en áreas forestales quemadas: guía para su planificación en Galicia, Andavira*)



Protocolos de actuación a corto, medio y largo plazo

Específicos para cada zona bioclimática (ej. NO Península Ibérica)

PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN: PÚBLICO EN GENERAL

GUÍA DE ACTUACIONES EN UNA ZONA QUEMADA

Serafin González-Prieto, Ángela Martín, Tarsy Carballas y Montserrat Díaz-Raviña

Folleto divulgativo



Informar al público en general sobre las pautas a seguir inmediatamente después del fuego en Galicia, haciendo hincapié en lo que se puede hacer y, sobre todo, en lo que no se debe hacer. Se destaca que, en muchos casos, ante el desconocimiento del procedimiento a tener en cuenta y su impacto negativo sobre el suelo, lo mejor es “no hacer nada” y dejar que las actuaciones post-incendio las lleven a cabo los gestores de montes. También se mencionan brevemente las acciones que llevan a cabo estos gestores.



GONZÁLEZ-PRIETO SJ, MARTÍN A, CARBALLAS T, DÍAZ-RAVIÑA M. 2018. Guía de actuaciones en una zona quemada: folleto divulgativo, 16 pp. ISBN: 978-84-88967-50-3

<http://fuegored.weebly.com/publicaciones--publications.html>

[https://www.secs.com.es/wp-](https://www.secs.com.es/wp-content/uploads/2018/09/Guia_actuaciones_zona_quemada_A4.pdf)

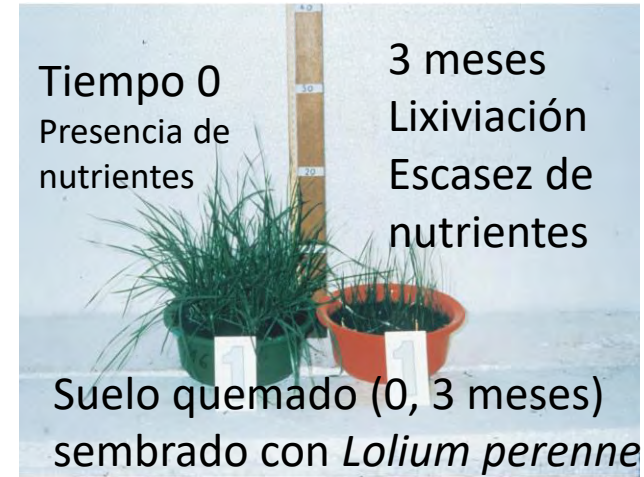
[content/uploads/2018/09/Guia_actuaciones_zona_quemada_A4.pdf](https://www.secs.com.es/wp-content/uploads/2018/09/Guia_actuaciones_zona_quemada_A4.pdf)

https://www.secs.com.es/wp-content/uploads/2018/09/Guia_actuaciones_zona_quemada_A4.pdf

SUELOS DE GALICIA (NO PENÍNSULA IBÉRICA)

(elevado contenido materia orgánica , pH ácido, baja disponibilidad nutrientes)

MO es la base de la fertilidad del suelo, almacenamiento de agua y actividad microbiana



Degradación física, química y biológica del suelo (zona llana lixiviación , pendiente escorrentía)

Grandes pérdidas de C y nutrientes por lixiviación y escorrentía

Sedimentos corresponden 2,5 cm del suelo quemado (22% C, 800 mg agua kg⁻¹ suelo)

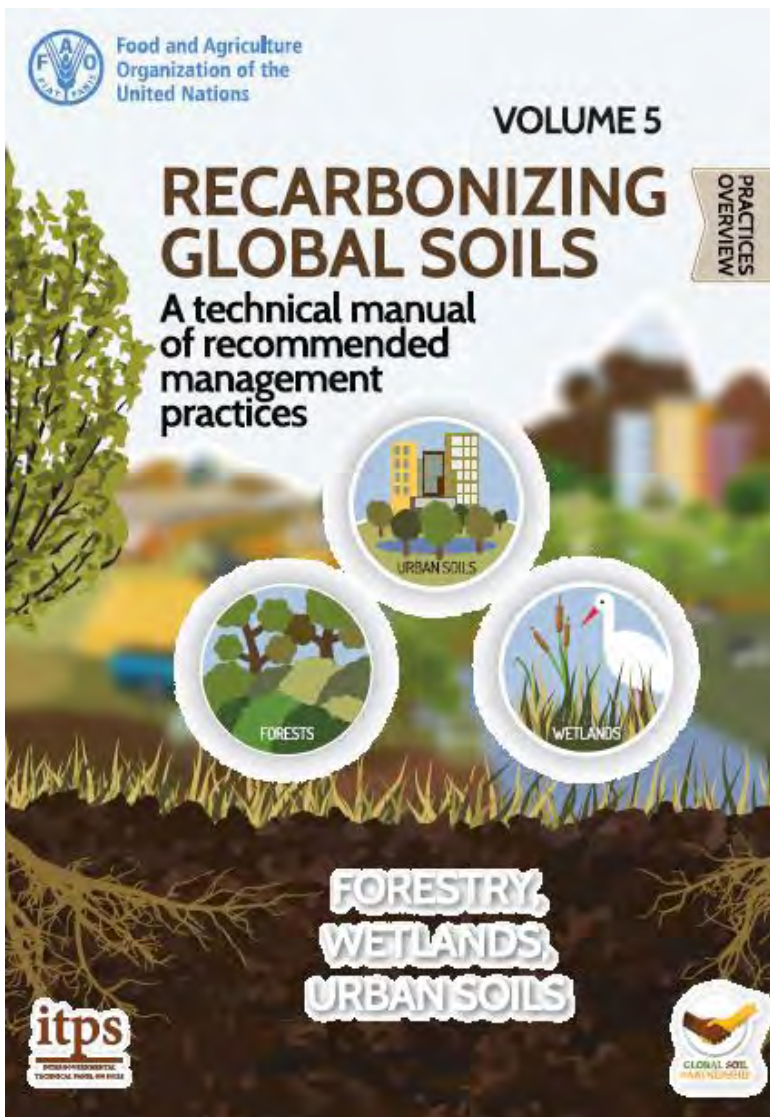
Grandes pérdidas de MO, contenido nutrientes, capacidad almacenamiento agua, C biomasa, actividad microbiana, fracciones lábiles MO

No hay cambios pronunciados en estabilidad agregados, repelencia al agua, pH, textura

Erosión en los primeros 3 meses después incendio, mecanismo de flujo por saturación

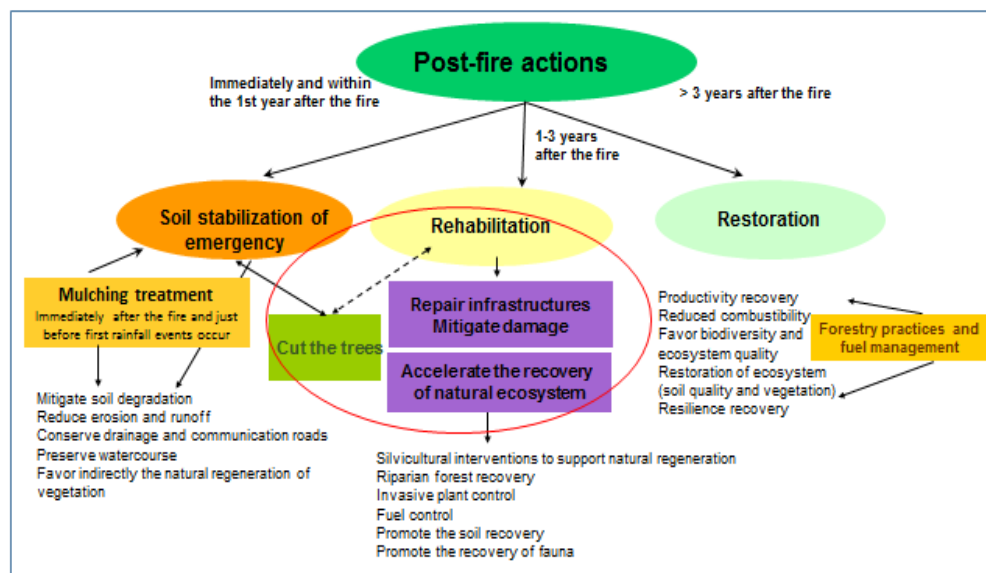
PROCESOS EN ZONA TEMPLADO HÚMEDA SON DIFERENTES A LA ZONA ÁRIDA Y SEMIÁRIDA

RECARBONIZACIÓN DE SUELOS: MANUAL DE PRÁCTICAS DE FORESTALES DE LA FAO



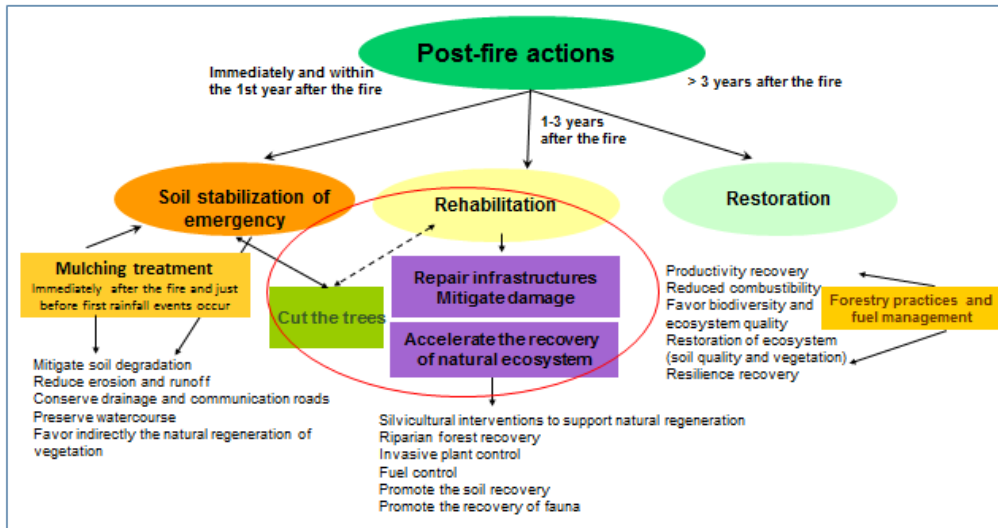
DÍAZ RAVIÑA M; FONTÚRBEL-LLITERAS MT, MARTÍN A, FERNÁNDEZ C. Rehabilitation of forest soils affected by wildfires. Recarbonizing global soils. A technical manual of management practices. Volumen 5. Forestry. Wetland. Urban soils. Practices overview. FAO and ITSP. , pp 91-109. Rome.

<https://doi.org/10.4060/cb6606en>. ISBN: 978-92-5-134900-7



SUELOS QUEMADOS DE LA ZONADA TEMPLADO HÚMEDA:
GRAN POTENCIAL DE SECUESTRO DE CARBONO

PERSPECTIVAS DE FUTURO



ESTUDIAR EL POTENCIAL DE SECUESTRO DE CARBONO A LARGO PLAZO DE LOS SUELOS QUEMADOS CON DISTINTAS TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN EN LA ZONA TEMPLADO HÚMEDA

Recientemente, estudios de laboratorio han mostrado que la respuesta de las comunidades microbianas del suelo al fuego difiere dependiendo del historial previo de incendios. Esto pone de manifiesto la importancia de la recurrencia de los incendios forestales dado que el efecto del fuego es acumulativo. Microorganismos tienen memoria histórica (calidad del suelo, salud del suelo, historial médico)

Replanteamiento de investigaciones: quemas prescritas, régimen de incendios no controlados, marco de cambio climático (incendios de quinta y sexta generación)

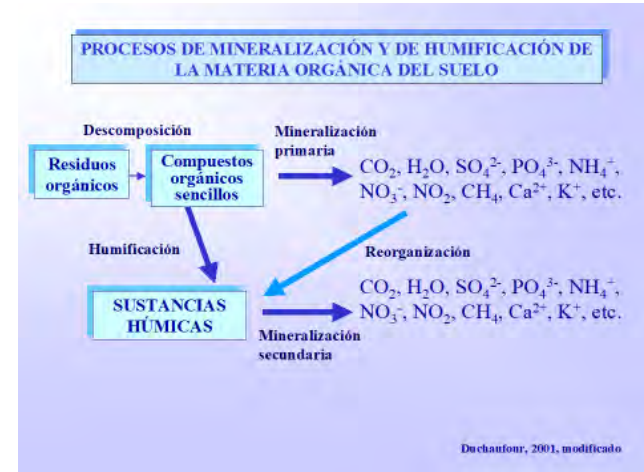
ESTUDIAR EL RÉGIMEN DE INCENDIOS (historia, número de incendios, severidad, superficie afectada, estacionalidad, recurrencia, etc.) EN ECOSISTEMAS FORESTALES PROTEGIDOS

PERSPECTIVAS DE FUTURO



MATERIA ORGÁNICA ES UN COMPONENTE FUNDAMENTAL QUE DETERMINA LA CALIDAD DEL SUELO

Cada suelo tiene una capacidad máxima de secuestro de C que depende de las condiciones ambientales



PREVENCIÓN, EXTINCIÓN, RESTAURACIÓN

PREVENCIÓN: GESTIÓN FORESTAL DE SUELOS VIVOS

MANTENER LA CALIDAD DE LOS SUELOS FORESTALES

Susceptibilidad-resiliencia de las comunidades microbianas

Suelos sanos, buena calidad son menos susceptibles de sufrir estrés bióticos y abióticos y tienen una mayor capacidad de resiliencia frente al estrés (mayor diversidad microbiana)



OPTIMIZAR EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA SUELO-MICROORGANISMO-PLANTA

RESTAURACIÓN: PRIORIZAR LAS ZONAS DE RESTAURACIÓN (suelo-microorganismo-planta)



GRACIAS A TODOS POR LA ATENCIÓN



MONTSERRAT DÍAZ-RAVIÑA

Investigador Científico del CSIC en el Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia y Presidenta de la Sección de Biología de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo