



Módulo 3. Aspectos Ecológicos

2.El fuego y los componentes del ecosistema

Efectos del fuego en el suelo

**CURSO
2008**

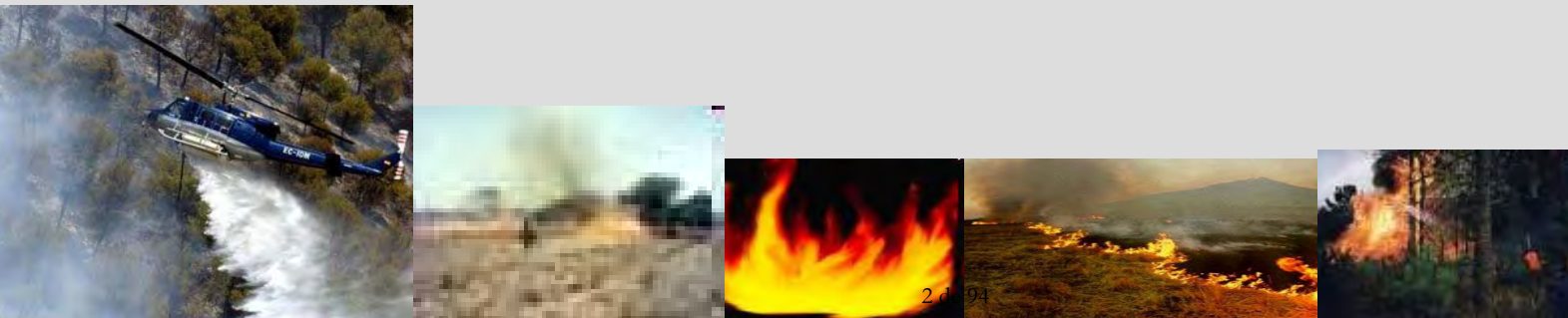
Ing. Agr. M. Sc. Ada Albanesi (UNSE, Argentina)

Ing. Agr. M. Sc. Analía Anriquez (UNSE, Argentina)



Objetivos

- comprender que los efectos del fuego en el suelo son multivariados
- Conocer las consecuencias del fuego en el suelo a diferentes escalas temporales y espaciales



Contenidos

El suelo como ecosistema. Niveles de percepción. Variabilidad espacial y temporal. Métodos de medición, evaluación y análisis de efectos del fuego en las diferentes escalas.

El fuego como disturbio. ¿destrutivo o generador de pulsos en la circulación de materia y en el flujo de energía de los ecosistemas? Intensidad, severidad y frecuencia. Efectos en los diferentes niveles de percepción espacial.

El fuego en el suelo. Efectos inmediatos, estacionales y de largo plazo. Efectos directos e indirectos.

Efectos en las propiedades físicas. Color. Agua del suelo, temperatura del suelo, densidad del suelo, porosidad, constantes hídricas, etc..

Efectos en las propiedades físico-químicas: pH, conductividad eléctrica, etc.

Efectos en las propiedades químicas: macro y micronutrientes.

Efectos en las propiedades bioquímicas del suelo. Materia orgánica del suelo.

Efectos en las propiedades biológicas del suelo. Biota del suelo. Estrategias de la biota en el fuego.

Efectos en la necromasa (superficial) y la consecuencia en el suelo. Factores. Tipo y tamaño de necromasa, etc.

El suelo como ecosistema

Niveles de percepción. Variabilidad espacial y temporal. Métodos de medición, evaluación y análisis de efectos del fuego en las diferentes escalas. Métodos de medición, evaluación y análisis de efectos del fuego en las diferentes escalas. Intensidad, severidad y frecuencia. Efectos en los diferentes niveles de percepción espacial.

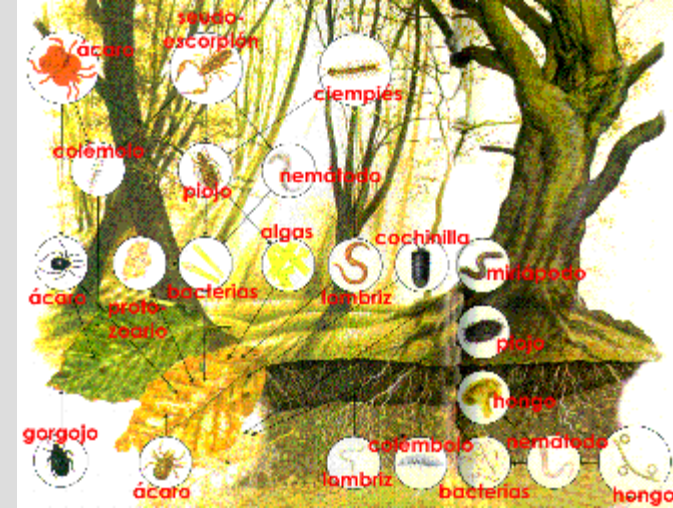
El fuego en el suelo Efectos inmediatos, estacionales y de largo plazo. Efectos directos e indirectos.

Importancia de evaluar las Propiedades del suelo

- ✓ reflejan la acción de los procesos formadores del suelo
- ✓ reflejan las condiciones del medio en el que se encuentra
- ✓ permiten conocer las limitaciones o las aptitudes que presenta el suelo ante determinadas actividades
- ✓ interpretar o predecir el comportamiento de las plantas
- ✓ interpretar o predecir la respuesta del suelo frente al cambio de uso y a la utilización de diferentes tecnologías.

¿El suelo es un ecosistema ?

¿o es soporte? ¿o es fuente ?



Ecosistema

conjunto de poblaciones en un tiempo y espacio determinado que interactúan entre sí, se interrelacionan y tienen mecanismos de regulación entre ellas y con el ambiente y cuyos efectos se observan en los nacimientos y muertes de los organismos y en la circulación de materia y flujo de energía, y cuyas consecuencias son la evolución para la/s población/es y la sucesión para la comunidad.

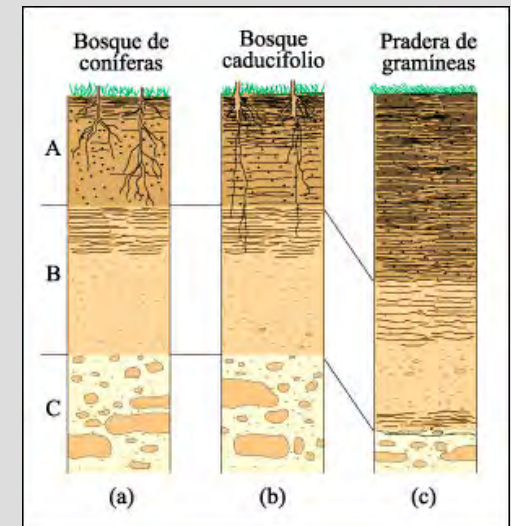
El suelo es un ecosistema

Desde una perspectiva ecológica

Se aborda el estudio del suelo y sus interacciones con los restantes componentes de los ecosistemas.

Esta representación se ha centrado en:

- los ciclos de nutrientes,
- las comunidades edáficas,
- los flujos de energía y materia,
- y las redes tróficas.



Enfatiza los aspectos biológicos y bioquímicos de los suelos

incorpora conceptos del ámbito de la ecología.

¿Qué es el suelo ?

Desde el punto de vista edafológico, es la capa más externa de la superficie terrestre, diferente a la roca madre, de la cual se originó, por la acción combinada de factores muy diversos como el clima, la roca madre, la vegetación y la microflora en el transcurso del tiempo pedológico.

Desde el punto de vista agrícola, el suelo es la región de la tierra que permite la vida de las plantas y animales, de la cual se obtiene el soporte mecánico y los nutrientes necesarios y, por lo tanto, es el contribuyente principal de la productividad primaria y secundaria.

¿Qué es el suelo ?

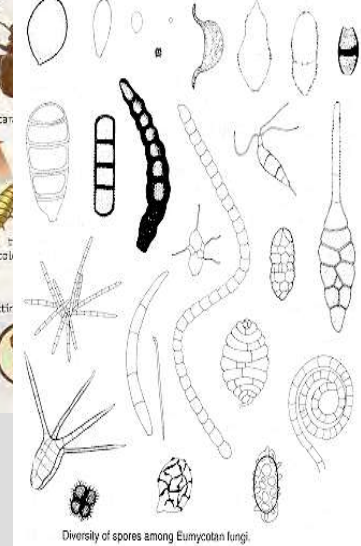
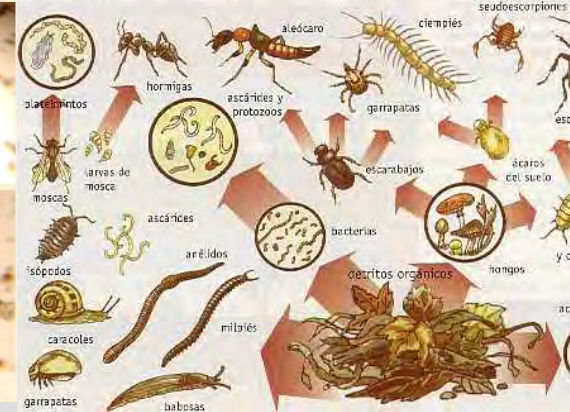
Son procesos exclusivos del suelo

- **Formación de minerales arcillosos secundarios**
- **Formación de humus**
- **Formación de complejos húmico arcillosos**

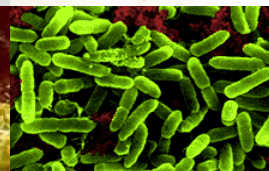
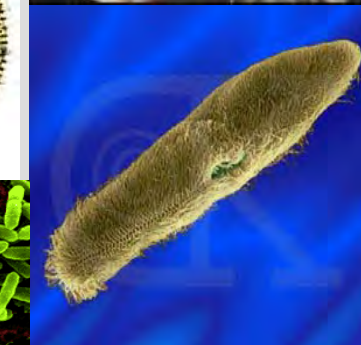
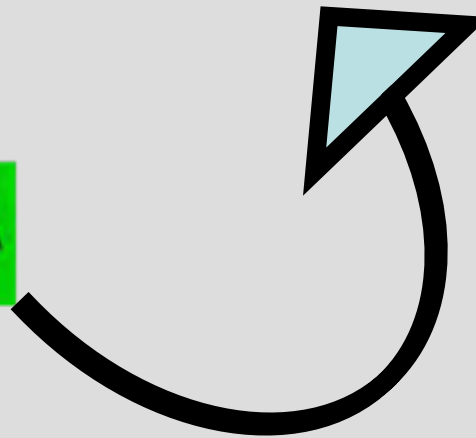
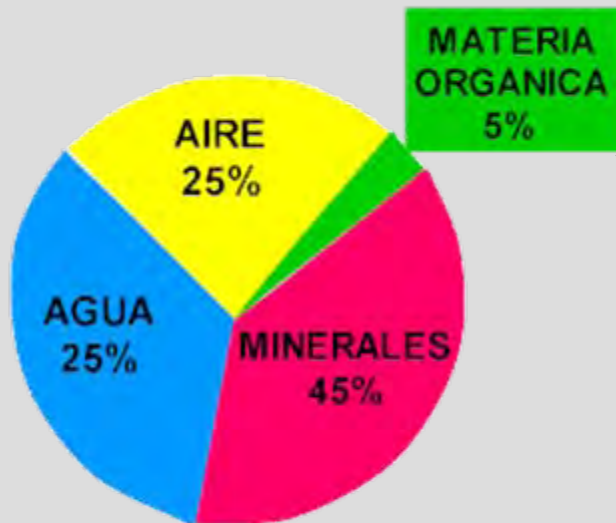
¿Qué es el suelo para los microorganismos ?

Es un ambiente heterogéneo, discontinuo y estructurado, dominado por la fase sólida (arcilla, humus y complejos órgano – minerales) que forman las unidades estructurales, cuyos tamaños varían de 0,2 μm a 2 mm de diámetro.

La discontinuidad y la variabilidad en el tamaño de estas unidades estructurales hacen del suelo un ambiente compuesto por innumerables pequeñas comunidades discretas, cada cual circunscripta en su ambiente, denominadas “microhábitats” (Siqueira y Franco, 1988).



biota del suelo (¿1, 5, 10 % ?)



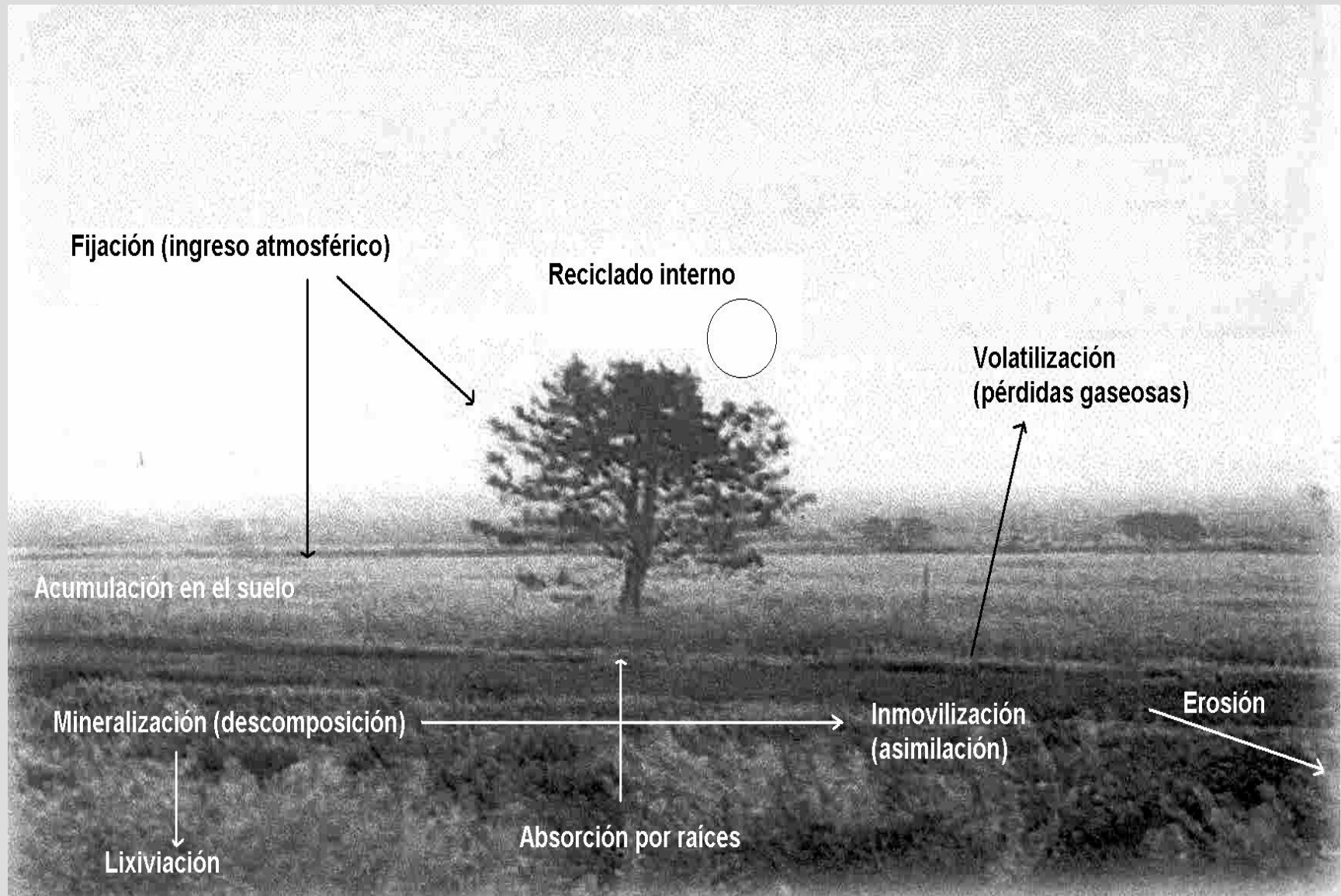
¿por qué la biota del suelo ?



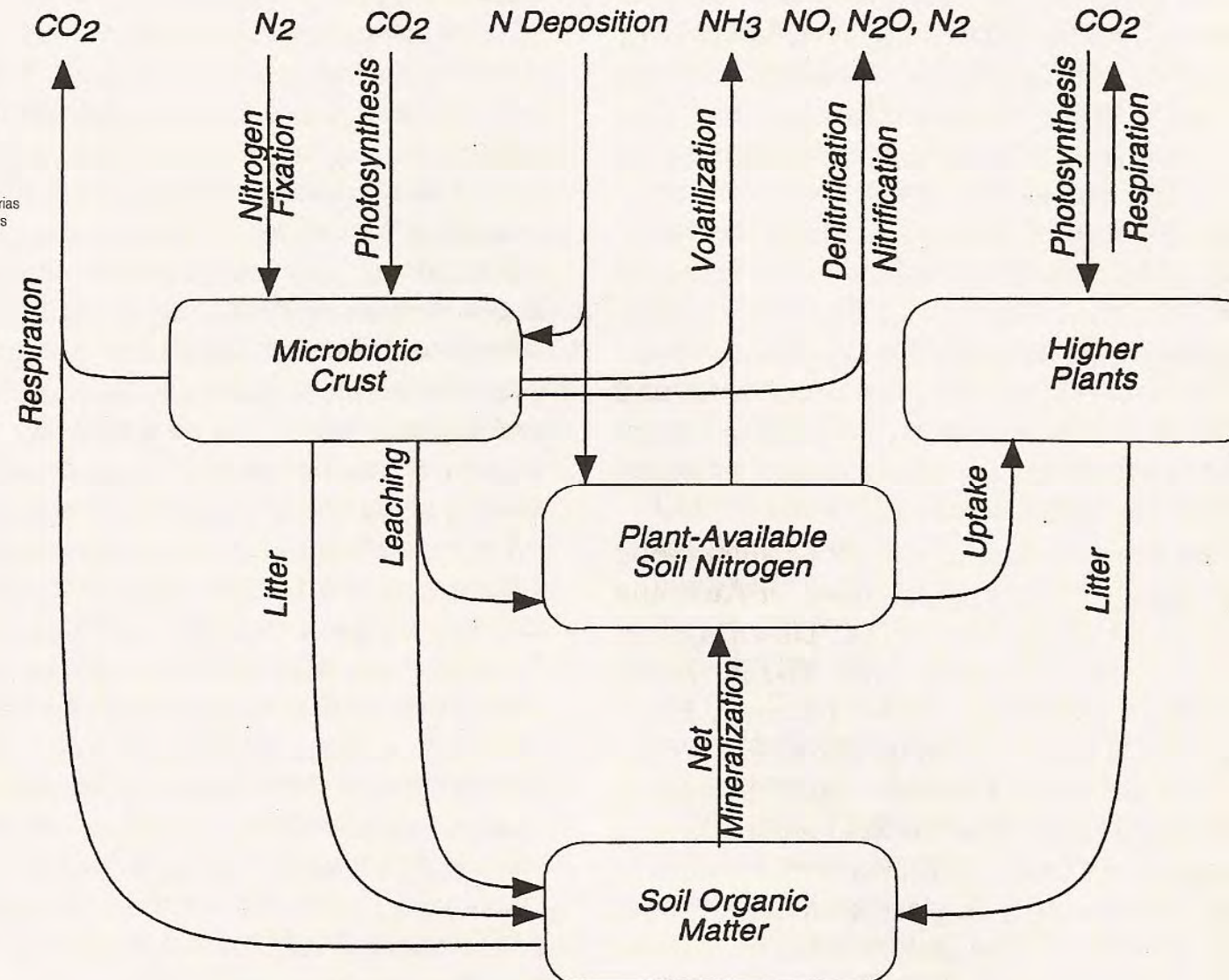
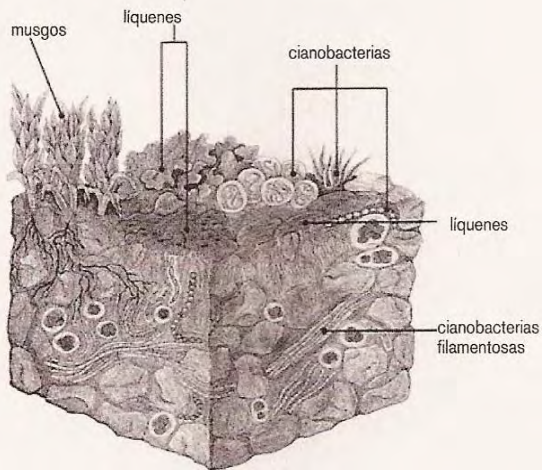
- 10^{29} células procariotas en los suelos
- N y P de la biomasa procariota = N y P de la biomasa vegetal
- Descomposición microbiana del C del suelo, tres veces el potencial de fijación de las plantas terrestres
- generan el flujo entre el suelo y la atmósfera (FBN, desnitrificación)
- la asociación planta – microorganismo es una norma, siempre hay un microorganismo (benéfico o no) = rizobios, PGPR, micorrizas, patógenos
- Fuente y destino (organismo vivo) y LLAVE de todos los procesos
- clave en la sustentabilidad de los AGE



La biota del suelo en los procesos del ecosistema



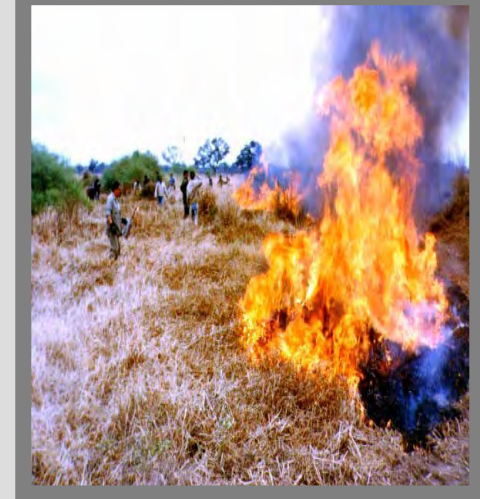
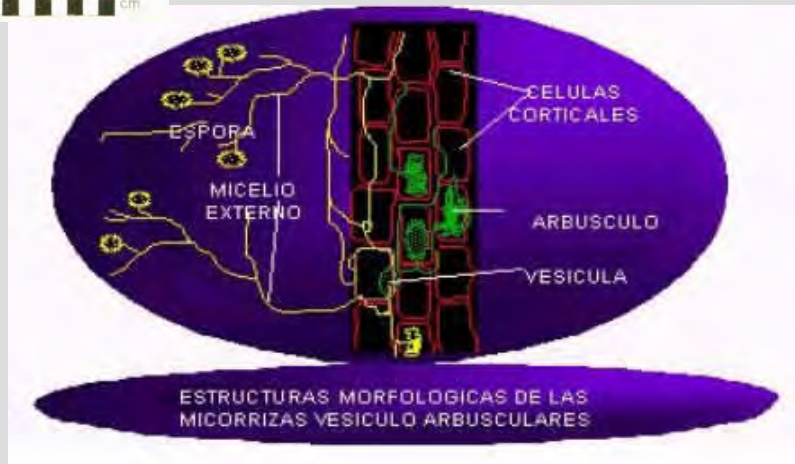
La biota del suelo en los ecosistemas



Evans, Johansen 1999

Flujos de C y N entre costras microbióticas, plantas y suelos

La biota del suelo en los ecosistemas



Red extramatricial de micorrizas

Fauna del suelo



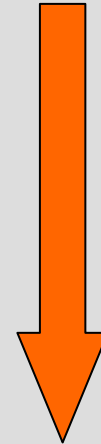
Principales funciones



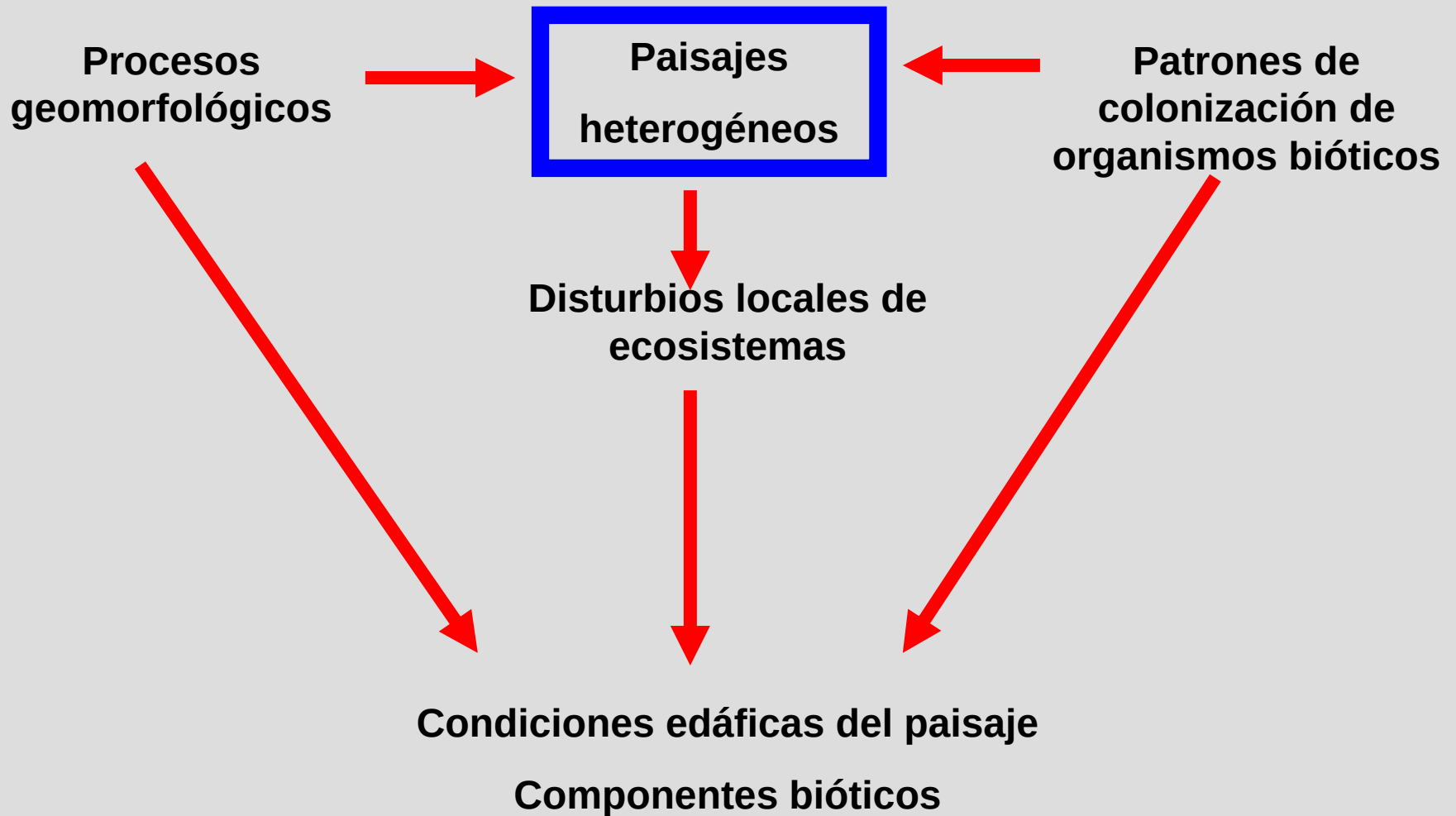
descomposición
de la materia
orgánica



reciclado de
los
nutrientes



formación
del suelo

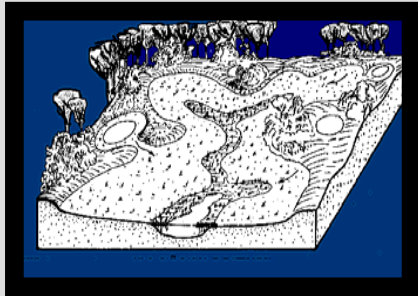


Fuego = ¿Disturbio?

Un Disturbio es, en sí mismo, un fenómeno jerárquico y sus efectos también dependen de la escala de análisis y el nivel de organización considerado

Niveles de percepción espacial

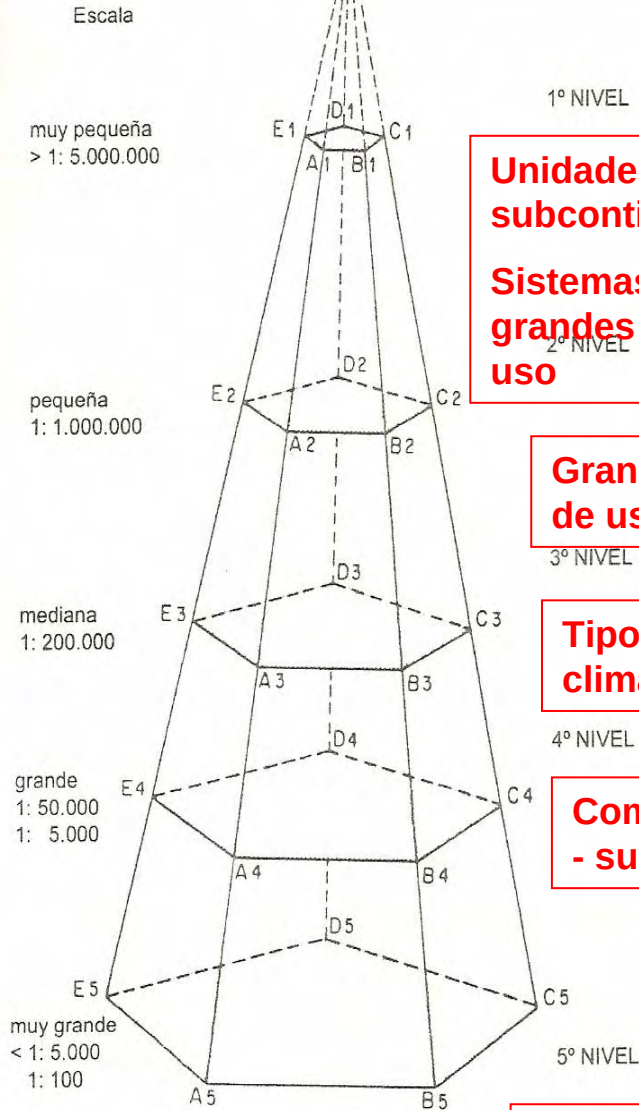
Bajo



Nivel de Resolución

Alto

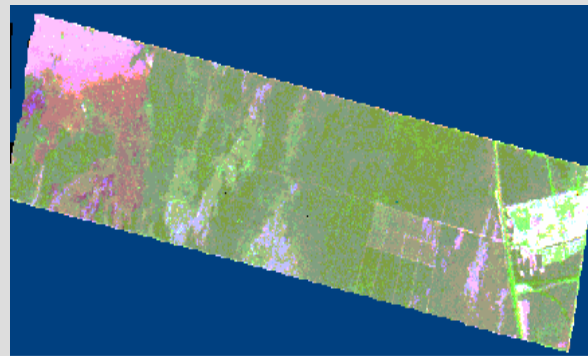
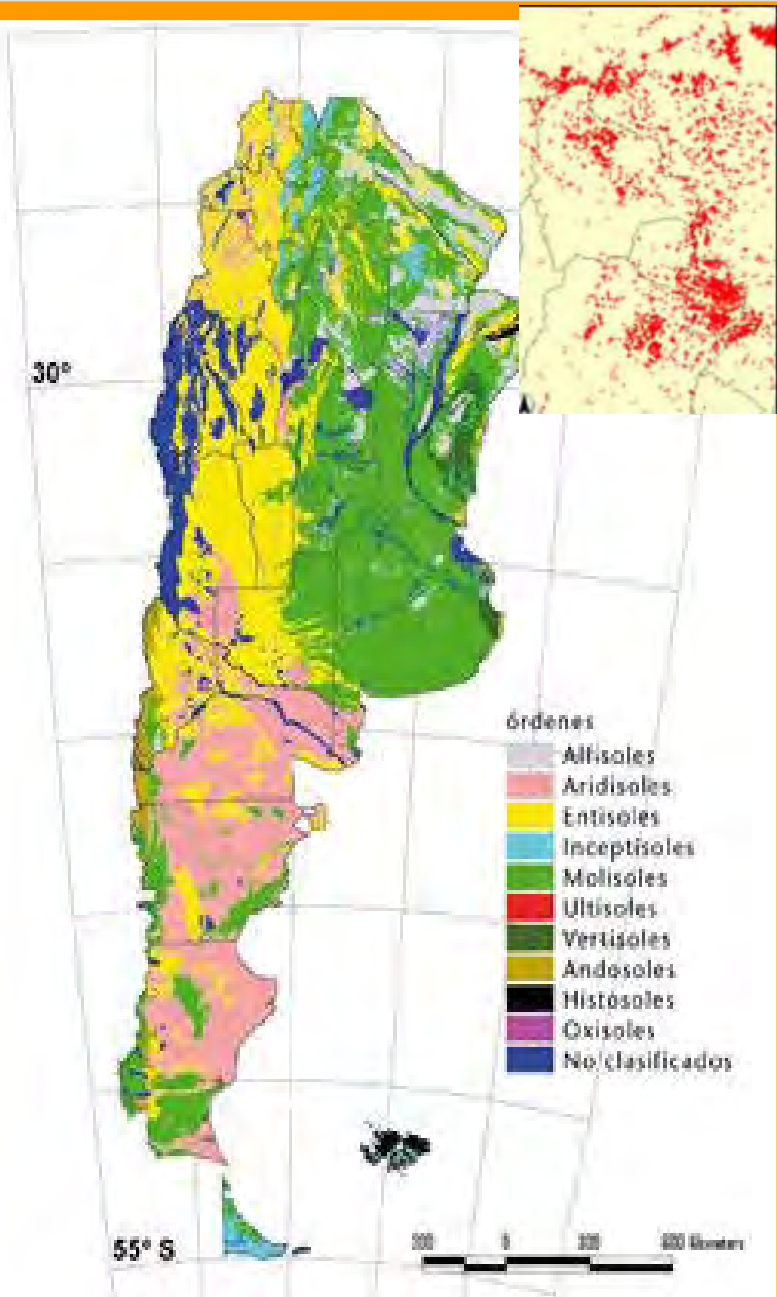
PIRÁMIDE DE PERCEPCIÓN DE LOS NIVELES BIOGEOGRÁFICOS



¿ LÍMITES del ecosistema SUELO ?

La escala temporal adecuada para el estudio de los procesos implicados es muy amplia (días, meses, años, etc)

La escala espacial depende del objetivo de estudio



Las taxas no explican toda la variabilidad

Jerarquía de procesos

Jerarquía de propiedades

Funciones Ecosistema

Estructura de la comunidad

Redes tróficas

**Grupos funcionales
Gremios**

Interacciones

especies

evolución

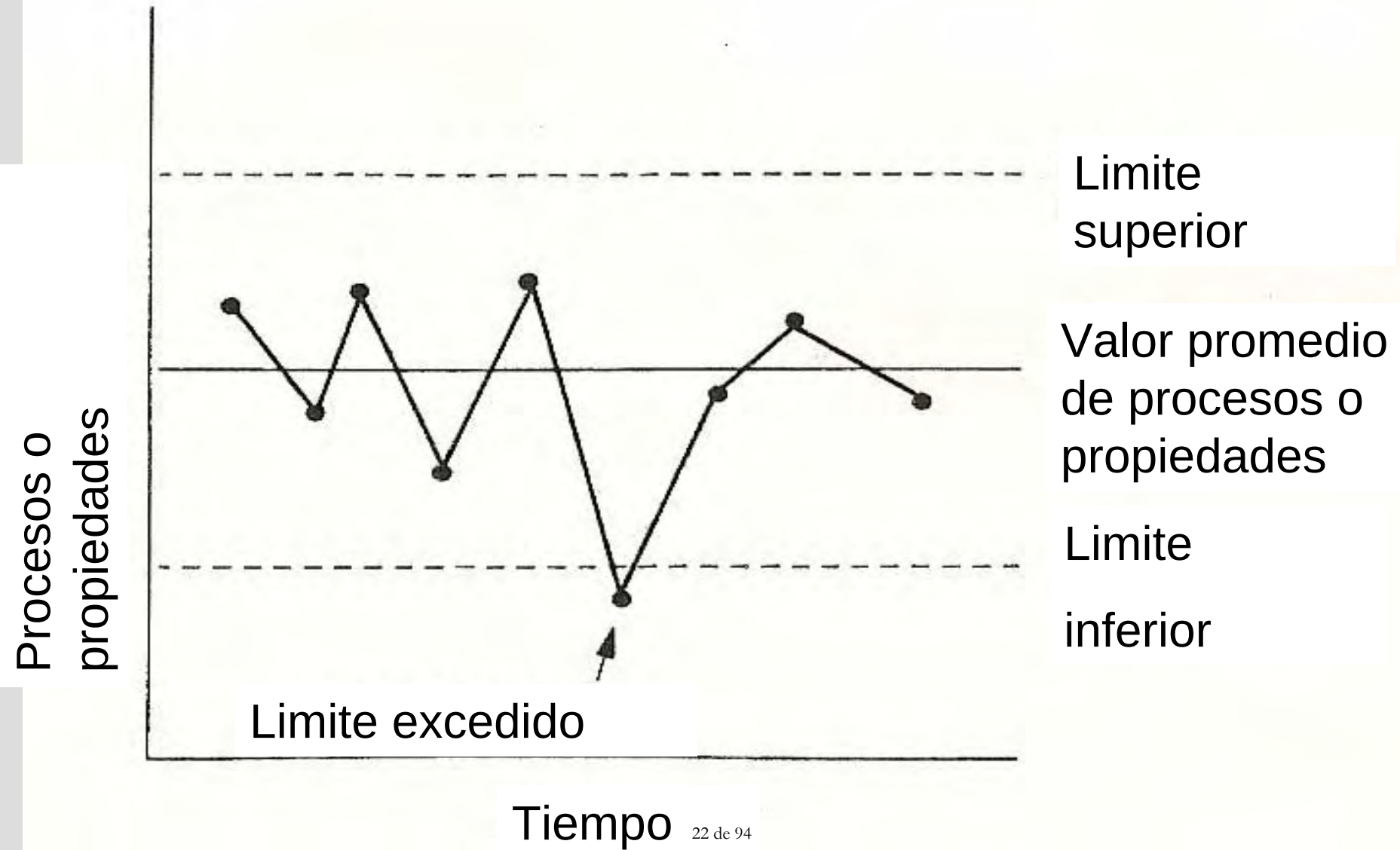
genes

Cada nivel jerárquico explica una parte de la variabilidad

Niles and Freckman (1996)

Cada nivel jerárquico se explica por sus propiedades y procesos, contribuye al siguiente pero NO lo explica en su totalidad

¿Testigo sin disturbar, promedio de la región ?



El fuego como disturbio

¿destrutivo o generador de pulsos en la circulación de materia y en el flujo de energía de los ecosistemas?

¿ Declaración de principios ?

***En la naturaleza, el fuego es una fuerza regenerativa y rejuvenecedora sin cuya presencia las sucesiones vegetales y animales se retardarían, cubriéndose parte de la tierra con comunidades decadentes, senescentes y más vulnerables.
Pero no todos los fuegos.....***

¿ Qué hay que conocer ?

- a. ¿Con qué frecuencia ocurren los fuegos ?*
- b. ¿Qué extensión cubre el fuego ?*
- c. ¿Qué cantidad de biomasa se quema efectivamente por
unidad de área afectada ?*
- d. ¿Qué tipo de biomasa se quema (especie, tejido vivo,
hojas senescentes, hojarasca?)*
- e. ¿Bajo que condiciones ambientales ocurre el fuego ?*

1. Convección = columna de aire caliente que se eleva.

Esta forma de propagación es típica en la transmisión de fuegos de superficie a las copas de los árboles.

2. Radiación = pasa a través de las partículas de aire sin que éste se desplace y disminuye en forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Esta forma de propagación afecta fundamentalmente a los combustibles que se encuentran próximos a los que están ardiendo.

3. Conducción = pasa a través de las moléculas de un cuerpo sólido sin que éste se desplace.

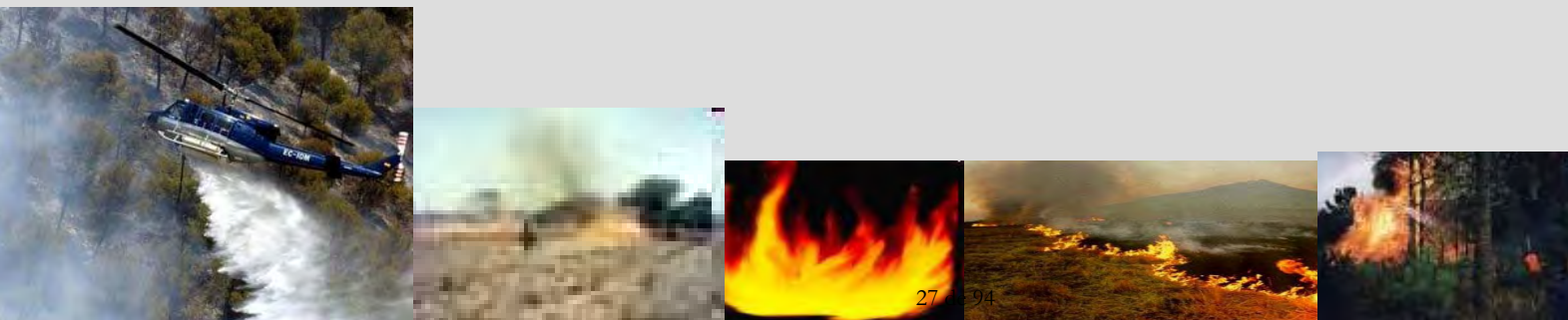
Afecta a combustibles en íntimo contacto.

Los factores del ecosistema y del suelo tornan difícil las relaciones de CAUSALIDAD porque modifican la transmisión de calor al suelo y no permiten relacionar la intensidad del fuego con las temperaturas que se miden.

TRASMISIÓN DE CALOR EN EL SUELO

(Hungerford et al 1991)

1. Conducción
2. Flujo de vapor: mayor responsabilidad en la transferencia de calor
3. Flujo de líquido



Fuegos de superficie o de suelo: son los más abundantes (85%), éstos comienzan en los combustibles ligeros, menudos y divididos. Afecta principalmente a las plantas herbáceas, leñosas de poco porte y en ocasiones producen heridas a las raíces y a la base de los troncos de las especies de más porte. El fuego de suelo puede evolucionar por la superficie o bien puede pasar a las copas (convección).

Fuegos de subsuelo: Se propagan bajo la superficie del suelo alimentados por la materia orgánica seca y las raíces. Se desplaza lentamente sin llamas visibles y escaso desprendimiento de humo. Sus efectos inciden sobre todo en los horizontes del suelo modificando y alterando la estructura del mismo y afectando asimismo a los microorganismos. Suelen durar mucho tiempo y son difíciles de combatir.

Fuegos de copas: Se propagan a través de las copas de los árboles consumiéndolas, avanza muy rápido favorecido por la mayor fuerza del viento a nivel de copas. Sus efectos son devastadores ya que defolian los árboles e hieren sus ramas hasta causarles la muerte. Generalmente primero es de superficie, pasando después a las copas. Son los que más dificultad presentan de hora de proceder a su extinción.

TIPOS DE FUEGO

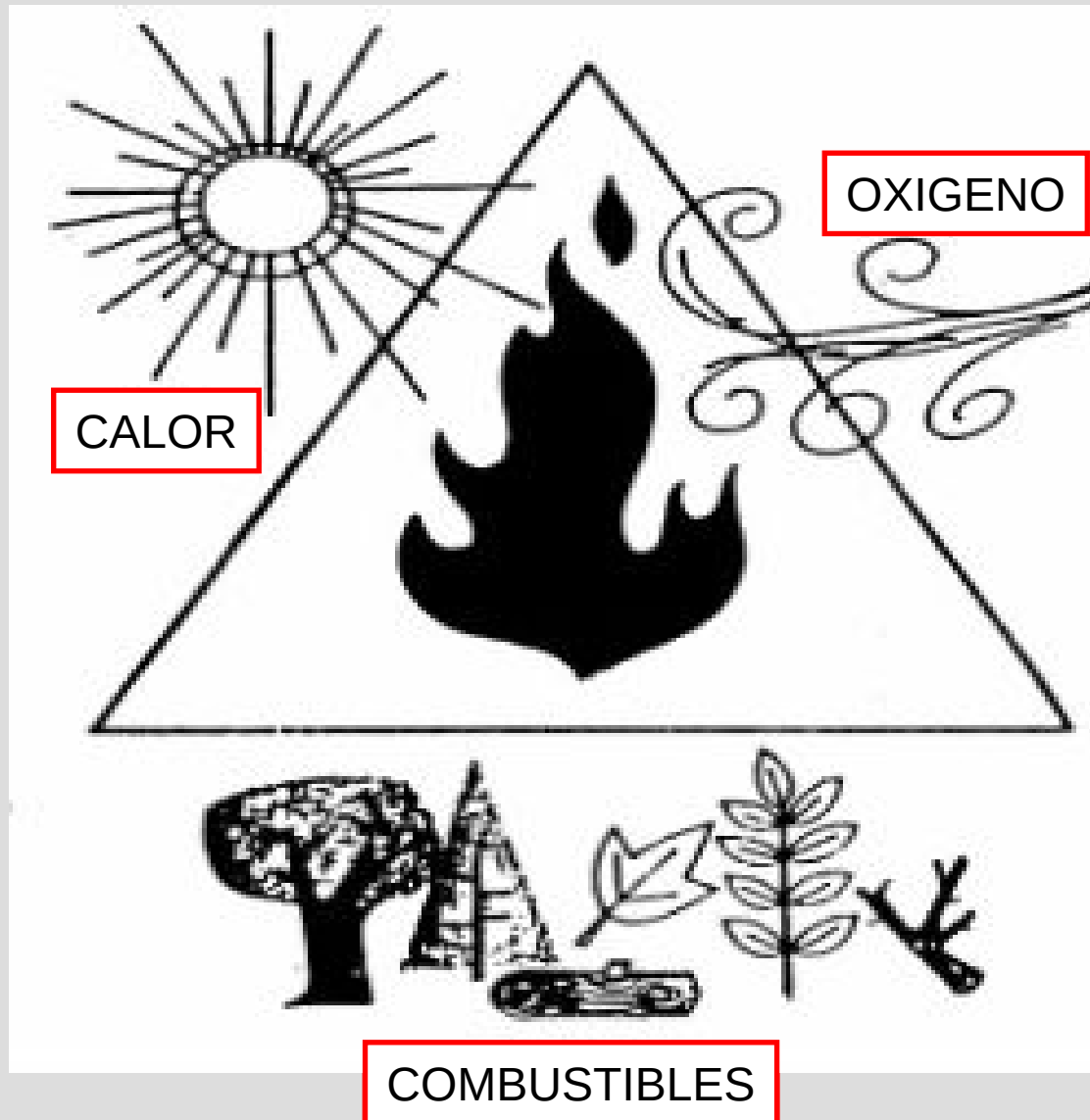
1. **Fuegos accidentales** = causados por factores humanos y/o naturales que no poseen supervisión ni planificación, y el hombre no tiene control sobre sus efectos y/o consecuencias en el ecosistema y la comunidad en gral.
2. **Fuegos Prescriptos** = tiene objetivos claros y requiere condiciones ambientales apropiadas para su implementación (humedad relativa, velocidad del viento, temperatura del aire, etc.).

Es “el uso científico del fuego bajo condiciones definidas y controladas con el fin de cumplir con objetivos de manejo específicos” (Reeves, 1997)

¿ PARA QUE QUEMAR ?

- Reducir la acumulación de combustibles orgánicos (acumulación de materia seca) a un nivel tolerable que imposibilite el desarrollo de incendios naturales de alta intensidad.
- Estimular el desarrollo de la vida silvestre al mejorar su hábitat natural.
- Eliminar ciertas plagas y enfermedades.
- Disminuir la competencia indeseable de ciertas plantas que tienden a invadir el sector (gralmente. árboles y arbustos)
- Favorecer la generación natural y artificial de plantas más nutritivas
- Estimular la germinación, mejorando la cama de semillas y reducir o eliminar cualquier condición que inhiba la germinación de éstas.

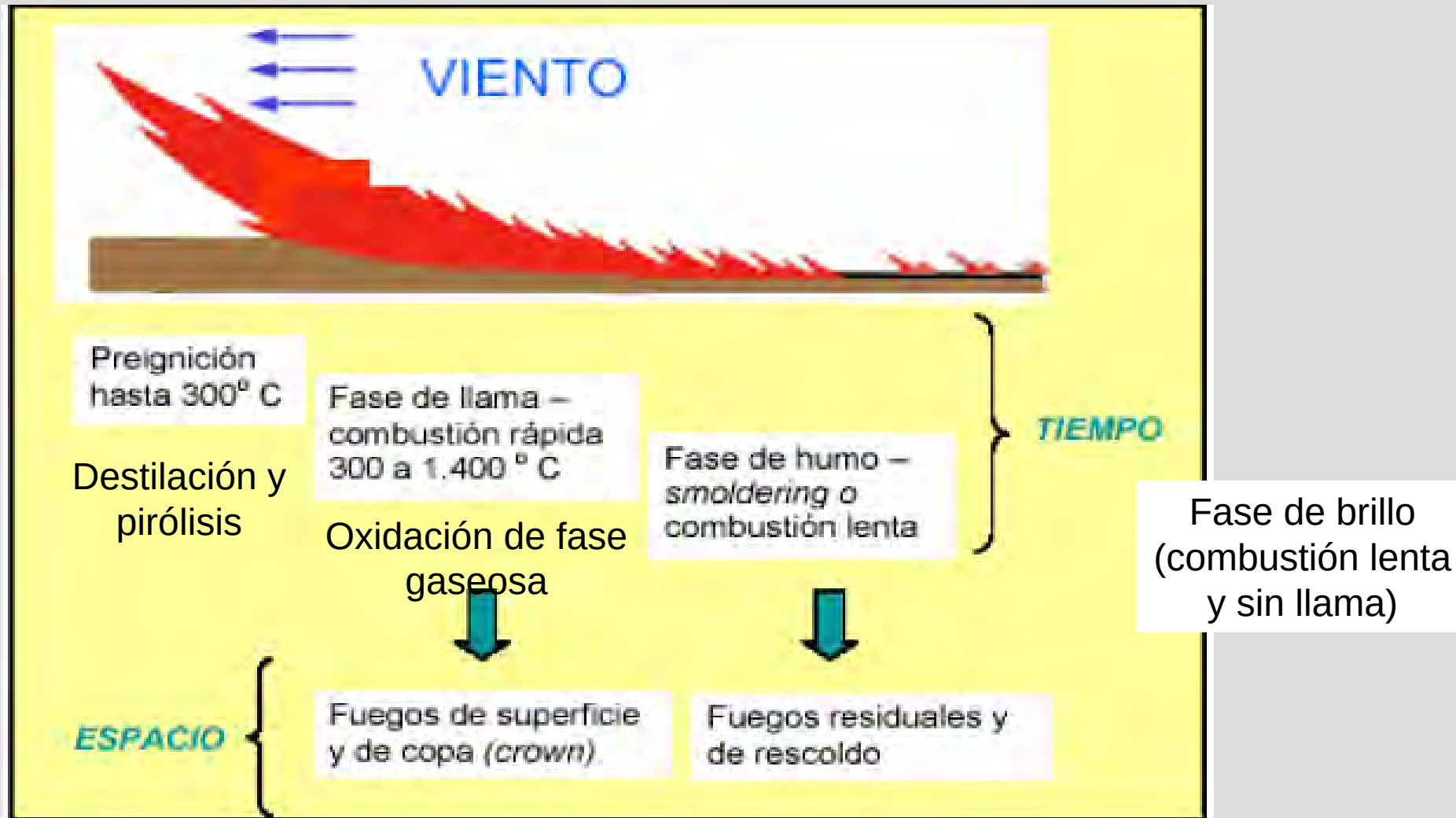
TRIÁNGULO DE FUEGO



TIPOS DE COMBUSTIBLES

1. **Combustibles muertos** = aquellos que alcanzan rápidamente los 200°C
2. **Combustibles vivos** = son de menor inflamabilidad. Estos se clasifican en:
 - **Finos**: hojas, pastos, mantillo u hojarasca. Son los más peligrosos porque facilitan el comienzo del incendio. Diámetro menor a 0,5 cm
 - **Regulares**: ramas finas de arbustos, tallos, etc.
 - **Medianos**: ramas de mayor tamaño.
 - **Gruesos o pesados**: troncos, ramas gruesas. Son los más lentos en arder.

LAS FASES INCIDEN EN LOS EFECTOS DEL FUEGO EN EL SUELO



Intensidad, severidad y frecuencia.

Severidad del fuego e intensidad

Rango de severidad	Intensidad del fuego (kWmK1)	Longitud máx. de llama (m)	Características típicas de severidad
Baja	< 500	1.5	Quemados solamente combustibles finos y arbustos < 2 m
Moderada	501–3000	5.0	Consumido por el fuego todo el combustible fino y la vegetación arbustiva < 4 m
Alta	3001–7000	10.0	Consumido por el fuego todo el combustible fino y la vegetación arbustiva y chamuscado debajo del canopy de árboles < 10 m
Muy alta	7000–70,000	10–30	Consumida por el fuego toda la vegetación verde incluida la vegetación debajo del canopy de árboles de 30 m, y la vegetación leñosa < 5 mm de diámetro
Extrema	70,000–100,000+	20–40	Consumida por el fuego toda la vegetación verde y leñosa < 10 mm de diámetro

Sistema de clasificación de severidad del fuego

	Baja severidad del fuego	Moderada severidad del fuego	Alta severidad del fuego
Descripción	Bajo calentamiento del suelo o leve carbonización de material fino	Moderado calentamiento del suelo o moderada carbonización de material fino	Alto calentamiento del suelo o profunda carbonización de material fino
Mantillo	Quemado, carbonizado o consumido	consumido	consumido
Duff	Permanece mayormente intacto, puede ser carbonizado	Profundamente carbonizado o consumido, leve color por las cenizas presentes	Completamente consumido
Minerales del suelo	No alterados visiblemente	No alterados visiblemente	Superficie del suelo mineral rojiza o naranja sobre sitios quemados severamente; debajo 1 cm, suelos pueden ser carbonizados a profundidades de 10 cm o más; textura de la superficie del suelo se altera,
Residuos leñosos	Parcialmente consumidos o carbonizados	Mayormente consumidos excepto troncos los cuales son profundamente carbonizados	Troncos consumidos o profundamente carbonizados
Temperaturas del suelo a 1 cm	< 50o C	100-200o C	>250o C
Profundidad de las temperaturas letales para los organismos del suelo	1 cm	3 to 5 cm.	9 to 16 cm

Ayuda a predecir la severidad del fuego antes de la quema o ayuda a definirlos después de la misma.

LAS CONDICIONES METEOROLOGICAS INCIDEN EN LOS EFECTOS DEL FUEGO EN EL SUELO

-Temperatura y humedad relativa (INDICE DE IGNICION)

-Velocidad del viento (INDICE DE PROPAGACION)

Efectos del fuego



Acción del Fuego sobre las propiedades del suelo

Directas

- temperaturas

Indirectas

- eliminación de la vegetación
- deposición de cenizas

Los efectos del fuego sobre el suelo son función de

Fuego

- severidad
- duración
- intensidad
- frecuencia
- época

Vegetación

- cantidad
- calidad

Suelo

- tipo de suelo
- Humedad
- MOS - prof

Manejo y
condiciones
climáticas
posteriores

Consecuencias

- a corto plazo
- a mediano plazo
- a largo plazo

Fuego

- **severidad:** efecto cualitativo del fuego en un ecosistema (grado de consumo de la materia orgánica y la decoloración del suelo)
- **duración:** tiempo que permanece el fuego en un sitio
- **intensidad:** Tasa a la cual el fuego produce energía térmica (energía/tiempo)
- **frecuencia:** cantidad de quemas en un tiempo determinado.

Vegetación

- **cantidad:** kg de materia seca
- **calidad:** - componentes predominantes en la masa vegetal
 - grosor del combustible
 - inflamabilidad de los combustibles

> cantidad de combustible grueso > permanencia de T° elevadas en el suelo (700°C a 800°C), por > tiempo

•Suelo

- tipo de suelo contenido de humedad MOS profundidad

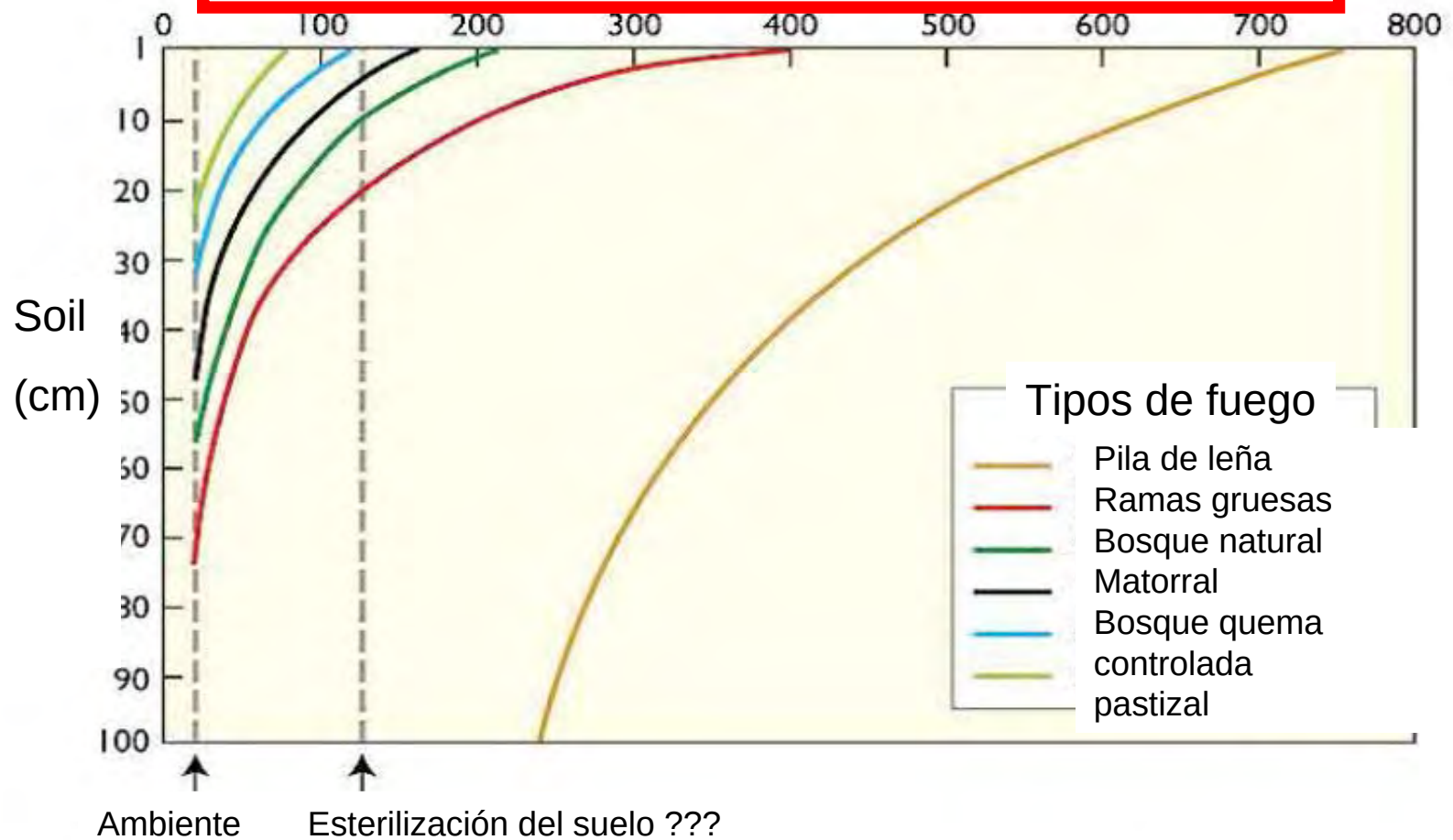
Efectos en las propiedades físicas

Color. Agua del suelo, temperatura del suelo, densidad del suelo, porosidad, constantes hídricas.

■



TEMPERATURA



Temperaturas en el perfil del suelo para varias clases de fuego

Neil McKenzie Impacts of fire on soil (CSIRO Land and Water, Canberra)

TEMPERATURA

Efectos en el suelo de las diferentes temperaturas. Dimitrakopoulos et al. (1994) ampliada por Úbeda (1998).

Temperatura °C	Efecto en el suelo
50-60	Temperatura letal para el protoplasma de las plantas
100	Descomposición de algunos componentes de nitrógeno del suelo
100-200	Temperatura letal para hongos y bacterias; evaporación del agua
200-300	Pérdida del 50% de nitrógeno. Empieza a disminuir el valor de pH. Desaparición de algunos componentes de la materia orgánica. Aumento de amonio, fósforo, calcio, magnesio y sodio. Descenso de la capacidad de absorber agua del suelo y de su plasticidad. Incremento de la fracción arena. Incremento/disminución de la estabilidad estructural (según autores). Incremento/disminución de la porosidad (según textura)
300	Desaparición por calcinación de la materia orgánica. Formación de una superficie hidrófoba
315	Incremento del pH del suelo. Disminución de la capacidad de intercambio catiónico
315-400	Pérdida del 75% de nitrógeno
400-550	Descenso de calcio, sodio, magnesio, desaparición de amonio, aumento progresivo de potasio. Descenso más drástico de la absorción de agua y de la plasticidad. Desaparición total de los residuos orgánicos
550-700	Destrucción total de la materia orgánica. Pérdida de los OH de las arcillas, aumento de pH. Aumento de fósforo y potasio. Descenso de la estabilidad estructural
700-900	Oxidación del suelo, cambios irreversibles en las arcillas, descomposición de los carbonatos, incremento de calcio, magnesio, descenso de potasio. Aumento de la absorción de agua pero no de la plasticidad

tipo	Temp. (°C)	CAMBIO
físicos	> 1200°C	Pérdida de Ca como gas
	950°C	Las arcillas se convierten a fases diferentes
	600°C	Máxima pérdida de P y K. Cenizas finas
	540°C	Pequeño N residual o carbón
	420°C	Pérdidas de agua desde arcillas
	400°C	Carbonización de MOS
químicos	300°C	Transformación máxima del N de aminoácidos Pérdidas de S y P Carbonización de MOS
	200°C	Repelencia al agua causada por destilación de volátiles Comienzan las pérdidas de N
	125°C	Esterilización de suelo
	110°C	Pérdida de agua del suelo
	100°C	Inicio de la amonificación
	70°C	Alta mineralización de nitratos
biológico	50°c	Moderada esterilización y pérdida de agua
	37°C	Máxima estimulación de microorganismos
	25°C	Habitualmente la T° del suelo
Cambios en el suelo y en las plantas después del fuego (Raison and Walker, 1986)		

1. Fase de precalentamiento

- **50°C:** si permanece en contacto durante 1 hora mueren las células vivas
- **55°C:** si permanece en contacto durante 10 minutos mueren las células vivas
- **60°C:** con sólo medio minuto mueren las células
- **100°C:** comienza la desecación de los tejidos por evaporación
- **200°C:** comienza la destilación de las resinas y se desprenden gases.

2. Fase de combustión de gases

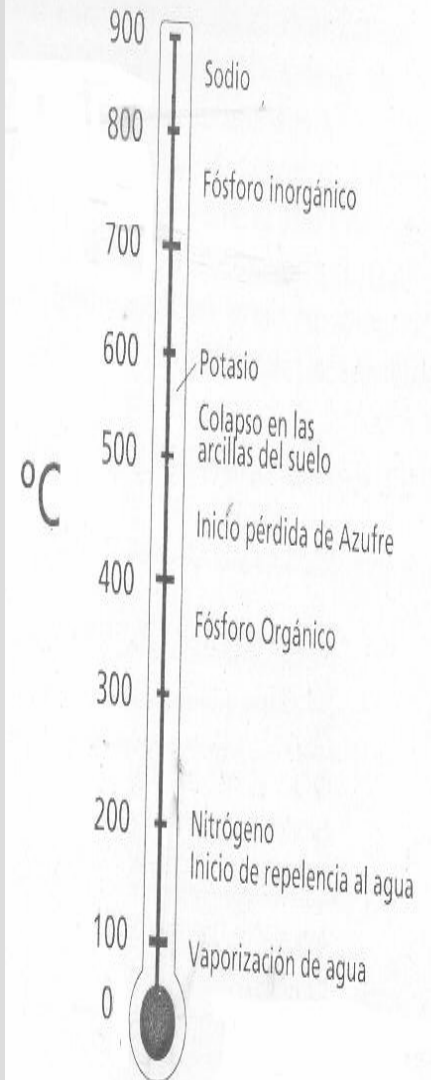
- **300°C:** inflamación de gases
- **400°C:** llamas azules y presencia de humo
- **600°C:** la combustión se mantiene por si sola



temperatura

Cambios de estructura de la comunidad en el suelo

f = tipo de organismo, severidad, condiciones posdisturbio, frecuencia, número total (efecto acumulativo); humedad del suelo, habilidad para formas de resistencia

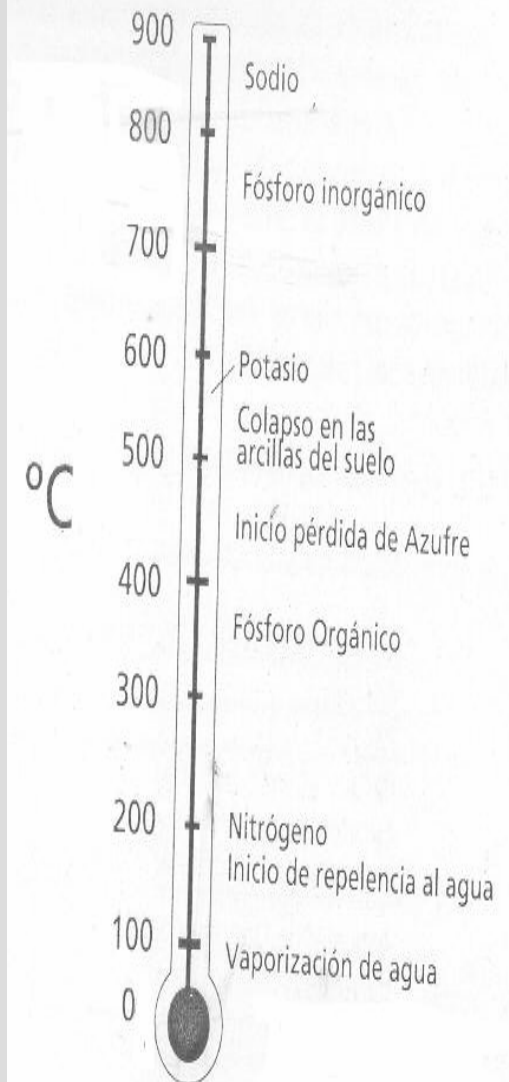




temperatura

Cambios de funciones en el suelo

- Biota muerta como fuente del pulso siguiente de mineralización
- Variación de las tasas de mineralización-asimilación (inmovilización)



temperatura

- Efecto directo

Fuegos con prescripciones = primeros 5 cm y depende de: agua edáfica, combustible, severidad, propiedades del suelo.

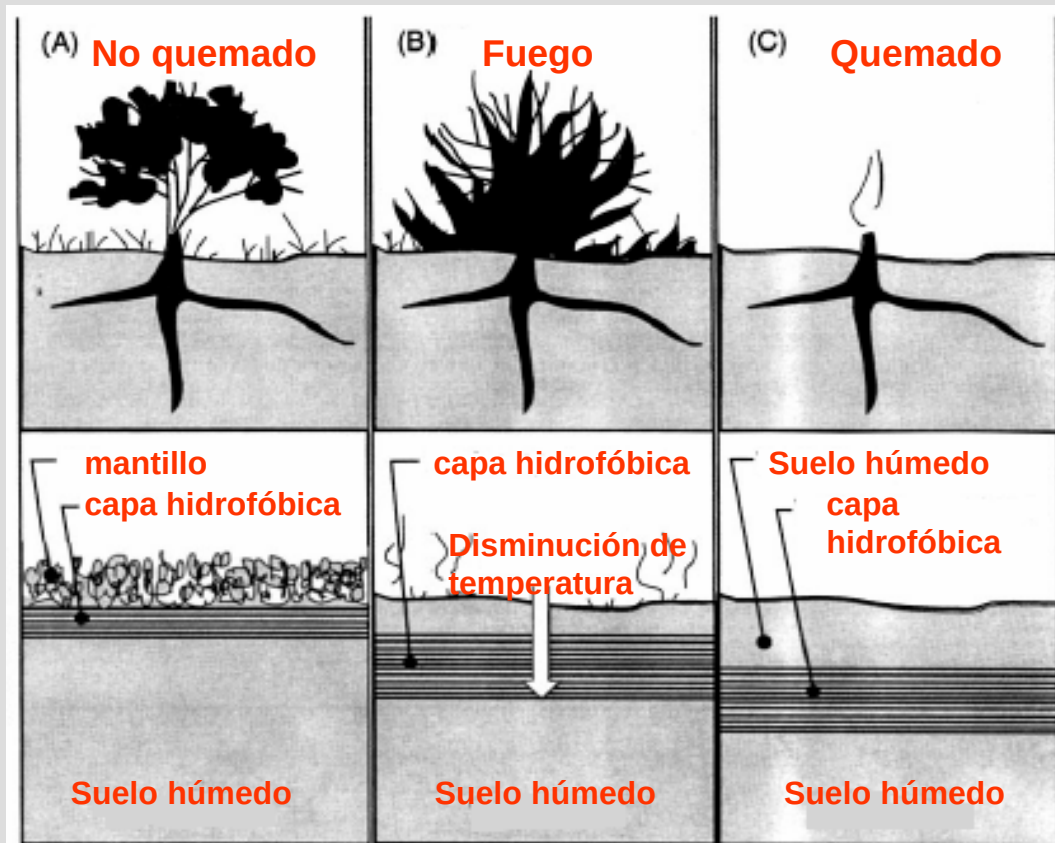
- Efecto indirecto (posfuego)

por > cenizas > absorción de radiación=cambio en la cantidad de radiación solar disponible.

Efecto temporario

Agua en el suelo

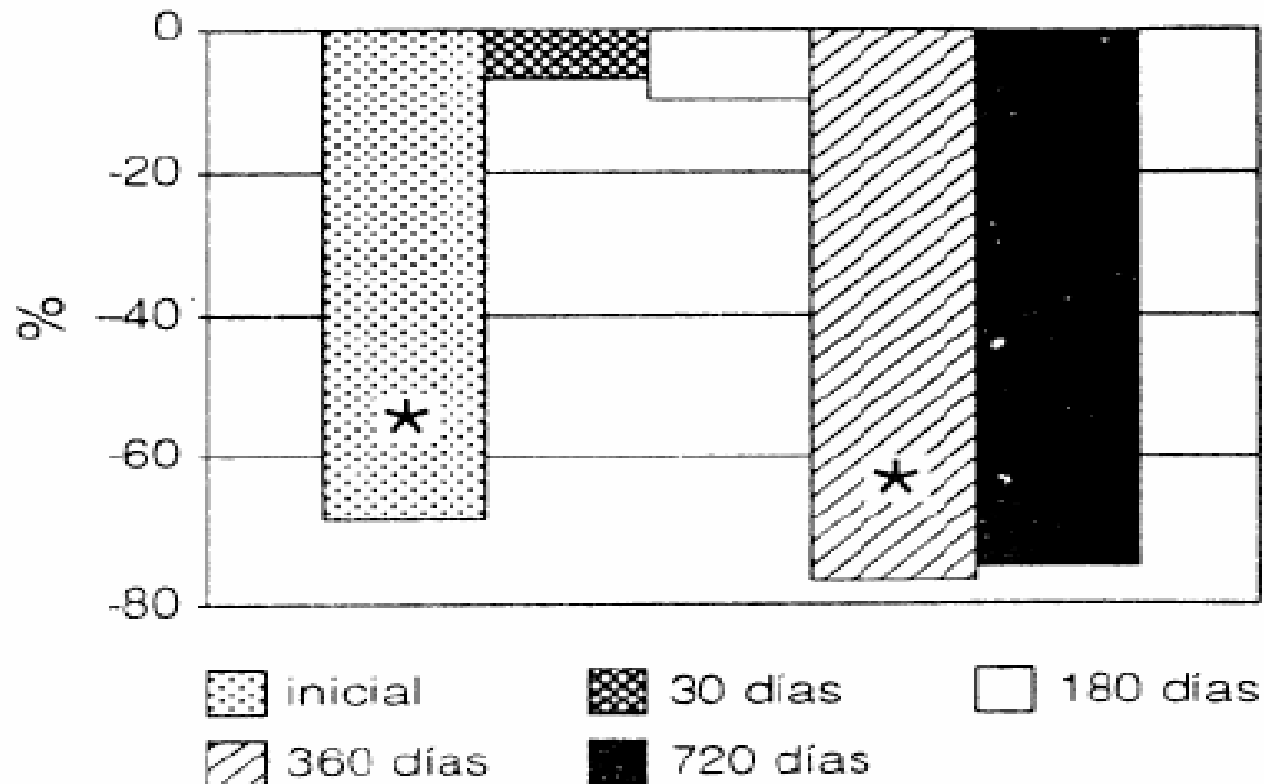
- El fuego induce la formación de una capa hidrofóbica.
- Con T° de suelo $< 175^\circ\text{C}$ existe una baja hidrofobicidad; con T° 175 - 200°C intensa hidrofobicidad; con T° 280 - 400°C se destruye la capa hidrofóbica
- El tipo de vegetación pre fuego afecta la persistencia de la capa hidrofóbica



- A) capa hidrofóbica debajo de las plantas
- B) se vaporizan sustancias hidrofóbicas y bajan en gradientes de temperatura
- C) Después del fuego, capa hidrofóbica debajo y paralela a la superficie del suelo

(DeBano, 2000)

Humedad edáfica

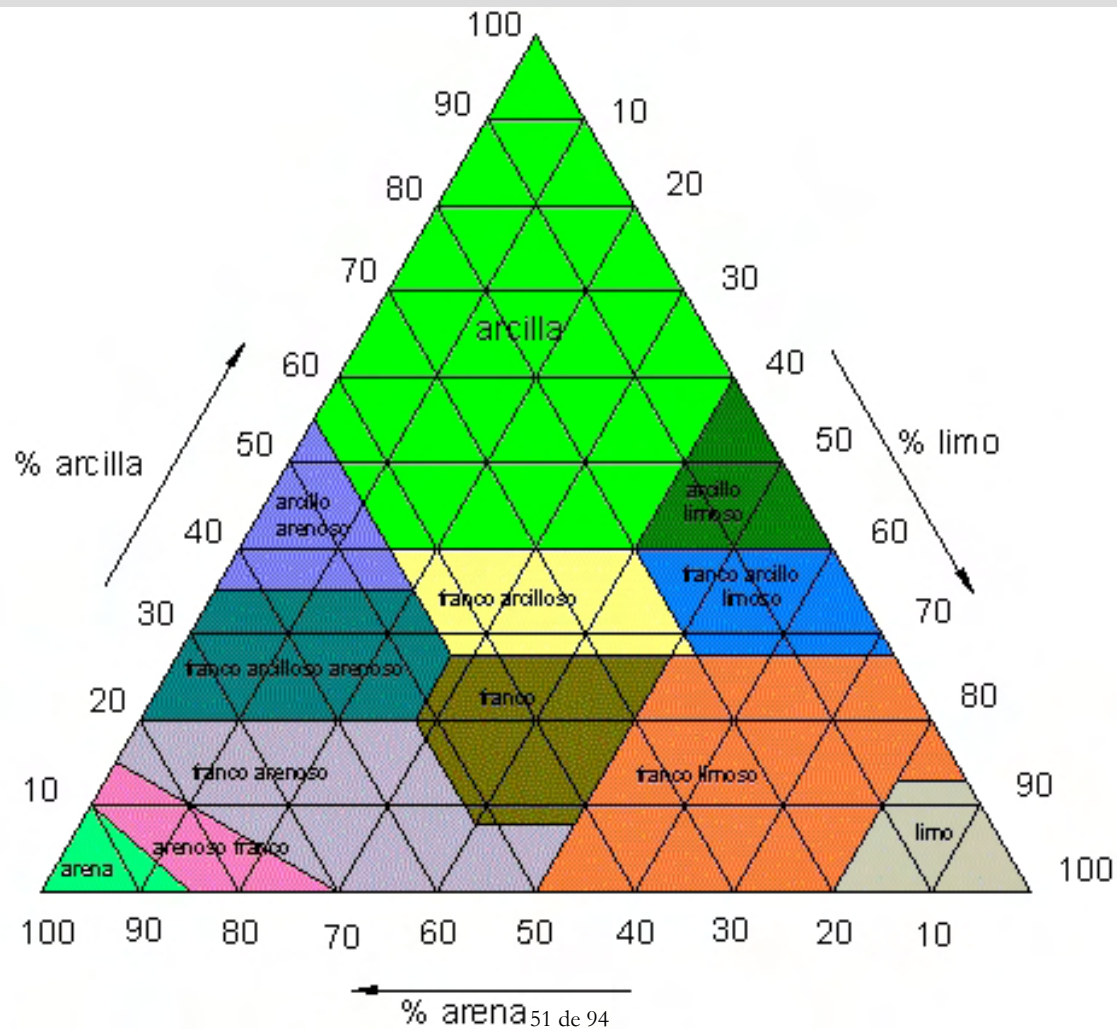


Dinámica de la humedad edáfica en suelos quemados. Valores expresados como porcentaje de la diferencia entre el sector no quemado y el quemado (* diferencia significativa $P < 0,05$).

Dinámica de la fertilidad y de las poblaciones microbianas en suelos afectados por incendios en las sierras de Córdoba (Argentina)

textura del suelo

Temperaturas $> 275^{\circ}\text{C}$ disminuyen la fracción arcilla, aumentan la fracción arena



textura y MOS del suelo

Tabla 1. textura para cada lote y para cada muestra (Bouyoucos).

	Muestra inicial				Primer mes				Segundo mes			
	A%	L%	Ar%	Clase	A%	L%	Ar%	Clase	A%	L%	Ar%	Clase
Lote 1. quema	100	0	0	A	86	32	12	AF	54	36	10	AF
Lote 2. quema	100	0	0	A	66	20	10	FA	80	14	6	FA
Lote 3. quema	100	0	0	A	56	8	6	FA	64	30	6	FA
Testigo	100	0	0	A	70	26	8	FA	64	28	8	FA

Tabla 2. Porcentajes obtenidos de materia orgánica para cada lote y para cada muestra.

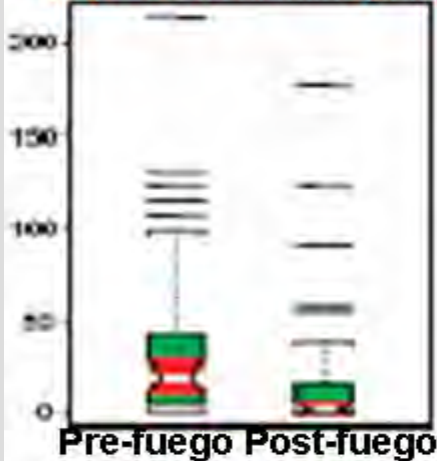
TRATAMIENTO	% M.O. Toma 1	% M.O. Toma 2	% M.O. Toma 3
Tatamiento 1. (Quema)	31.7	30.5	29.96
Testigo	24.9	24.6	26.3

Ramiro Ramírez Pisco

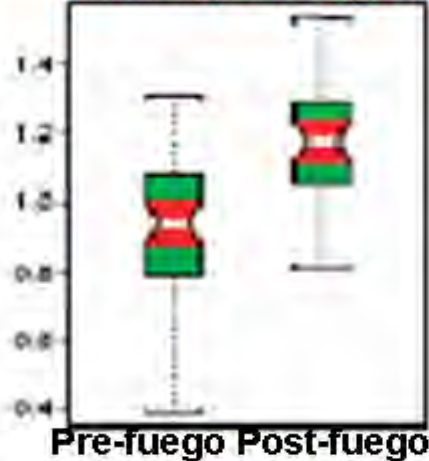
Luz Arelly Cadavid, Jairo Ríos, Sergio Andrés Tamayo

Densidad aparente, porosidad y agua volumétrica

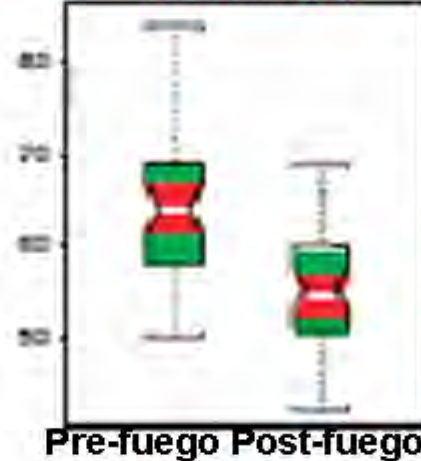
Espesor del mantillo (mm)



Densidad aparente (g cm^{-3})



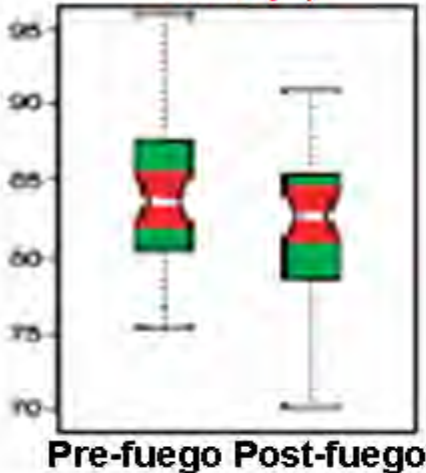
Porosidad (%)



Agua volumétrica (cm^{-3})



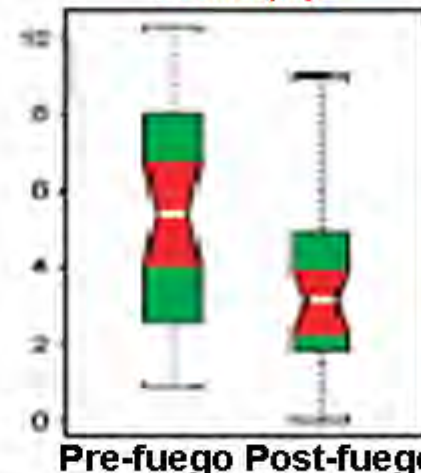
Arena (%)



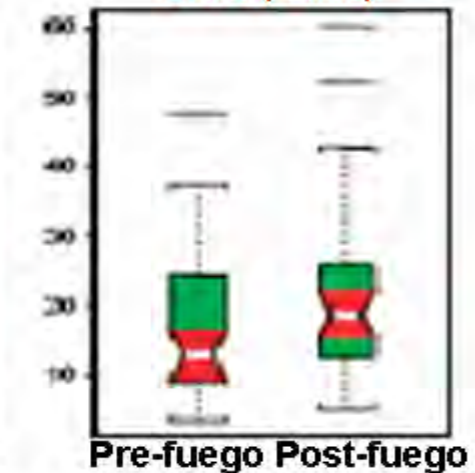
Limo (%)



Arcilla (%)



Grava (>2mm)



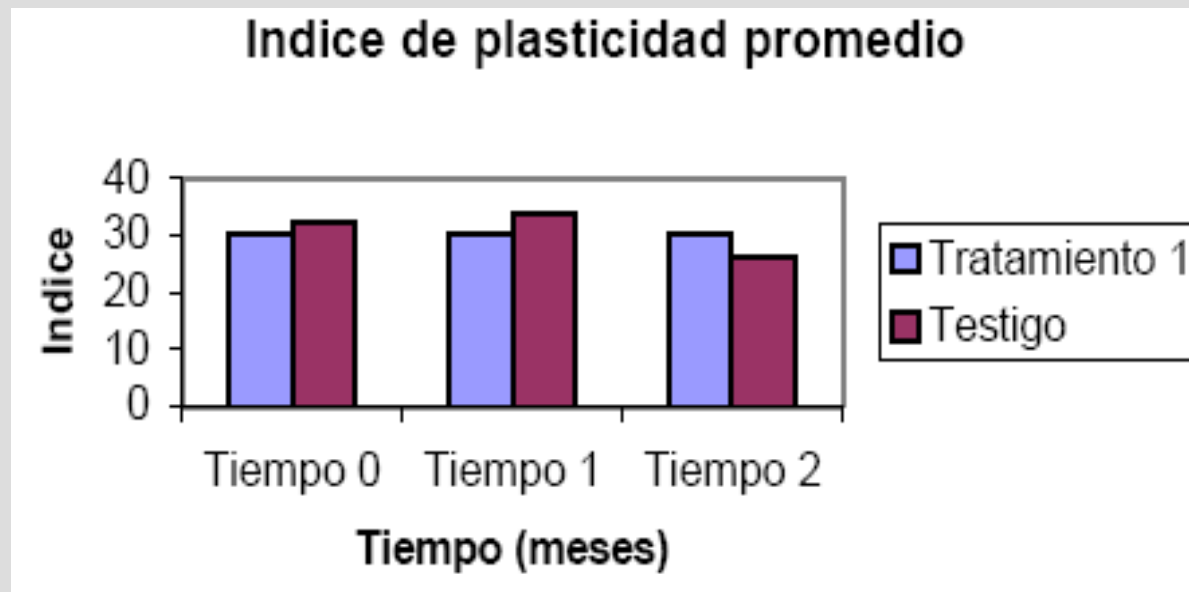
Hubbert et al. 2006

Características del área de estudio: clima Mediterráneo, veranos secos y calientes, inviernos fríos y húmedos. Ppt 678 mm. Suelos poco profundos de textura gruesa con fragmentos de rocas. Pendientes de 75%. Vegetación de chaparral

Densidad aparente, índice de plasticidad

Tabla 3. Densidad aparente promedio de los tratamientos evaluados durante 2 meses

	<u>Densidad aparente promedio g cm^{-3}</u>	
	Tratamiento 1	Testigo
Tiempo 0	0.49	0.59
Tiempo 1	0.53	0,57
Tiempo 2	0.51	0,61



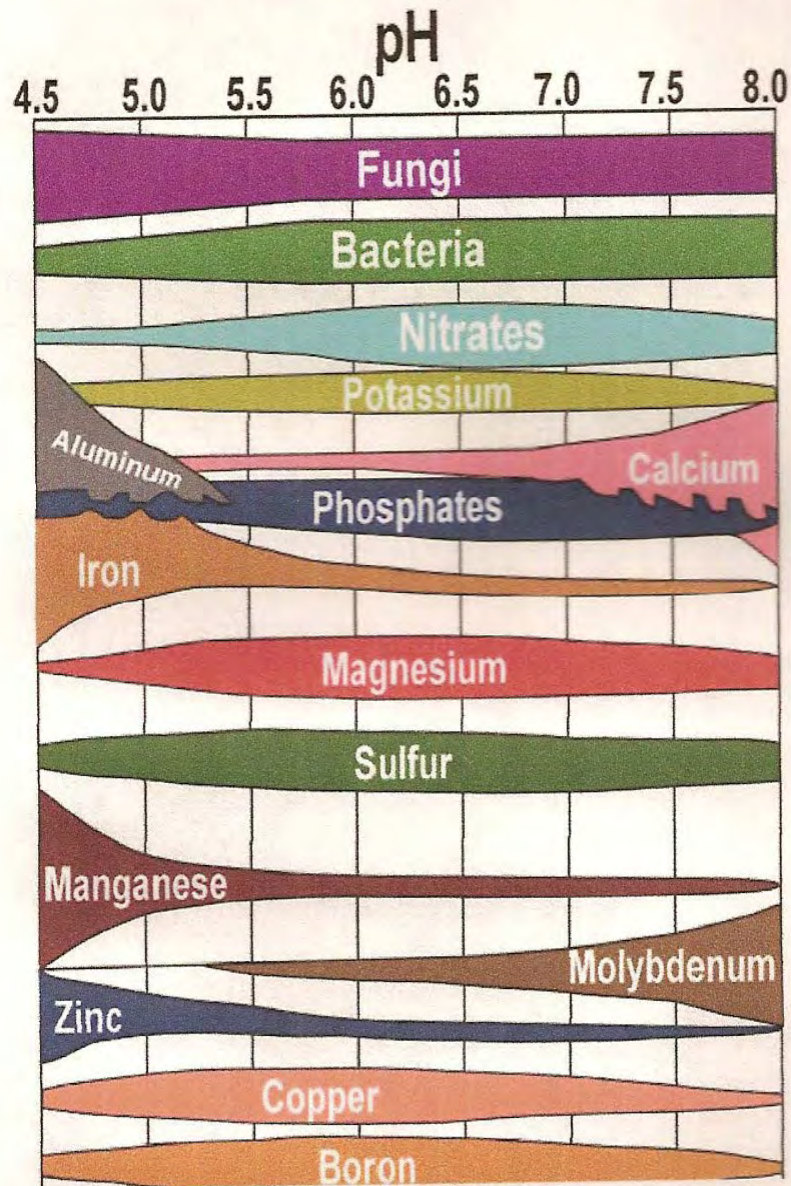
Ramiro Ramírez Pisco

Luz Arelly Cadavid, Jairo Ríos, Sergio Andrés Tamayo

Efectos en las propiedades físico-químicas
pH, conductividad eléctrica, potencial redox.



pH y CE



➤ Cantidad y composición de cenizas modifican el pH del suelo y la conductividad eléctrica (CE)

➤ El pH varía por pérdida de grupos hidrófilos de las arcillas y por formación de óxidos derivados de la disolución de carbonatos.

➤ En quemas de baja intensidad el pH y la CE del suelo no son afectados.

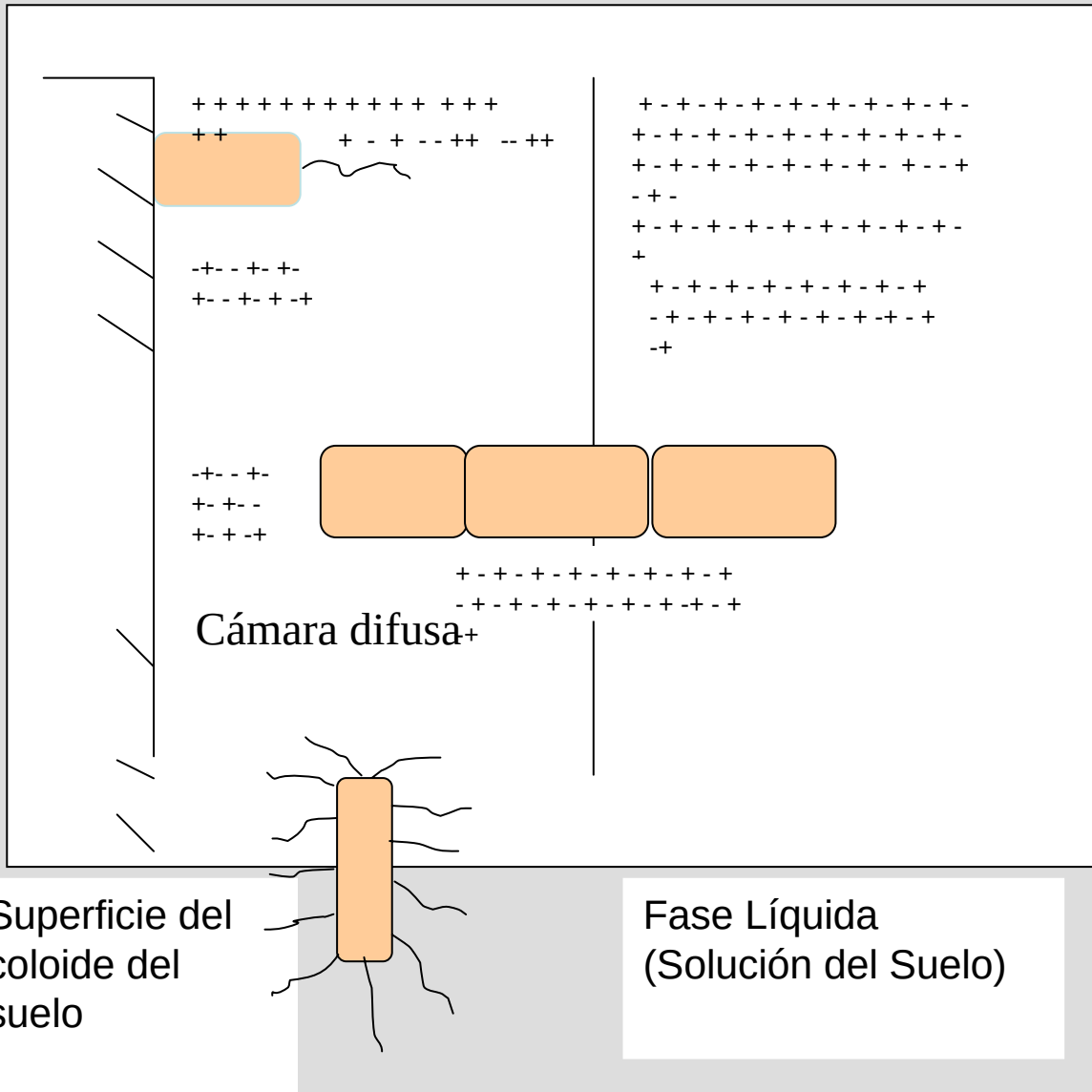
Humedad edáfica, pH, MOS, Nt y N-NO₃

Tabla 1. Parámetros de fertilidad en los sitios quemado y no quemado durante un período de dos años. Q: sitio quemado; NQ: sitio no quemado. La flechas indican diferencias significativas entre sitio quemado y no quemado ($P < 0,05$).

	Tratamiento	Inicial	30 días	180 días	360 días	720 días
Humedad	Q.	2,9 ↑	1,4	1,7	6,1 ↑	2,8 ↑
Edáfica (%)	N-Q	9,0 ↓	1,5	1,9	14,3 ↓	7,2 ↓
pH	Q	7,1	7,7	7,7	7,4	6,9
	N-Q	6,8	7,3	8,1	6,9	7,4
Materia	Q	5,3	5,0	4,6	2,9 ↑	1,4 ↑
Orgánica (%)	N-Q	5,5	4,7	4,3	3,7 ↓	4,3 ↓
Nitrógeno	Q	0,22	0,27	0,28	0,17	0,17
Total (%)	N-Q	0,23	0,27	0,29	0,21	0,17
N-NO ₃	Q	9,1 ↑	18,1 ↑	18,3	16,3 ↑	14,9 ↑
(mg kg ⁻¹)	N-Q	12,1 ↓	14,1 ↓	17,3	13,8 ↓	13,2 ↓

Suelo litosólico con perfil A-AC-C profundidad de estudio 0 -20 cm

Dinámica de la fertilidad y de las poblaciones microbianas en suelos afectados por incendios en las sierras de Córdoba (Argentina)



Ionosfera de la interfase arcilla- microorganismo

¿punto isoeléctrico ?

***Efectos en las propiedades químicas:
Macro y micronutrientes.***



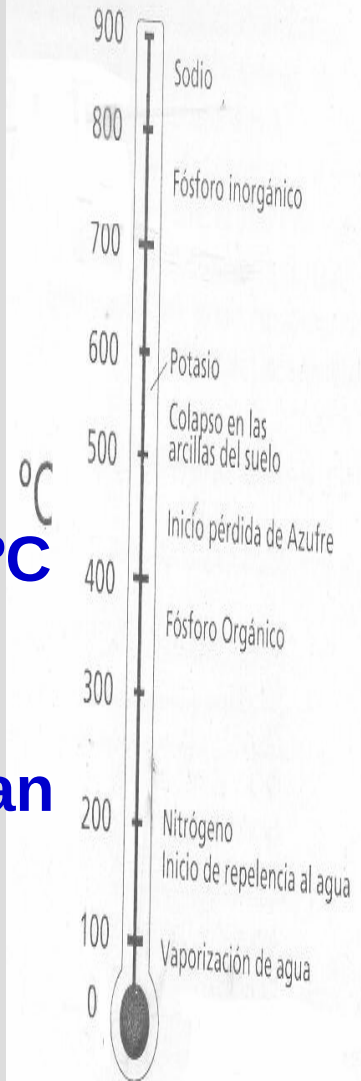
Propiedades Químicas

En función de la sensibilidad al calor, los nutrientes se clasifican en:

• **SENSIBLES:** **N** y **S**, volatilizan entre 200°C y 375°C

• **MODERADAMENTE SENSIBLES:** **P** y **K**, volatilizan entre 700 y 800°C

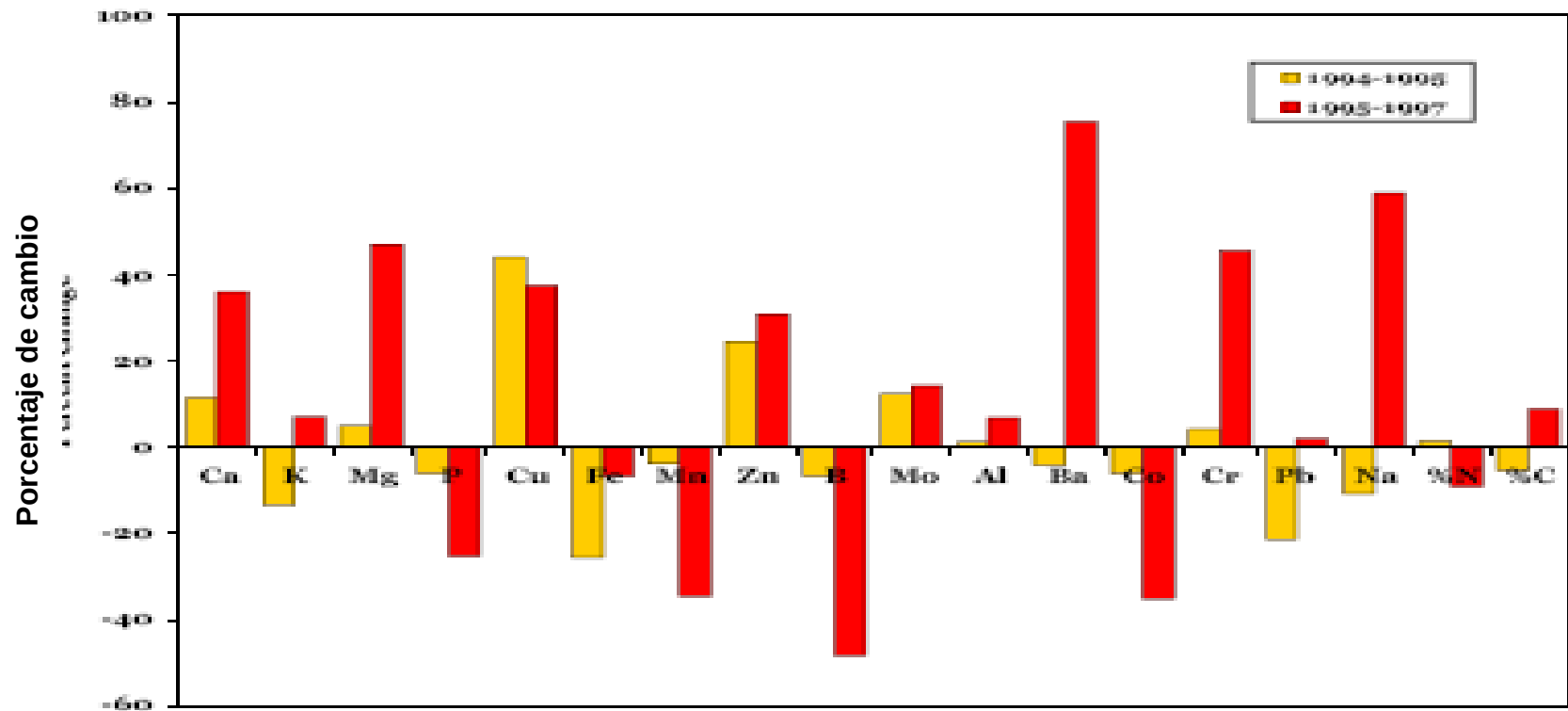
• **RELATIVAMENTE INSENSIBLES:** **Mg**, **Ca**, **Mn**, volatilizan a 1107°C, 1484°C y 1962°C, respectivamente (De Bano 1991)



Propiedades Químicas

- incremento temporal de la fertilidad de los suelos quemados
- > P asimilable inmediatamente después del fuego por > mineralización de fósforo orgánico por >T°, con el tiempo disminuye
- > K hasta los 30 días después de la quema por aporte de cenizas
- > Ca, Mg y Na en suelos quemados a baja intensidad (desde los 170°C hasta los 500°C), con el tiempo disminuyen
- > CIC, en fuegos de baja y moderada intensidad

Dinámica de nutrientes en el suelo



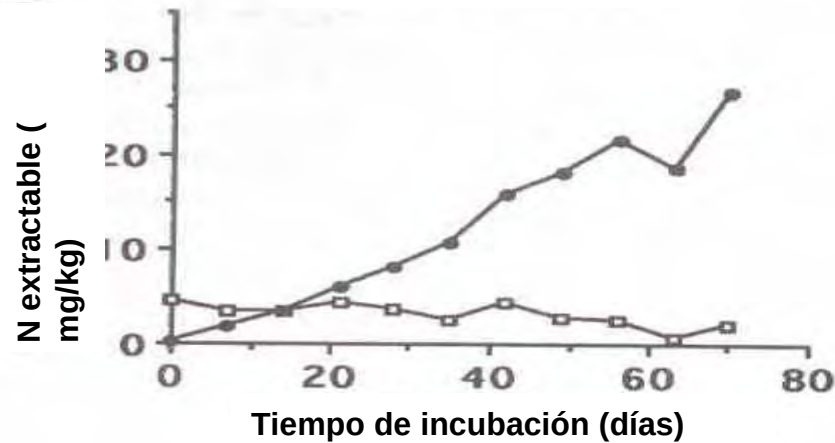
Todos los elementos medidos excepto el potasio (K), nitrógeno (N), y carbono (C) cambiaron significativamente (test-t, $\alpha=0.05$). Fuertes aumentos ($> 40\%$) se observaron en cobre (Cu), bario (Ba), zinc (Zn), magnesio (Mg), calcio (Ca) y cromo (Cr). Las pérdidas más grandes fueron en boro (B), cobalto (Co) y manganeso (Mn). Para diferentes elementos las respuestas fueron variables, incrementaron después del primer fuego, luego disminuyeron después del

tercero. The Flomaton Natural Area: Demonstrating the benefits of fuel Management and the risks of FIRE exclusion in an old-growth longleaf pine ecosystem.

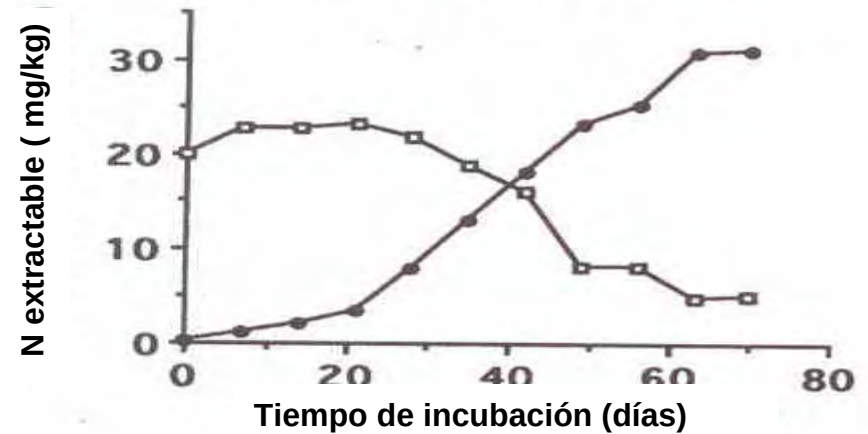
Cambios en el N inorgánico durante incubaciones en laboratorio de muestras de suelo mineral del sitio Lummis antes y después de la quema prescrita

(amonio cuadros abiertos, nitrato círculos llenos)

Previo al Fuego



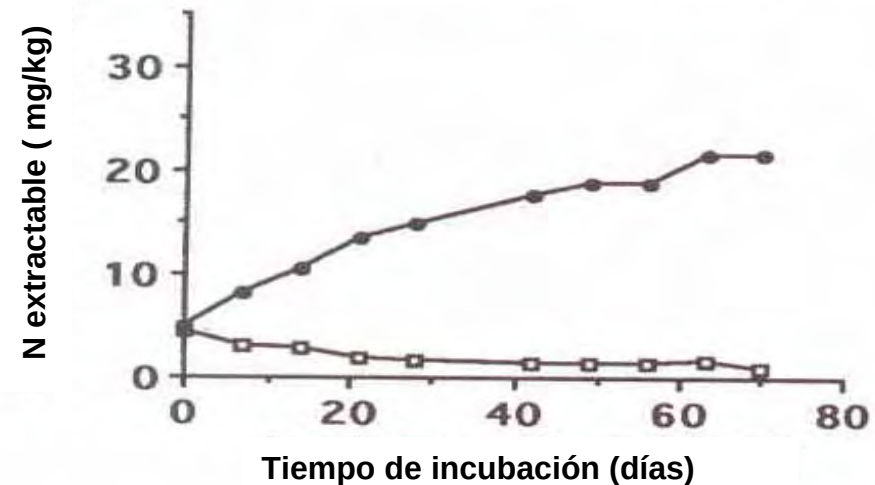
1 día post quema



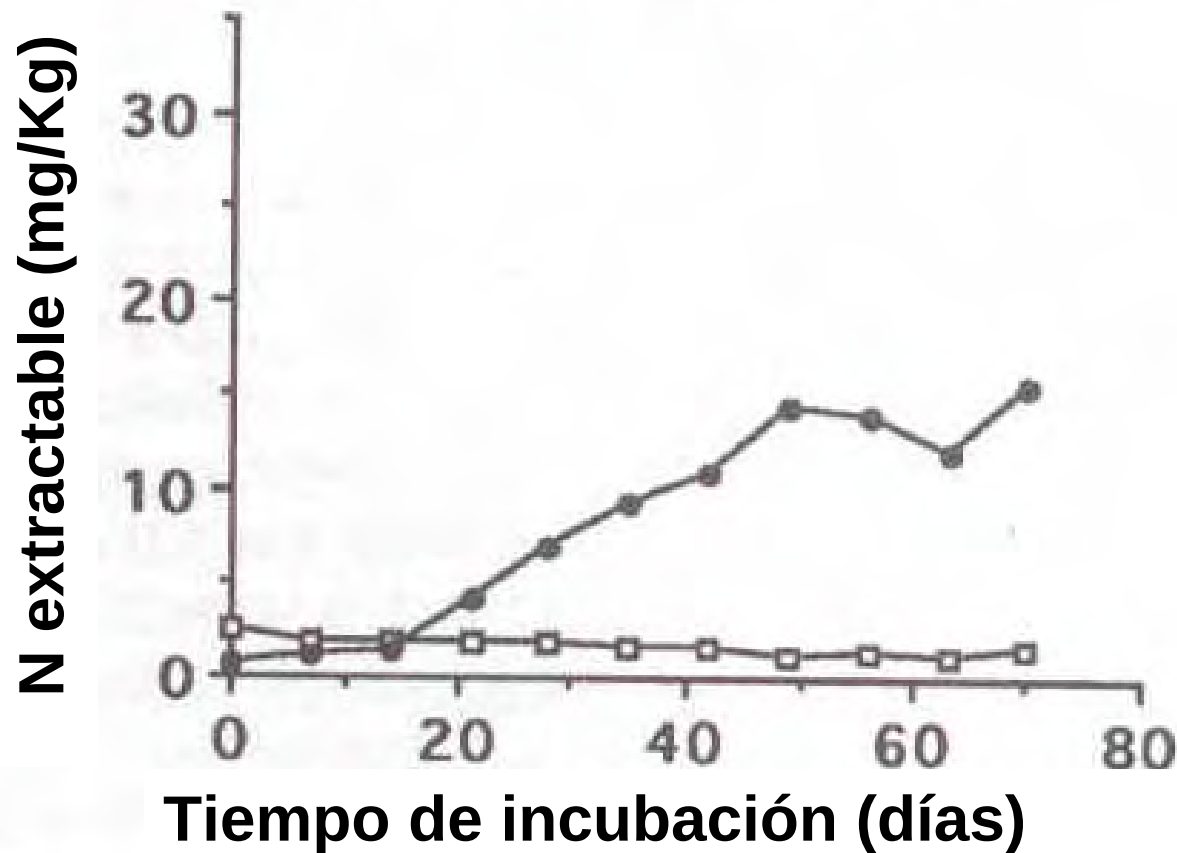
5 meses post quema



12 meses post quema



17 meses pos-quema



Cambios en el N inorgánico durante incubaciones en laboratorio de muestras de suelo mineral del sitio Lummis antes y después de la quema prescripta

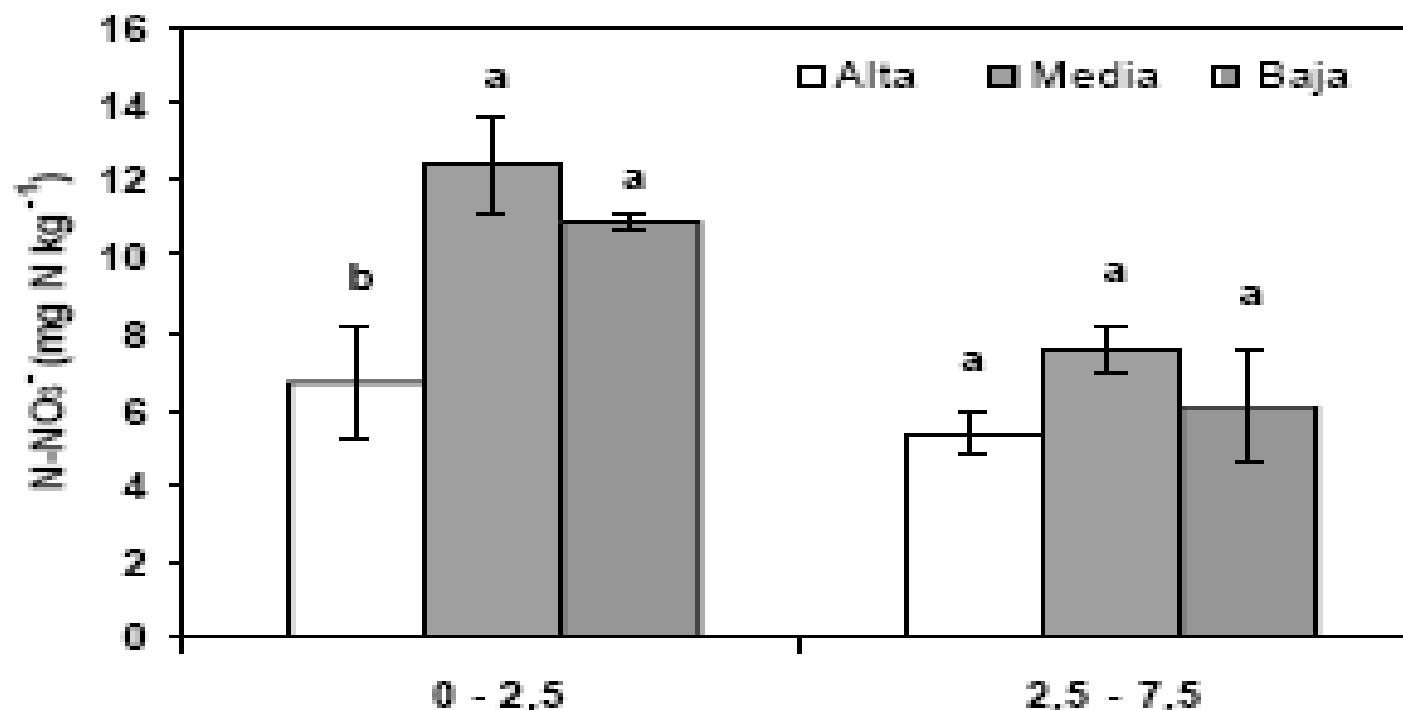
(amonio cuadros abiertos, nitrato círculos llenos)

White C. 1994

COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO EN UNA SABANA DEL CHACO SEMIARIDO OCCIDENTAL BAJO DISTINTAS FRECUENCIAS DE FUEGO

CC GONZALEZ¹, GA STUDDERT², C KUNST³, A ALBANES⁴

Ciencia del Suelo 19 (2) 2001



Contenido de nitrógeno de nitratos del suelo (N-NO₃⁻) obtenido a dos profundidades y para tres frecuencias de quemado de la sabana: alta (anual); media (cada 3 ó 4 años); baja (sin quemar por más de 10 años). Columnas acompañadas por letras distintas para cada profundidad, difieren significativamente (P<0,05). Las barras verticales indican desvío estándar.

Efectos en la materia orgánica del suelo



¿por qué la materia orgánica del suelo ?



- Efecto buffer
- Efecto protector de la radiación y de lluvia
- Mejora la aireación
- Mejora el flujo de agua
- Colabora en la estructuración
- Aumenta la CIC
- Es fuente de C y de energía de la biomasa microbiana
- Es la llave de todos los procesos **(biota del suelo)**
- Refleja el balance del pasado entre las tasas de formación de humus y de mineralización

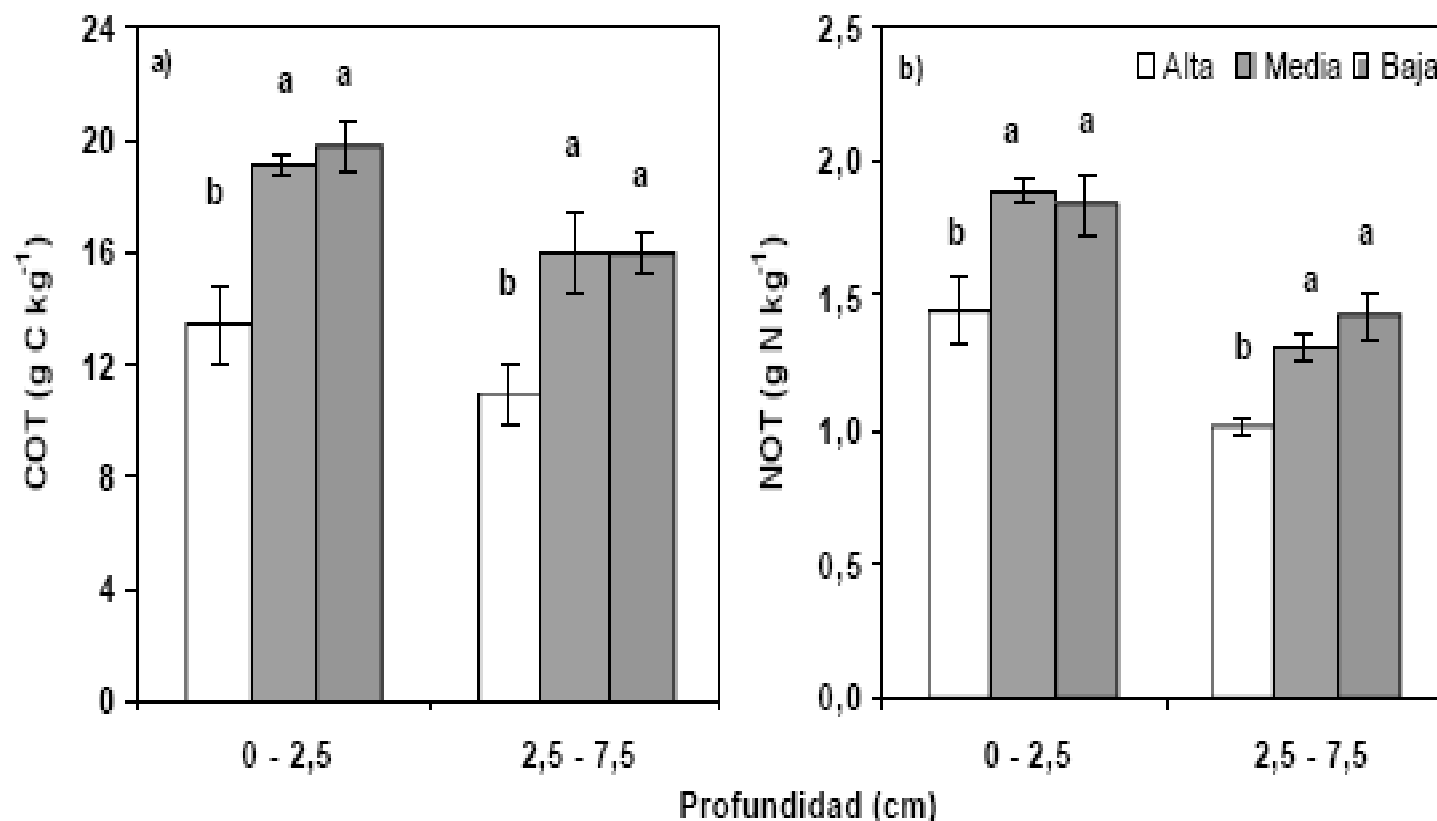
Metodologías para evaluar MOS

- **Fraccionamiento por extracción con álcali**
- **Masas equivalentes**
- **Fraccionamiento por tamaño de partículas**
- **Fraccionamiento ideal en base a componentes** (polifenoles, compuestos alifáticos, aromáticos, HdeC, etc., etc.)
- **Fraccionamiento por susceptibilidad a la degradación** (Potenciales de mineralización por ej.)
- **Estructura y función de la biota**

COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO EN UNA SABANA DEL CHACO SEMIARIDO OCCIDENTAL BAJO DISTINTAS FRECUENCIAS DE FUEGO

CC GONZALEZ¹, GA STUDDERT², C KUNST³, A ALBANES⁴

Ciencia del Suelo 19 (2) 2001

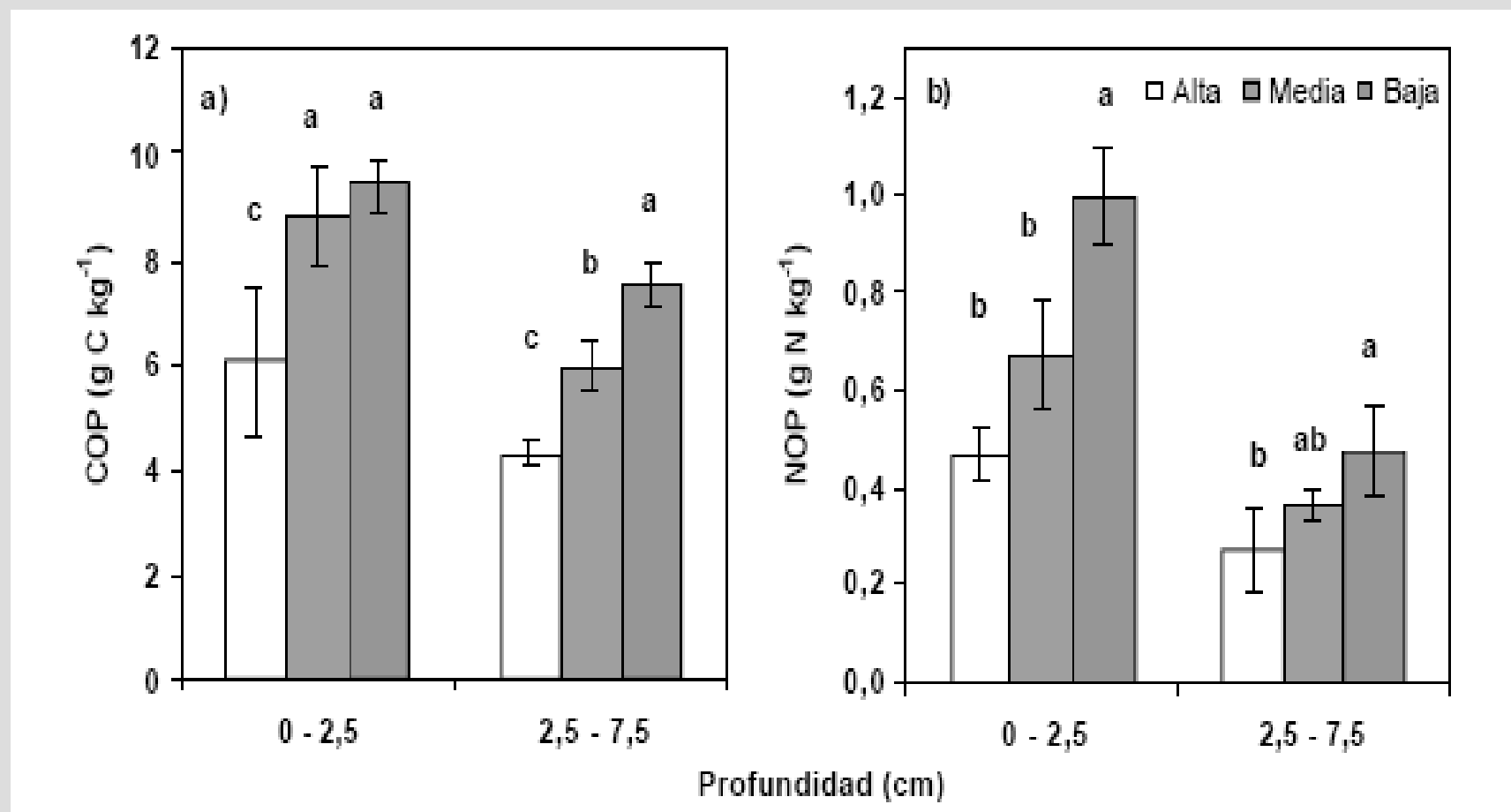


Carbono (COT) (a) y nitrógeno (NOT) (b) orgánicos totales a dos profundidades del suelo y para tres frecuencias de quemado de la sabana: alta (anual); media (cada 3 ó 4 años); baja (sin quemar por más de 10 años). Columnas acompañadas por letras distintas para cada profundidad, difieren significativamente ($P < 0,05$). Las barras verticales indican desvío estándar.

COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO EN UNA SABANA DEL CHACO SEMIARIDO OCCIDENTAL BAJO DISTINTAS FRECUENCIAS DE FUEGO

CC GONZALEZ¹, GA STUDDERT², C KUNST³, A ALBANES⁴

Ciencia del Suelo 19 (2) 2001

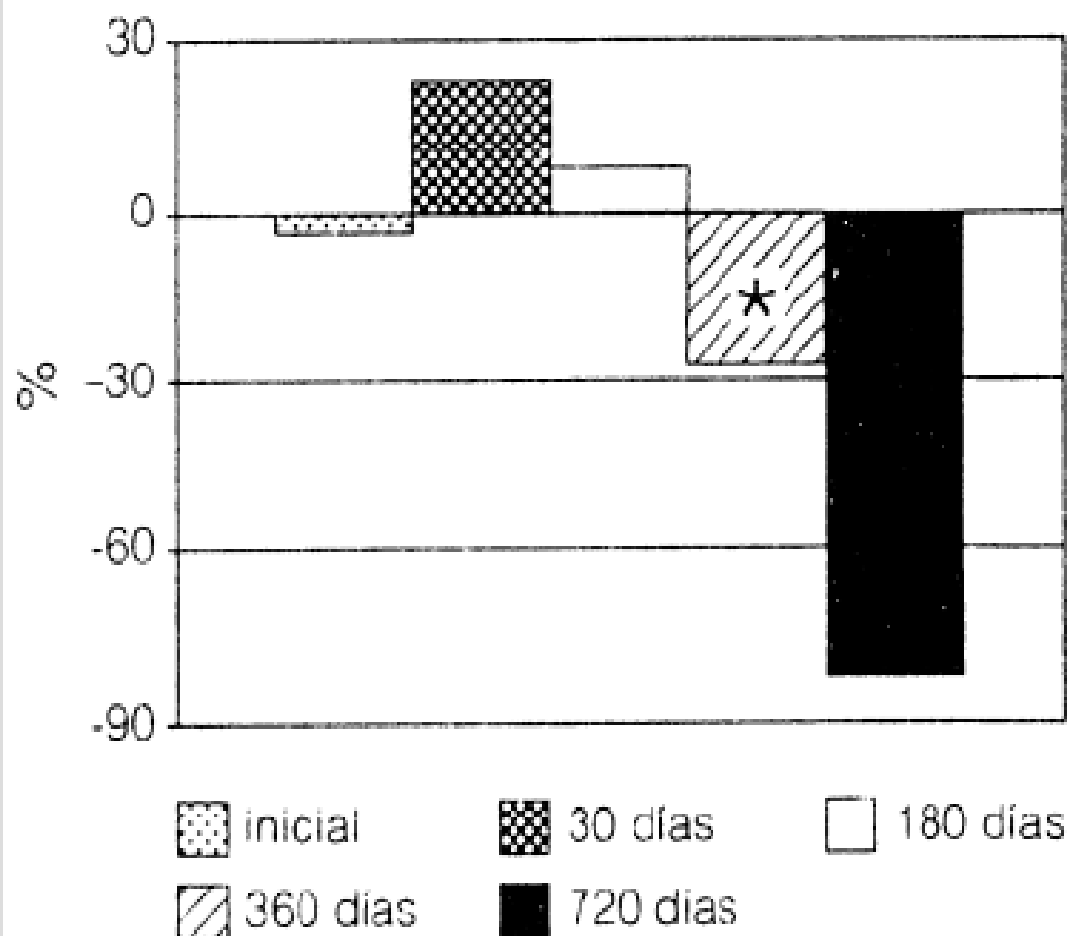


Carbono (COP) (a) y nitrógeno (NOP) (b) orgánicos particulados a dos profundidades del suelo y para tres frecuencias de quemado de la sabana: alta (anual); media (cada 3 ó 4 años); baja (sin quemar por más de 10 años). Columnas acompañadas por letras distintas para cada profundidad, difieren significativamente ($P < 0,05$). Las barras verticales indican desvío estándar.

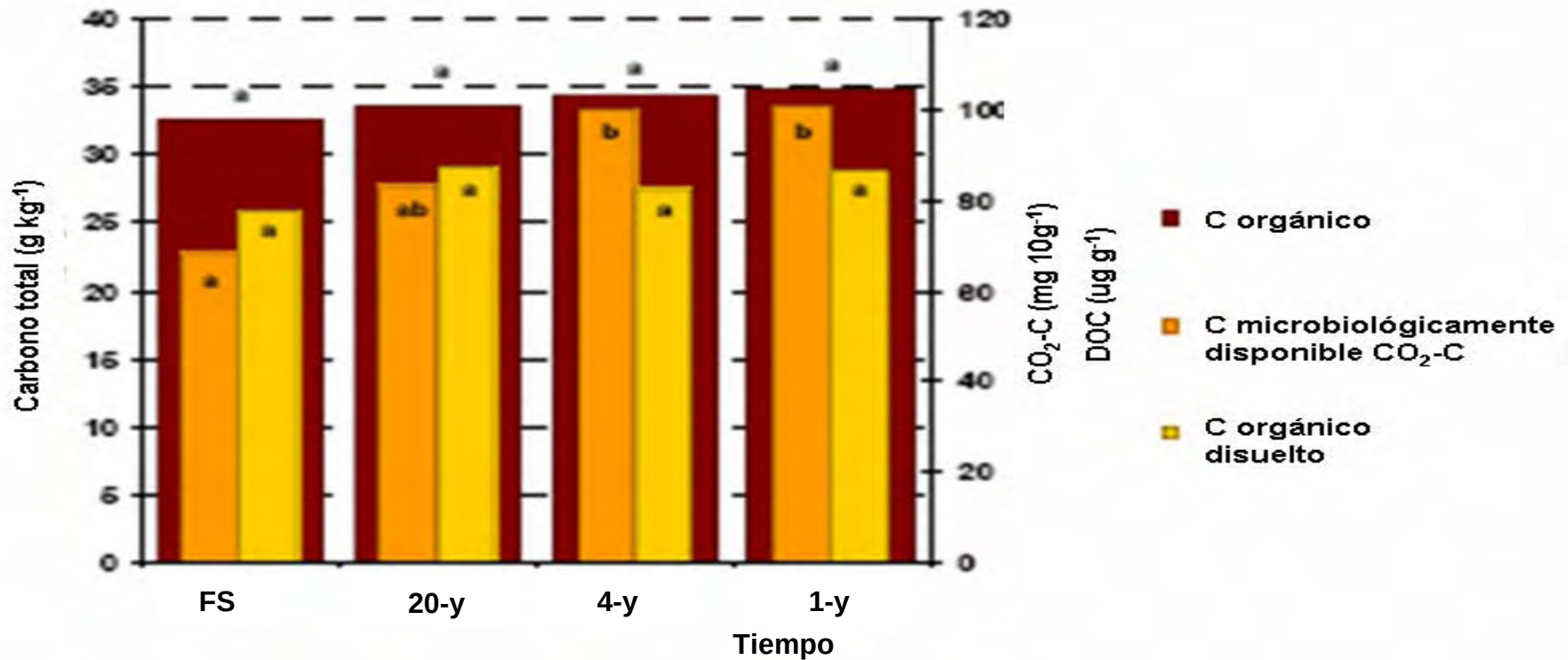
Dinámica de la fertilidad y de las poblaciones microbianas en suelos afectados por incendios en las sierras de Córdoba (Argentina)

Abril, A. y C. González

AGRISCIENTIA, 1999, VOL. XVI: 63-70



. Dinámica de la materia orgánica en suelos quemados. Valores expresados como porcentaje de la diferencia entre el sector no quemado y el quemado (* diferencia significativa $P < 0,05$).



Carbono y nitrógeno del suelo, 0 a 5 cm de profundidad

El fuego no afecta las concentraciones de TOC y DOC.

Suelos de áreas recientemente quemadas elevaron el C mineralizable sugiriendo mayor disponibilidad de C para los microbios, que en los suelos FS o 20-y. Las acumulaciones de C mineralizable en suelos expuestos a fuegos cada 20 años son intermedios entre los suelos de fuegos recientes y los suelos FS, indicando un cambio hacia pools de C más recalcitrantes derivados de la transición hacia vegetación más leñosa

Soil Carbon and Nitrogen Dynamics in Fire-Suppressed, Wildfire-Burned, and Prescribed-Burned Chaparral in the Sierra Nevada Foothills

Jay B. Norton¹, William R. Horwath², Urszula Norton² and Timothy Doane²

¹University of California Cooperative Extension, Tuolumne County
²University of California, Davis, Department of Land, Air, and Water Resources

		N potencialmente mineralizable				N mineral				C orgánico disuelto			
		Metabasic		Granitic		Metabasic		Granitic		Metabasic		Granitic	
		mg g ⁻¹											
0-5cm	FS	78.7	a	60.0	b	2.9	b	3.2	b	79.7	a	75.4	a
	20-y	60.3	a	72.2	ab	3.9	a	5.3	a	79.7	a	94.5	a
	4-y	75.2	a	78.2	a	3.3	a	5.3	a	84.3	a	80.4	a
	1-time	62.7	a	69.5	ab	4.3	a	4.4	a	90.0	a	77.5	a
5-20 cm	FS	20.5	b	13.5	b	1.8	ab	1.1	c	47.1	b	57.2	a
	20-y	20.5	b	30.8	a	1.6	ab	2.5	a	45.5	b	54.9	a
	4-y	28.3	ab	15.5	b	1.5	b	2.0	ab	50.4	ab	53.9	a
	1-time	39.1	a	22.4	ab	2.2	a	1.8	b	62.6	a	51.1	a

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos dentro de los tipos de suelos

Letra verde indica diferencias significativas entre tipos de suelos dentro de tratamientos

Green print indicates significant differences between soil types within treatments

Soil Carbon and Nitrogen Dynamics in Fire-Suppressed, Wildfire-Burned, and Prescribed-Burned Chaparral in the Sierra Nevada Foothills

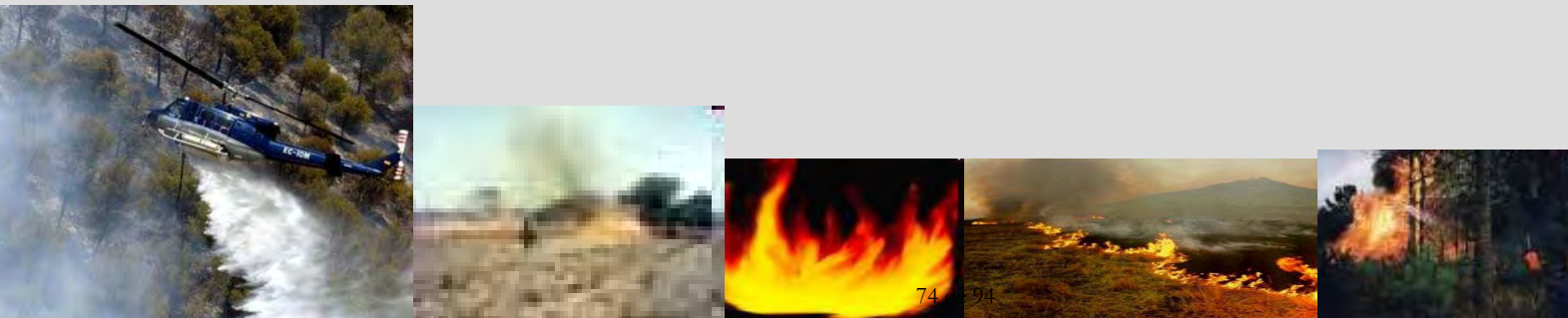
Jay B. Norton¹, William R. Horwath², Urszula Norton² and Timothy Doane²

¹University of California Cooperative Extension, Tuolumne County

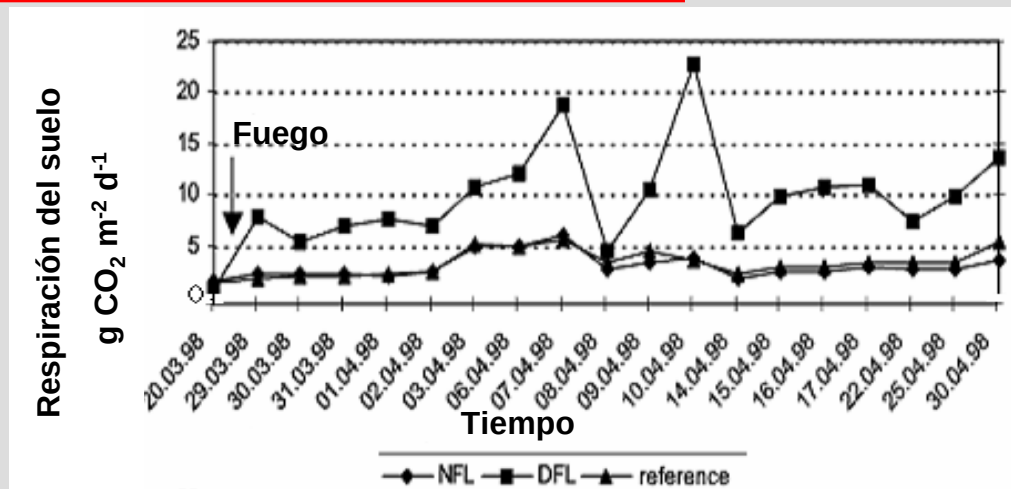
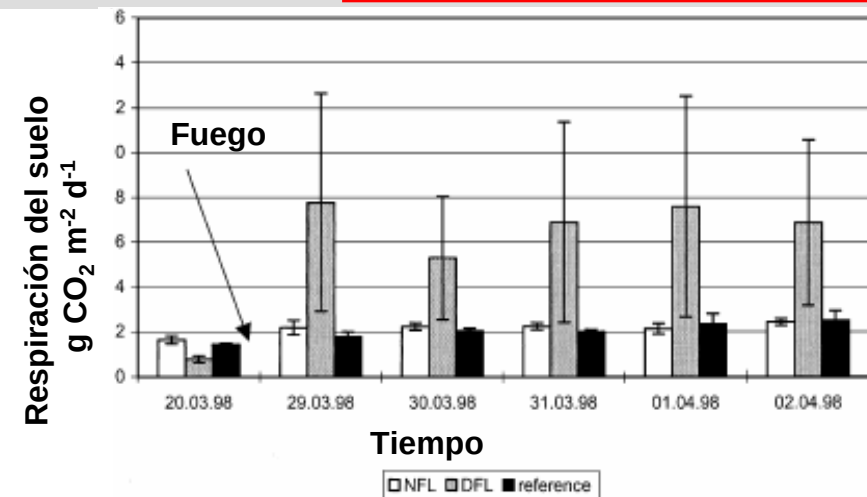
²University of California, Davis, Department of Land, Air, and Water Resources

Efectos en las propiedades biológicas del suelo

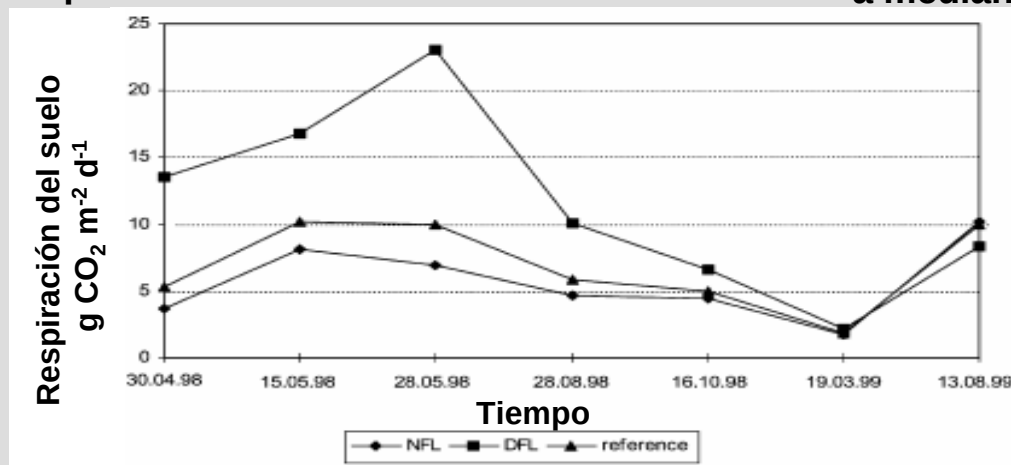
Biota del suelo. Estrategias de la biota en el fuego.



Respiración edáfica a corto, mediano y largo plazo



Corto plazo



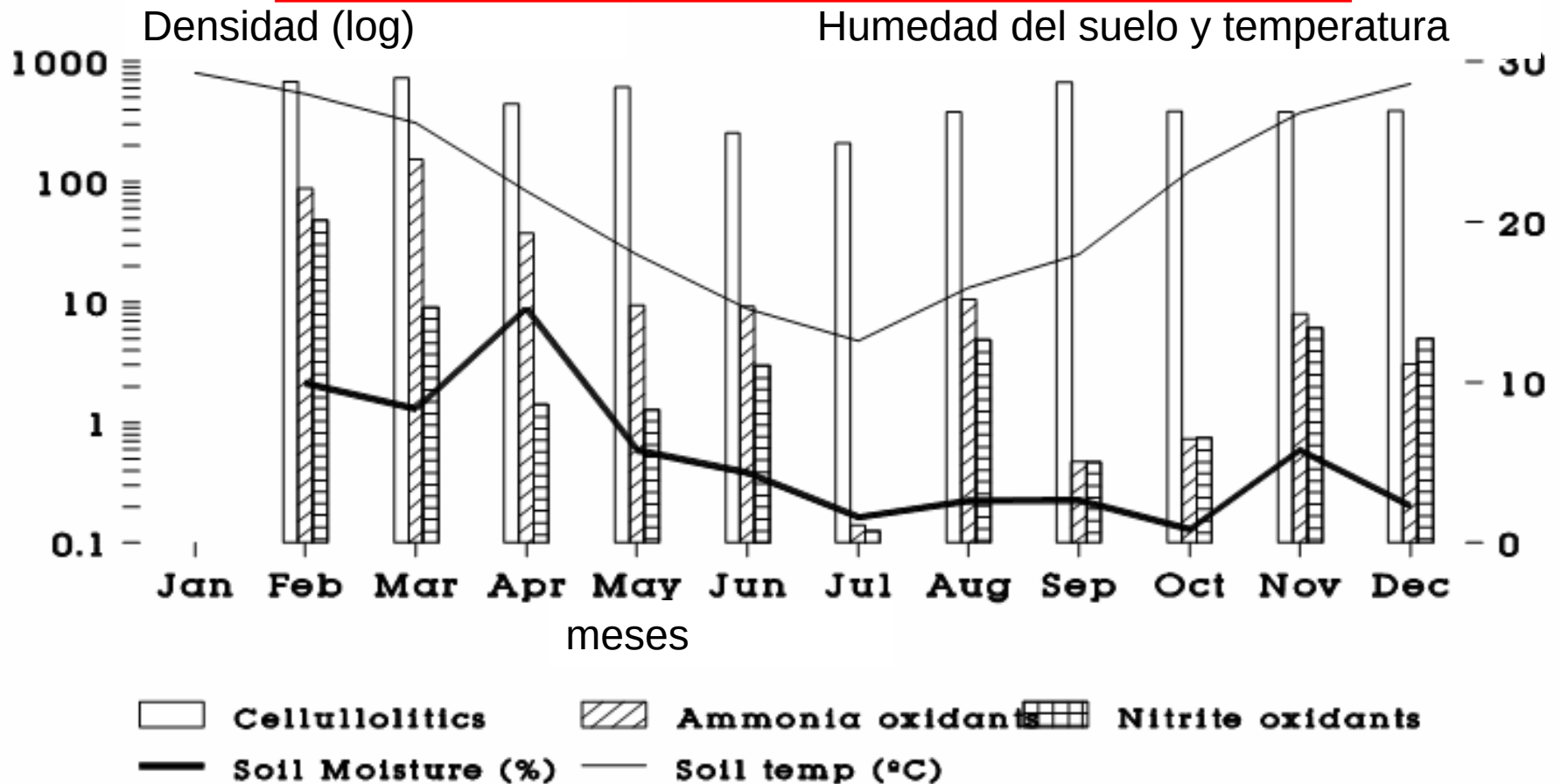
a mediano plazo (1 mes después del fuego)

Características del área de estudio: Veranos húmedos
inviernos secos, ppt 1800 mm, T°
media 11 $^\circ\text{C}$, Bosque de
castaños, pendientes de 30°,
suelos Haplic podsol con
perfiles profundos, COT decrece
gradualmente desde 10% a
0.43% en profundidad, pH 4.3

a largo plazo (6 meses después del fuego)

carga normal de combustible (NFL), carga doble (DFL) y suelo de referencia

Grupos fisiológicos

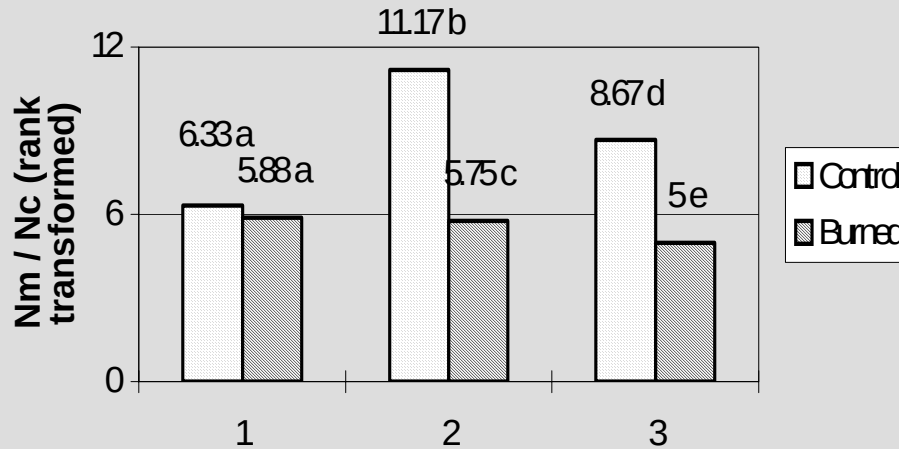


Media mensual de 3 grupos de Mo de suelo en una sabana de *Elyonorus muticus* Región Chaqueña, NW Argentina (1993-1995).

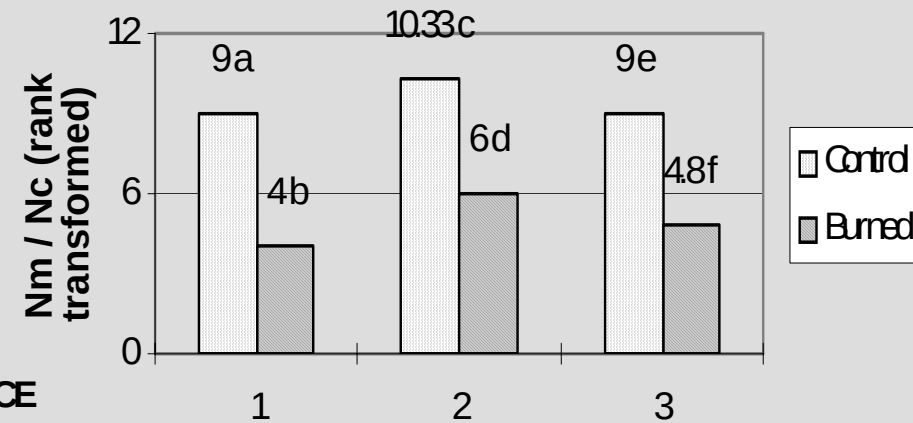
Effects of timing of fire in soil microorganism groups in western Chaco savannas.
Carlos Kunst, Celia González, Ada Albanesi and Elvio Suárez (no publicados)

Grupos fisiológicos en el mediano plazo

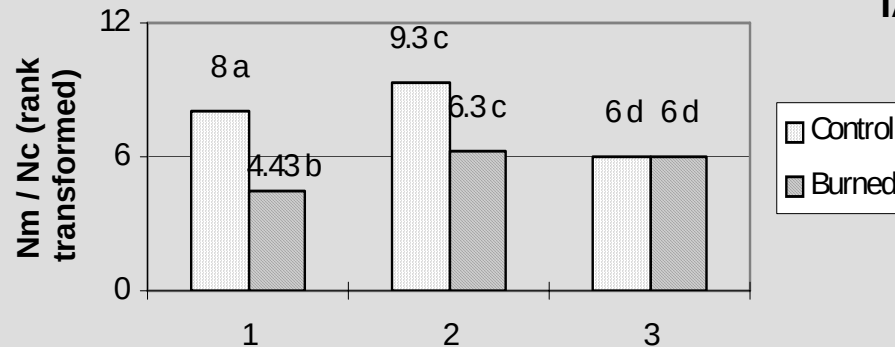
AO



NO



TA

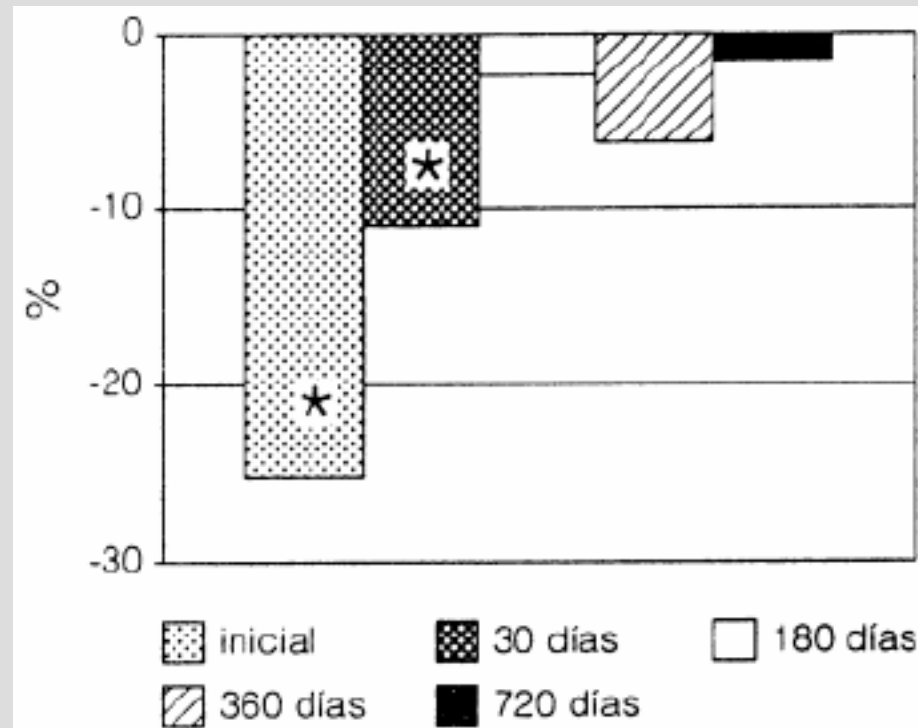


TA

Efecto del fuego después de una estación de crecimiento: células viables (Nt) in áreas quemadas y control (Nc) para oxidantes de amonio (AO), oxidantes de nitrito (NO) and celulolíticos (CE). Medias con la misma letra no tienen diferencias significativas, alpha = 0.10.
TA = Tiempo de aplicación de fuego.

Effects of timing of fire in soil microorganism groups in western Chaco savannas.
Carlos Kunst, Celia González, Ada Albanesi and Elvio Suárez (no publicados)

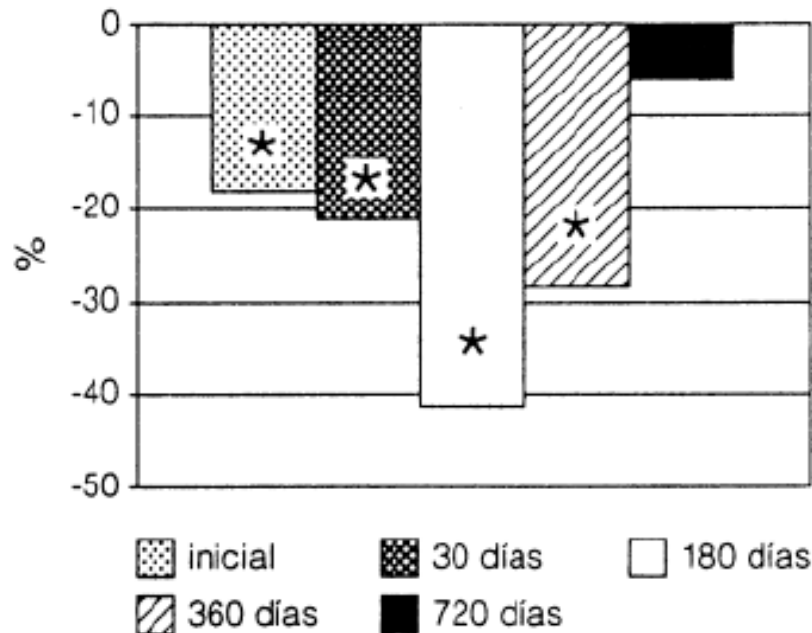
Fijadores de N



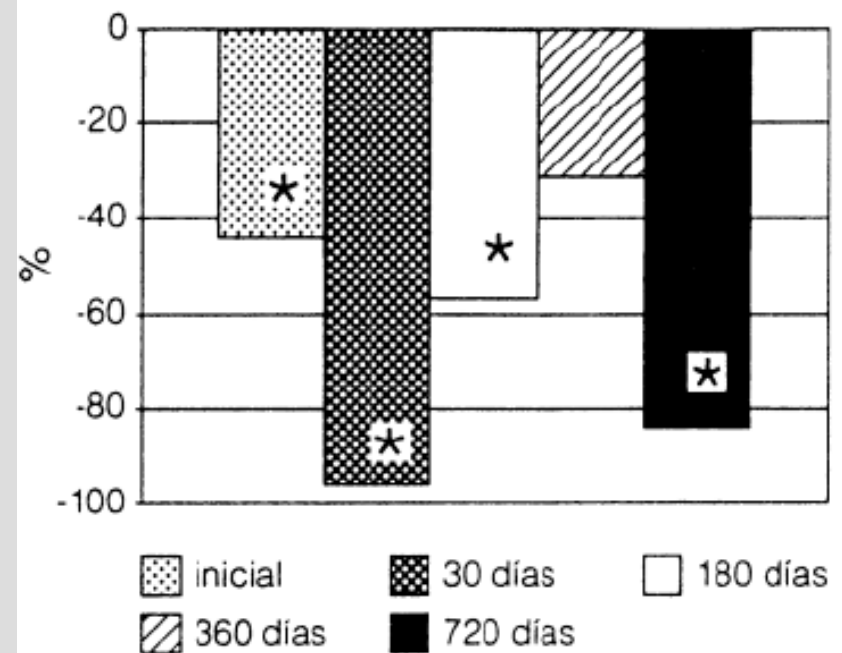
Dinámica de los organismos fijadores de N_2 en suelos quemados. Valores expresados como porcentaje de la diferencia entre el sector no quemado y el quemado (* diferencia significativa $P < 0,05$).

Dinámica de la fertilidad y de las poblaciones microbianas en suelos afectados por incendios en las sierras de Córdoba (Argentina)

Amonificadores y nitrificadores



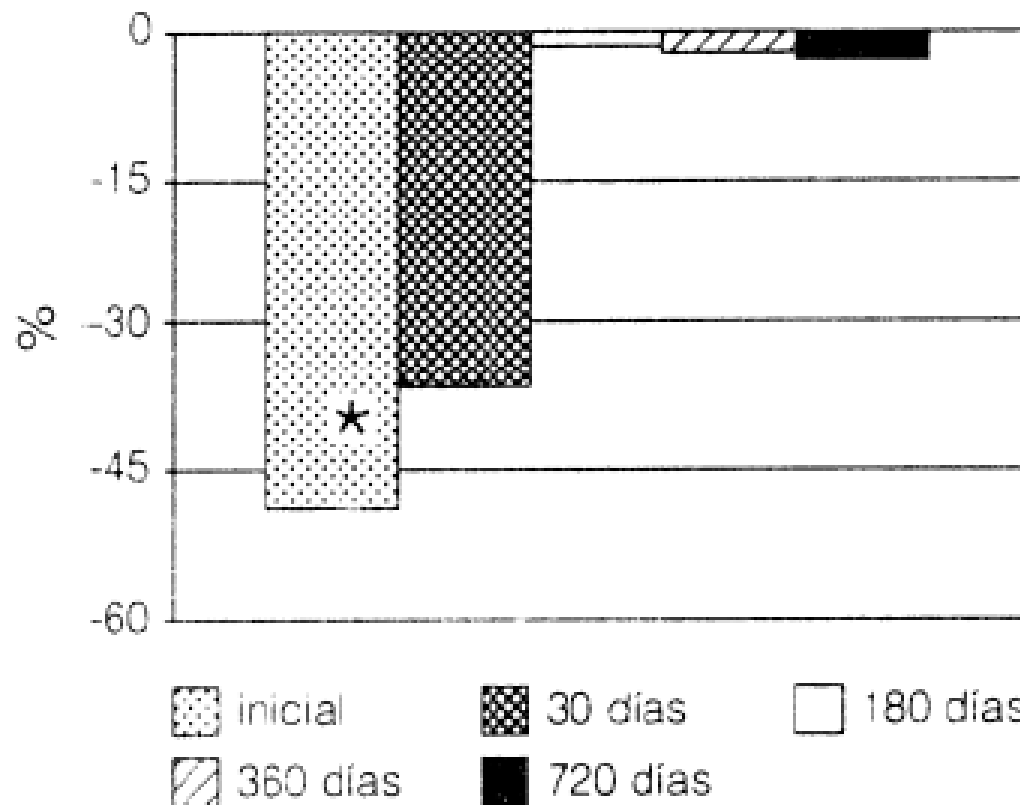
Dinámica de los organismos amonificadores en suelos quemados. Valores expresados como porcentaje de la diferencia entre el sector no quemado y el quemado (* diferencia significativa $P < 0,05$).



Dinámica de los organismos nitrificadores en suelos quemados. Valores expresados como porcentaje de la diferencia entre el sector no quemado y el quemado. (* diferencia significativa $P < 0,05$).

Dinámica de la fertilidad y de las poblaciones microbianas en suelos afectados por incendios en las sierras de Córdoba (Argentina)

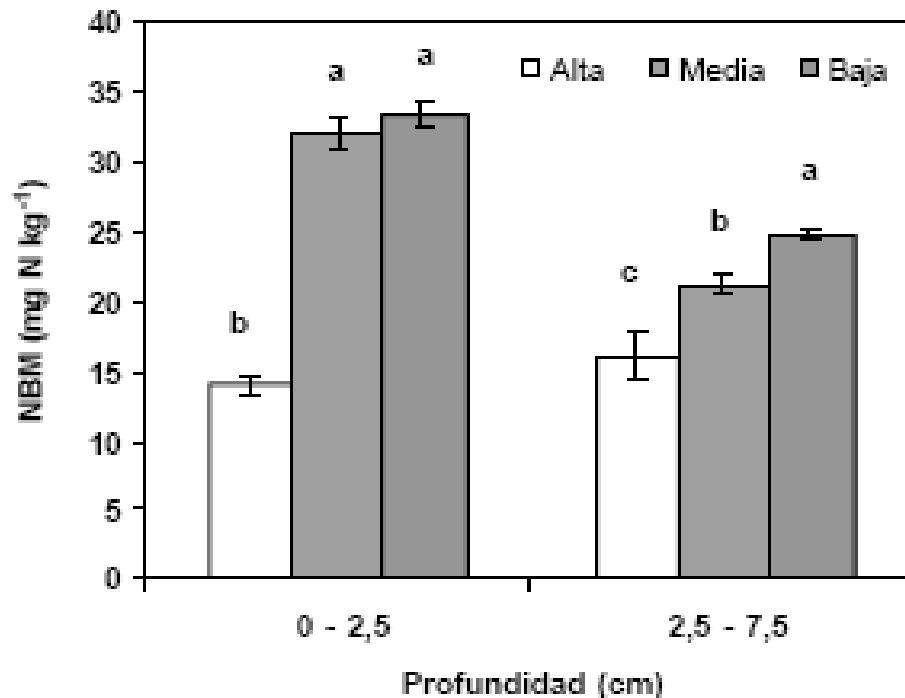
Celulolíticos



Dinámica de los organismos celulolíticos en suelos quemados. Valores expresados como porcentaje de la diferencia entre el sector no quemado y el quemado (* diferencia significativa $P < 0,05$).

Dinámica de la fertilidad y de las poblaciones microbianas en suelos afectados por incendios en las sierras de Córdoba (Argentina)

N de la biomasa microbiana 3 frecuencias 2 profundidades



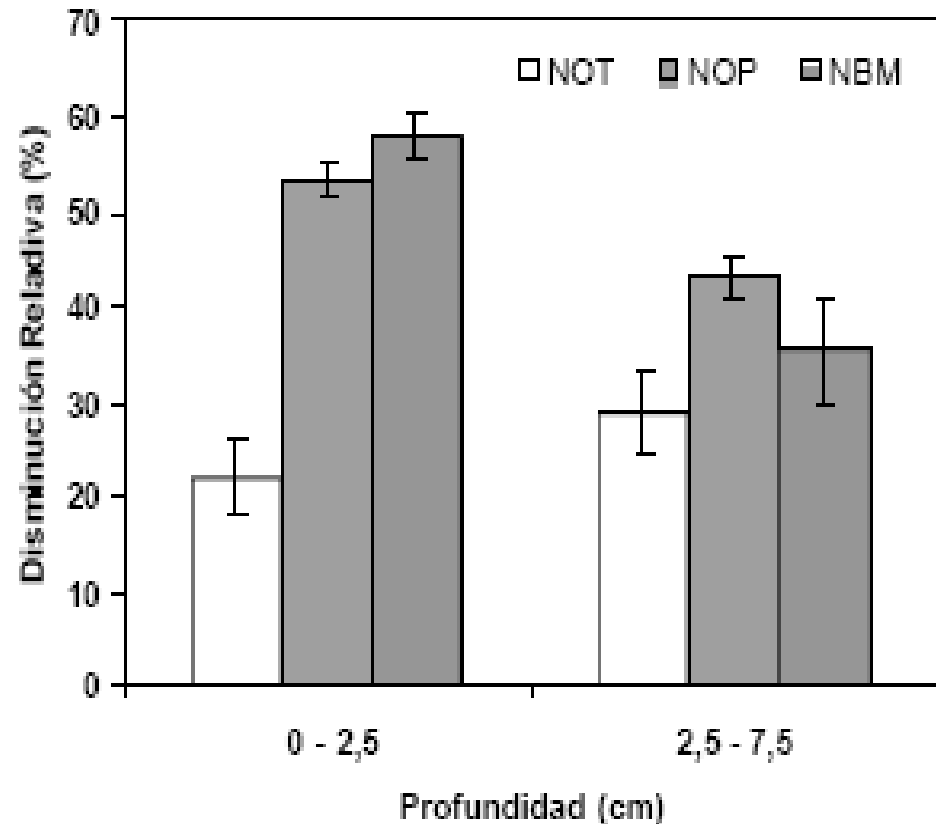
Nitrógeno de la biomasa microbiana (NBM) a dos profundidades del suelo y para tres frecuencias de quemado de la sabana: alta (anual); media (cada 3 ó 4 años); baja (sin quemar por más de 10 años). Columnas acompañadas por letras distintas para cada profundidad, difieren significativamente ($P < 0,05$). Las barras verticales indican desvío estándar.

COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO EN UNA SABANA DEL CHACO SEMIARIDO OCCIDENTAL BAJO DISTINTAS FRECUENCIAS DE FUEGO

CC GONZALEZ¹, GA STUDDERT², C KUNST³, A ALBANES⁴

Ciencia del Suelo 19 (2) 2001

NOT, NOP y N-BM



Disminución de los contenidos de nitrógeno orgánico total (NOT), nitrógeno orgánico en la fracción particulada (NOP), nitrógeno de la biomasa microbiana (NBM) en el suelo bajo alta frecuencia de quemado de la sabana (anual) relativa a los contenidos observados con baja frecuencia de quemado de la sabana (sin quemar por más de 10 años). Las barras verticales indican desvío estándar.

COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO EN UNA SABANA DEL CHACO SEMIARIDO OCCIDENTAL BAJO DISTINTAS FRECUENCIAS DE FUEGO

CC GONZALEZ¹, GA STUDDERT², C KUNST³, A ALBANES⁴

Ciencia del Suelo 19 (2) 2001

Poblaciones microbianas en los sitios quemado y no quemado durante un período de dos años. Q: sitio quemado; NQ: sitio no quemado. La flechas indican diferencias significativas entre sitio quemado y no quemado ($P < 0,05$)

Tratamiento		Inicial	30 días	180 días	360 días	720 días
Fijadores (log g ⁻¹)	Q	8,2	8,7	9,8	10,1	8,7
	N-Q	11,0	9,9	9,6	10,7	8,6
Amonificadores (log g ⁻¹)	Q	8,5	8,4	6,2	7,6	8,1
	N-Q	10,4	10,7	10,8	10,8	8,6
Celulolíticos (log g ⁻¹)	Q	2,3	3,2	5,8	4,5	4,4
	N-Q	4,6	5,1	5,9	4,6	4,6
Nitrificadores (log g ⁻¹)	Q	1,6	0,1	1,2	2,1	1,3
	N-Q	2,8	2,5	2,9	3,0	2,4
Respiración (mg CO ₂ g ⁻¹)	Q	0,520	0,501	0,561	0,602	0,770
	N-Q	0,670	0,602	0,643	0,598	0,823

Dinámica de la fertilidad y de las poblaciones microbianas en suelos afectados por incendios en las sierras de Córdoba (Argentina)

RE, C-CO₂/COT, C/N

Tabla 1. Respiración edáfica (C-CO₂), relaciones C-CO₂/carbono orgánico total (COT), relación carbono/nitrógeno (C/N) del suelo obtenidos a dos profundidades del suelo y para tres frecuencias de quemado de la sabana: alta (anual); media (cada 3 ó 4 años); baja (sin quemar por más de 10 años). Los valores seguidos por la misma letra para cada profundidad, no difieren significativamente (P>0,05).

Frecuencia De Fuego	C-CO ₂		C-CO ₂ /COT		C/N	
			Profundidad (cm)			
	0 - 2,5	2,5 - 7,5	0 - 2,5	2,5 - 7,5	0 - 2,5	2,5 - 7,5
	----- mg kg ⁻¹ -----					
Alta	253,5 a	148,2 a	18,87	13,59	9,33	10,68
Media	252,3 a	122,4 a	13,24	7,65	10,10	12,22
Baja	261,6 a	98,28 a	13,20	6,14	10,73	11,27

COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO EN UNA SABANA DEL CHACO SEMIARIDO OCCIDENTAL BAJO DISTINTAS FRECUENCIAS DE FUEGO

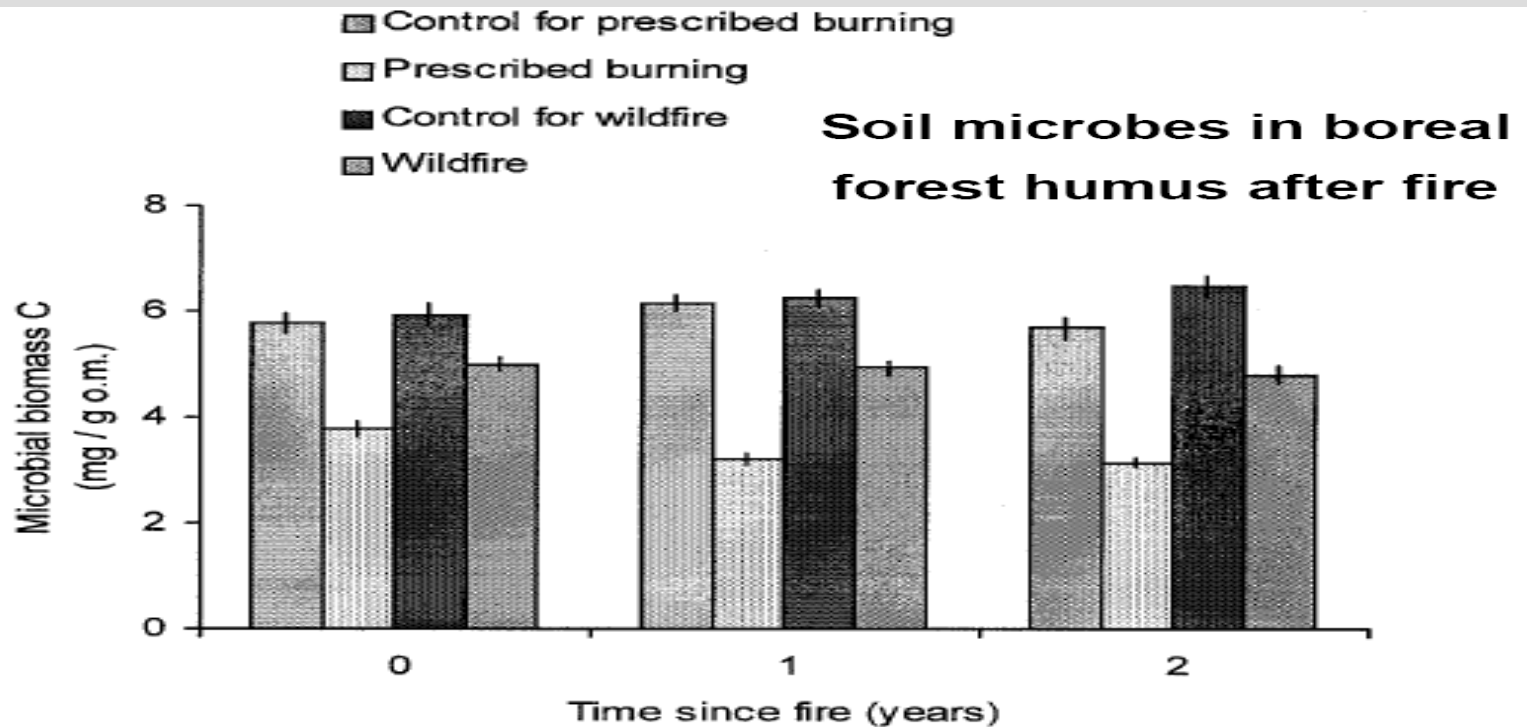


Fig. 1. Microbial biomass carbon measured by fumigation-extraction method and expressed per amount of humus organic matter as annual mean values of the prescribed burned, wildfire simulation and their control sites during two years after the fire. Error bars represent the standard error of the mean.

Janna Pietikäinen 1999. Soil microbes in boreal forest humus after fire. Finnish Forest Research Institute. Research Papers 750. 50 + 78 pp. ISBN 951-40-1702-1 ISSN 0358-4283 (printed version) ISBN 951-45-8720-0 (PDF version)

Respuesta de la biota del suelo depende

- Intensidad de fuego o tipo de fuego
- frecuencia de fuegos
- Frecuencia de muestreos (efecto temporario)
- Tipo de ecosistema y tipo de suelo
- Método microbiológico

¿Hiperdiversidad?

más de 10^3 a 10^4 especies g^{-1} de suelo

Modelos de diversidad en el suelo

Equilibrio

- Tolerancia
- Coexistencia
- Triunfan los “esteno”,
los especializados, los k

No Equilibrio

- Variación temporal de
sustratos
- Exclusión competitiva

¿Hiperdiversidad?

Existe hiperdiversidad en el suelo y redundancia de funciones

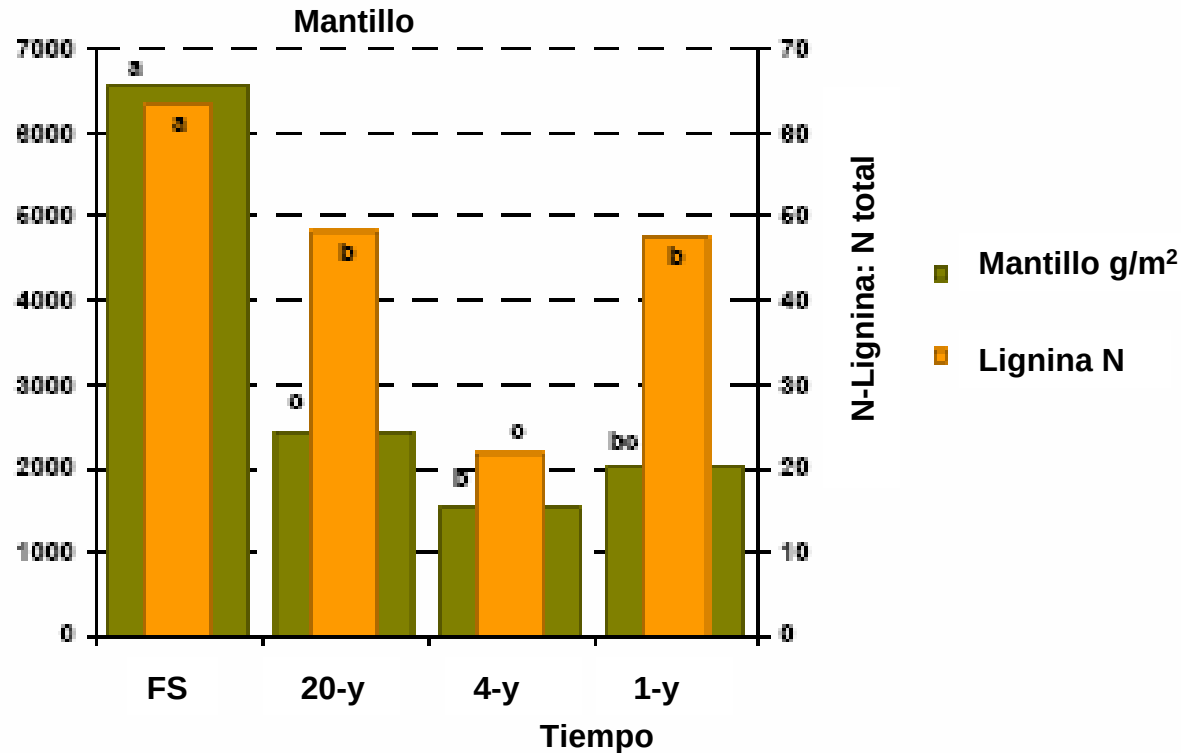
Diversidad interactiva es antagónica con el concepto de superorganismo

Si se disminuye la resiliencia hay menor diversidad y disminuyen las funciones

A mayor diversidad catabólica, mayor resistencia a estrés

***Efectos en la necromasa (superficial) y la
consecuencia en el suelo***

Factores. Tipo y tamaño de necromasa,
etc.



Masa y calidad del mantillo. Letras diferentes indican diferencias significativas (n=6)

El fuego en el chaparral reduce la cantidad y mejora la calidad de los residuos orgánicos superficiales. Mantillo fuertemente recalcitrante en FS en la fijación de C y N en formas y lugares no accesibles para los microorganismos y plantas. El mantillo en 4-y es derivado de la deposición de gramíneas anuales senescentes fácilmente descomponibles

Efecto de la cantidad de combustible quemado en la temperatura del suelo

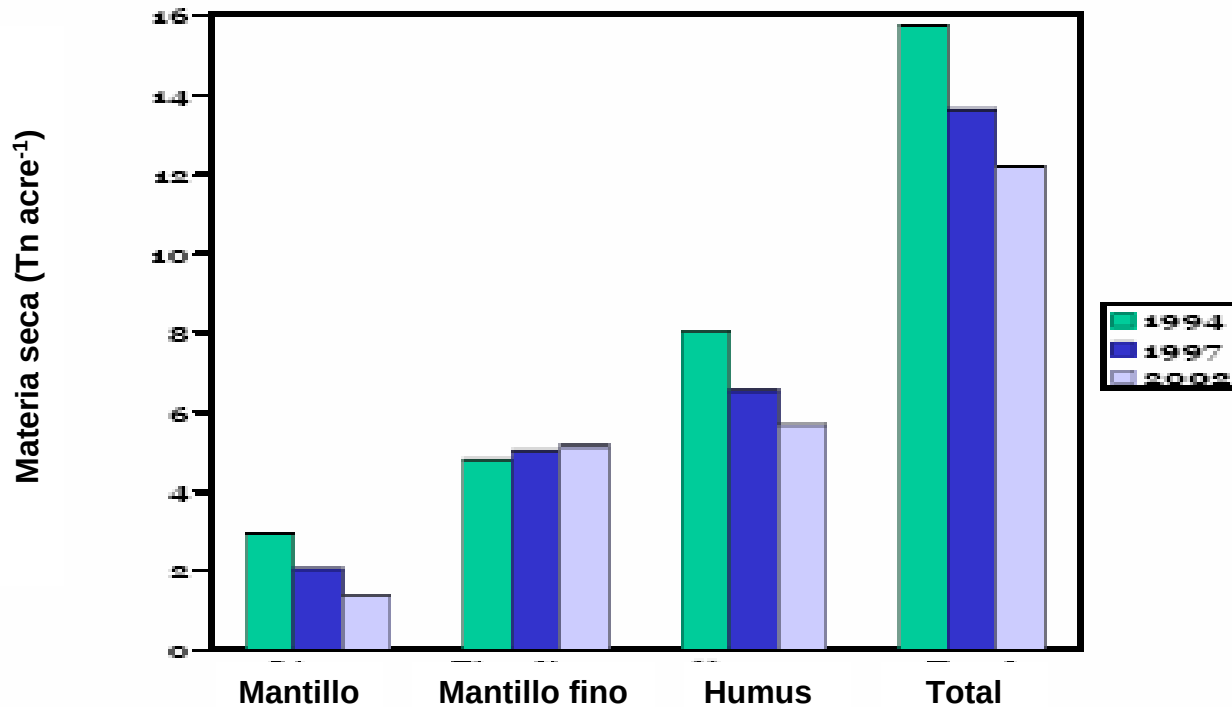
Capa	Profundidad (cm)	Carga doble de combustible		Carga normal de combustible		diferencia <i>p</i>
		n	Max T(°C)	n	Max T(°C)	
Mantillo	+10	7	487.3 ± 152.2	8	335.0 ± 90.6	0.032
Suelo superficial	-2.5	4	26.6 ± 7.2	4	24.2 ± 7.9	n.s.
Suelo	-5	4	23.2 ± 7.9	4	17.5 ± 3.5	n.s.

Temperaturas máximas registradas con carga normal de combustible (NC), 1,15 kg m⁻² y con doble carga (DC) 2,3 kg m⁻²

Wüthrich et al. 2002

Características del área de estudio: Veranos húmedos inviernos secos, ppt 1800 mm, T° media 11 °C, Bosque de castaños, pendientes de 30°, suelos Haplic podsol con perfiles profundos, COT decrece gradualmente desde 10% a 0.43% en profundidad, pH 4.3

Cambio en la Materia seca del mantillo, mantillo fino y capa de humus



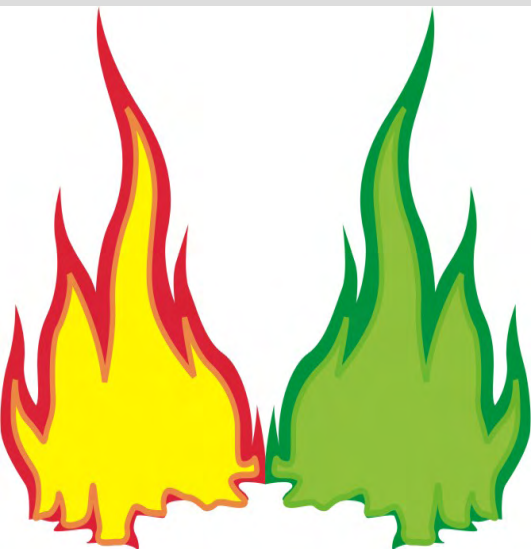
Dinámicas del crecimiento de los niveles de combustible

En 1994 los datos fueron tomados antes de la restauración

En 1997 después de dos fuegos prescritos y una remoción del combustible leñoso. El peso seco de la capa superficial de mantillo disminuyó cerca de 23 % ya que al comienzo de la restauración el mayor porcentaje de pérdida ocurrió en la capa de mantillo, 53%. Hubo cerca de 4 Tn/acre de combustible aéreo antes de la reintroducción del fuego en 1995.

Efectos ecológicos

- ☐ Los efectos del fuego varían dependiendo de la intensidad del fuego, del tipo de combustible, suelos, topografía y tiempo de residencia. Los efectos más observados o medidos en el suelo son:
- ☐ La tasa de oxidación y descomposición se acelera. Hojas y otros mantillos orgánicos se descomponen más rápidamente. Nutrientes y minerales se liberan por ello mejora el crecimiento de las plantas.
- ☐ La concentración y movilidad del potasio, calcio y magnesio se incrementa; la transferencia a corto plazo de fósforo, potasio, calcio, magnesio y nitrógeno ocurren desde el mantillo.
- ☐ Los incrementos de la temperatura del suelo después del fuego mejoran la nitrificación de restos orgánicos (sin embargo el fuego también volatiliza nitrógeno)
- ☐ Las bacterias del suelo y poblaciones de insectos disminuye inmediatamente después del fuego pero pueden incrementar 3-10 veces en un mes.
- ☐ Los factores mencionados cuando se combinan con humedad del suelo mejoran la fertilidad y el crecimiento de las plantas
- ☐ Leves elevaciones en el pH pueden ocurrir dos años luego de la quema. Esto puede influir en el tipo de planta que crecerá en el área



TECNOLOGÍA, ECOLOGÍA Y
GESTIÓN DE FUEGOS EN
AGROECOSISTEMAS



Gracias

Ing. Agr. M. Sc. Ada Albanesi (UNSE, Argentina)

Ing. Agr. M. Sc. Analía Anriquez (UNSE, Argentina)

