

# MATERIA ORGANICA EDAFICA, RESIDUOS ORGANICOS y MEDIO AMBIENTAL



UNIREMINGTON  
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REMINGTON  
REG. TM 194.820/2011 DE 1996

Mundo Organizacional  
Grupo de Investigación Innovación

Ciin  
INVESTIGACIÓN INNOVACIÓN

RED DE INVESTIGACIÓN  
VIDOCQ

CIDE

CET-BOLIVIA

## VI CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS

# agropecuarias

26, 27 y 28  
DE OCTUBRE 2020

Juan Fernando GALLARDO LANCHO  
<[juanf.gallardo@gmail.com](mailto:juanf.gallardo@gmail.com)>

VI CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE INNOVACIONES  
TECNOLÓGICAS  
agropecuarias

# MATERIA ORGANICA EDAFICA, RESIDUOS ORGANICOS y MEDIO AMBIENTAL

**DR. JUAN FERNANDO GALLARDO LANCHO – ESPAÑA**

**CONFERENCIA: MATERIA ORGANICA EDAFICA Y RESIDUOS ORGANICOS EN EL MEDIO AMBIENTAL**



- Licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad de Salamanca (1969).
- Dr. en Ciencias por la Universidad de Salamanca (1972).
- Diploma de Estudios Profundos en 'Pédologie' por la Universidad de Nancy I (Francia).
- Director de 18 Tesis Doctorales (realizadas).
- Director de 12 Trabajos de Licenciatura (realizados), más 10 trabajos de Fin de Carrera.
- Becario predoctoral del Ministerio de Educación y Ciencia español (1969-72), postdoctoral del C.S.I.C. en Francia (1973-74), "Fulbright" de Estados Unidos de Norteamérica (1976), y Royal Society of London de Gran Bretaña (1980 y 1991); ayudas del I.N.I.C. de Portugal (1988 y 1989), Instituciones Suecas (1989), CONICET y U.B.A. de Argentina (1989, 1994, 1996, 2004), Academia de Ciencias de Polonia (1990, 1996, 2001) y Academia Eslovaca de las Ciencias (2002). Acciones concertadas con el C.N.R.S. francés, el C.N.R. Italiano (1991-92), CONICET argentina/M.A.E. español (1986-87); de la S.R.E. de México (2000, 2002, 2005, 2007, 2011, 2013, 2014 y 2015); y de la SENESCYT ecuatoriana (Programa PROMETEO, 2012 y 2014).
- Fue Profesor Universidad de Salamanca (1970-78).
- Fue Vicedirector del I.E.T./C.S.I.C. de Salamanca (1991).
- Fue Colaborador Científico del C.S.I.C. (1975-1990).
- Fue vocal del Consejo Social de la Universidad de Salamanca (1986-90).
- Fue Presidente de la Sección de Biología del Suelo de la S.E.C.S. (1986-93).
- Fue Presidente de la Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental (2005-11).
- Actualmente es Secretario Ejecutivo de la S.I.F.yQ.A. (2011-).
- Autor de más de 300 artículos científicos, publicados en revistas españolas e internacionales que versan sobre génesis de suelos, materia orgánica de suelos (humus), Biogeoquímica ambiental, ciclos de bioelementos, Ecología forestal y Captura de carbono.
- Revisor de revistas científicas nacionales e internacionales (grupos Elsevier, Springer y Wiley); pertenece al Comité editor de varias revistas internacionales.
- Le han sido reconocido y otorgados 7 quinquenios y 7 sexenios de Investigación.

**EXPOSITORES**

**VI CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS AGROPECUARIAS**

**VI CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE INNOVACIONES  
TECNOLÓGICAS  
agropecuarias**

# Funcionamiento del sistema terrestre

La Tierra funciona tal y como la conocemos (permitiendo tanto vida autótrofa como heterótrofa) por dos fenómenos que coinciden en ella:

1.- El conocido y denigrado efecto invernadero; permite la existencia de una temperatura razonable sobre la superficie terrestre, limitando a su vez la llegada de radiaciones negativas; está liderado por el vapor de agua, seguido por el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

2.- La existencia de una energía potencial estabilizada (paradójicamente en el entorno de una atmósfera oxidante) que permite la entidad del subsistema llamado **SUELO**.

Esa energía potencial estabilizada es comúnmente conocida como materia orgánica del suelo (M.O.S.); por su coloración oscura también se le denomina '*humus*'.

# El Efecto Invernadero Terrestre y Gases con efecto invernadero (G.E.I.)



G.E.I.:

$H_2O$

$CO_2$

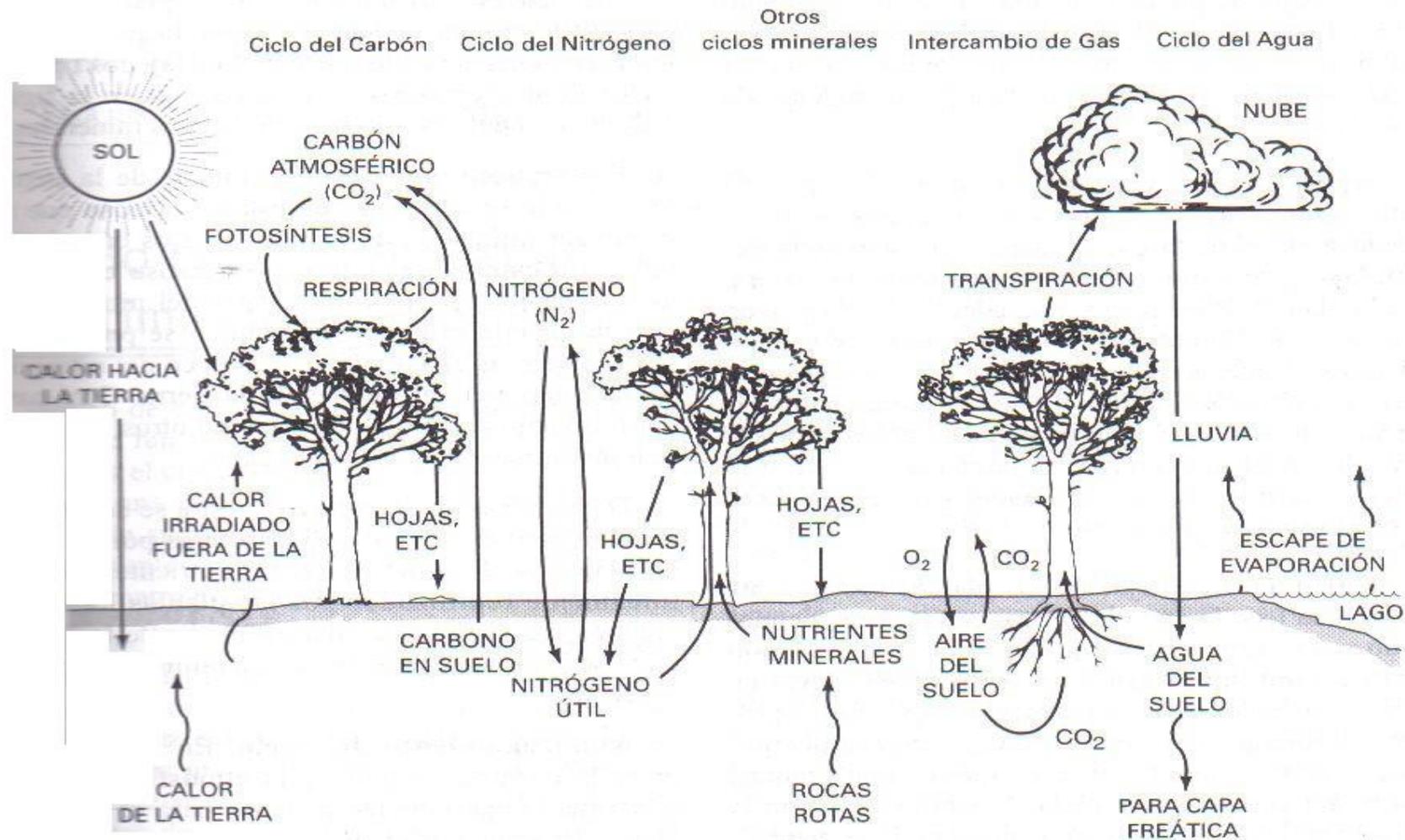
$CH_4$

$NO_x$

CFC

$O_3$

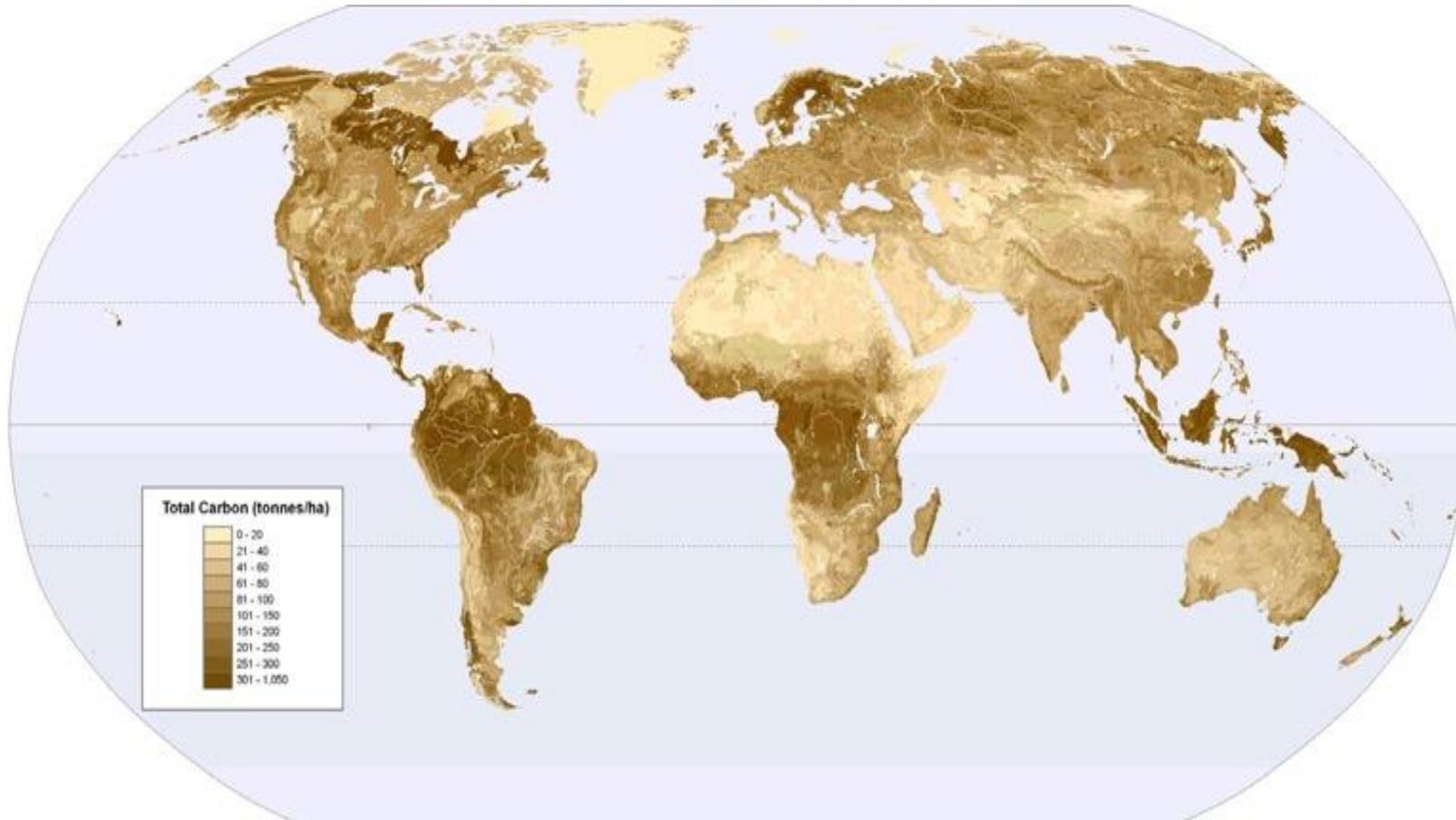
# Los ciclos en la Naturaleza



Ciclos e intercambios entre la atmósfera, corteza y suelo. El suelo almacena de forma temporal los recursos necesarios para el crecimiento de la planta.

# Contenido de C en la Biosfera

EL CARBONO EN LA TIERRA



**IV CONGRESO INTERNACIONAL DE  
INGENIERÍA AMBIENTAL FORESTAL Y ECOTURISMO**

¿Qué es el Suelo?



**a** VI CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE INNOVACIONES  
TECNOLÓGICAS  
gropecuarias

# ¿Qué es un Suelo?: La piel de La Tierra

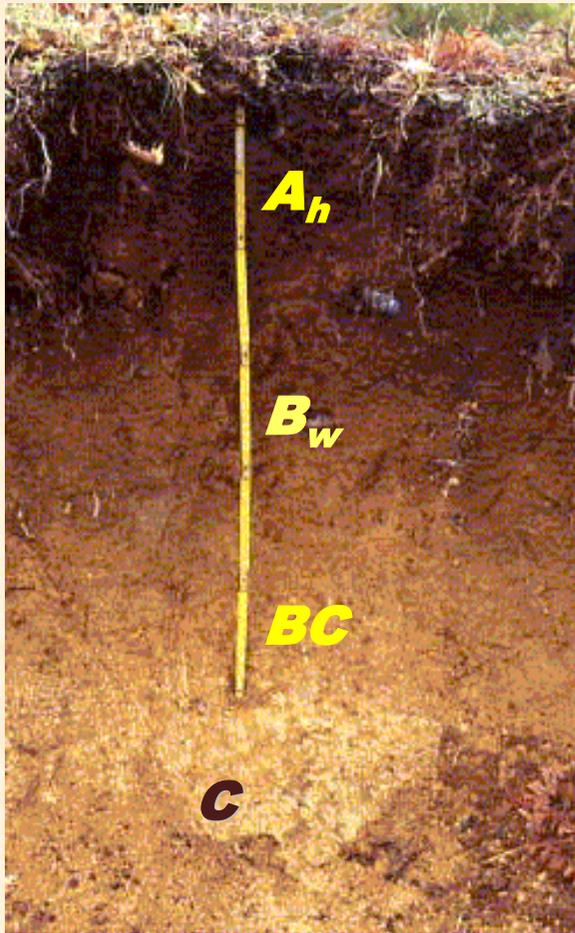
## Los suelos...

son la capa superficial que cubre la corteza terrestre.



# Subsistema Suelo y Perfil Edáfico

## Perfil del Suelo



**Umbrisol cámbico**

El SUELO es un cuerpo natural, dinámico y complejo, que no se puede caracterizar por un simple análisis superficial; a un corte vertical del mismo se le llama *PERFIL*.

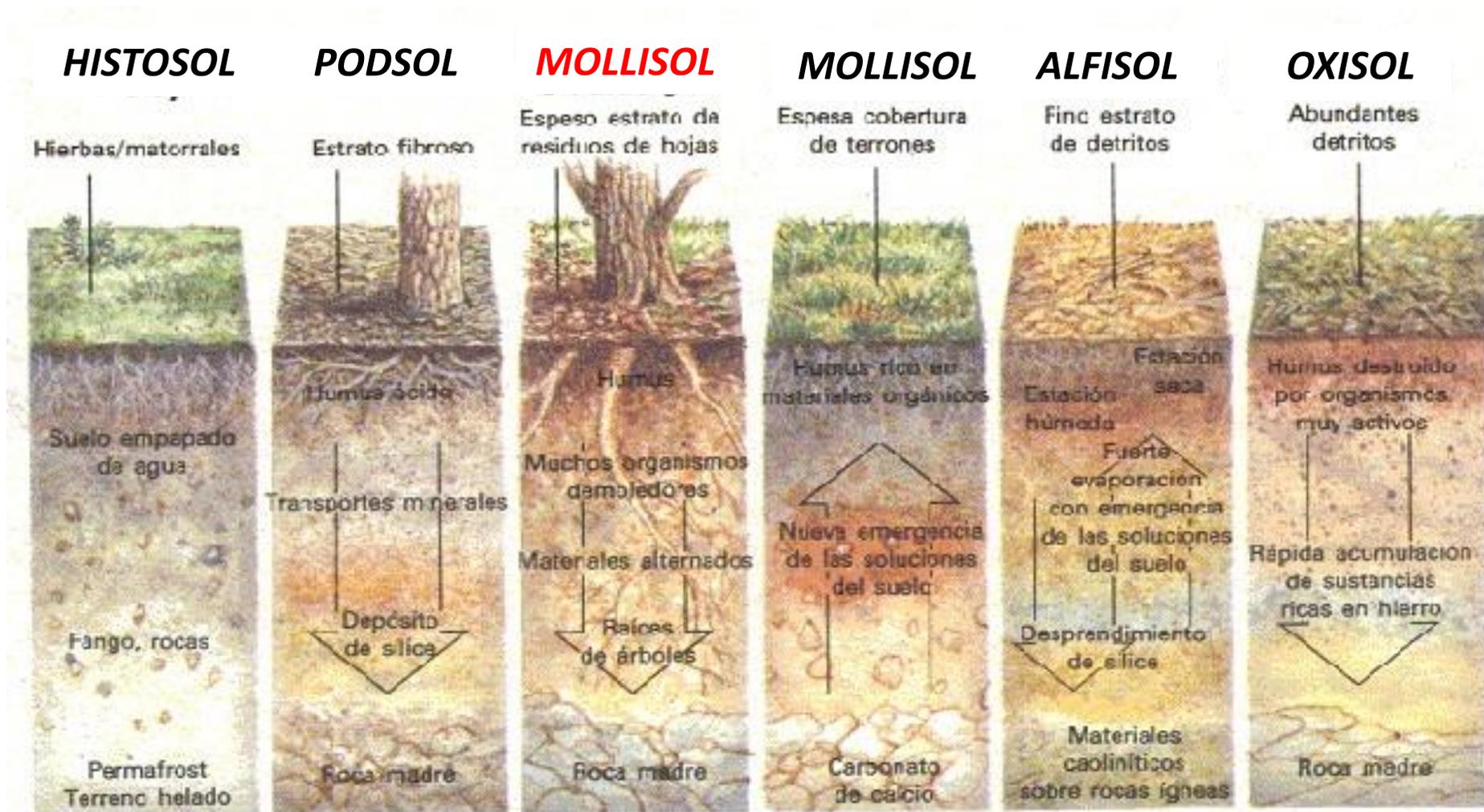
El perfil de un suelo está compuesto por *HORIZONTES* y su profundidad la marca el límite de la vida (horizonte C).

En todo caso hay que considerarlo como un **subsistema** y, por la lentitud de su formación, como un recurso **no renovable**.

# Génesis, Evolución y Sucesión de Sistemas (y Suelos)



# Suelos zonales (Clasificación U.S.D.A.)



POLOS

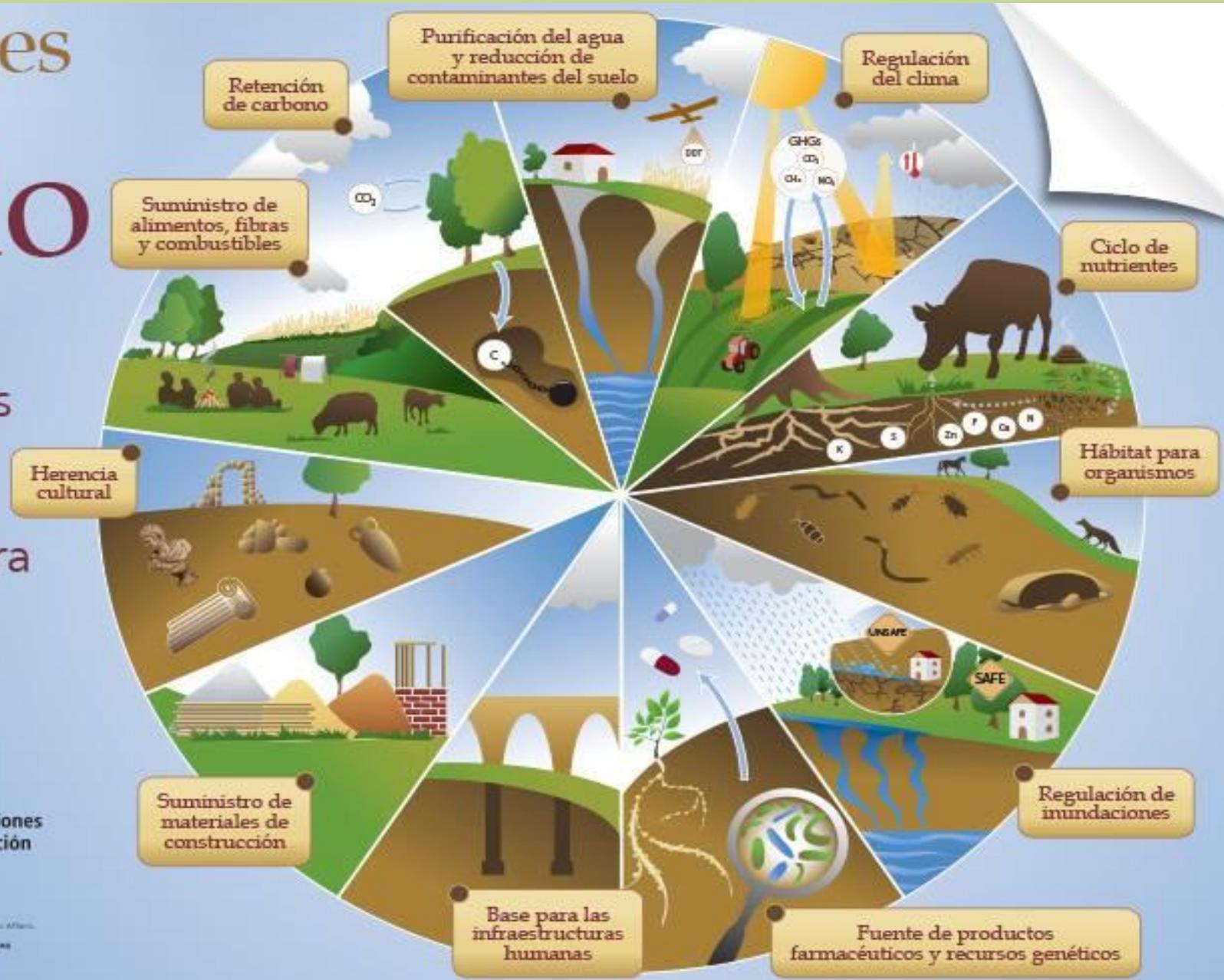


ECUADOR

# FUNCIONES DEL SUELO: SERVICIOS ECOSISTEMICOS

## Funciones del Suelo

Los suelos aportan servicios ecosistémicos que permiten la vida en la Tierra



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Con el apoyo de

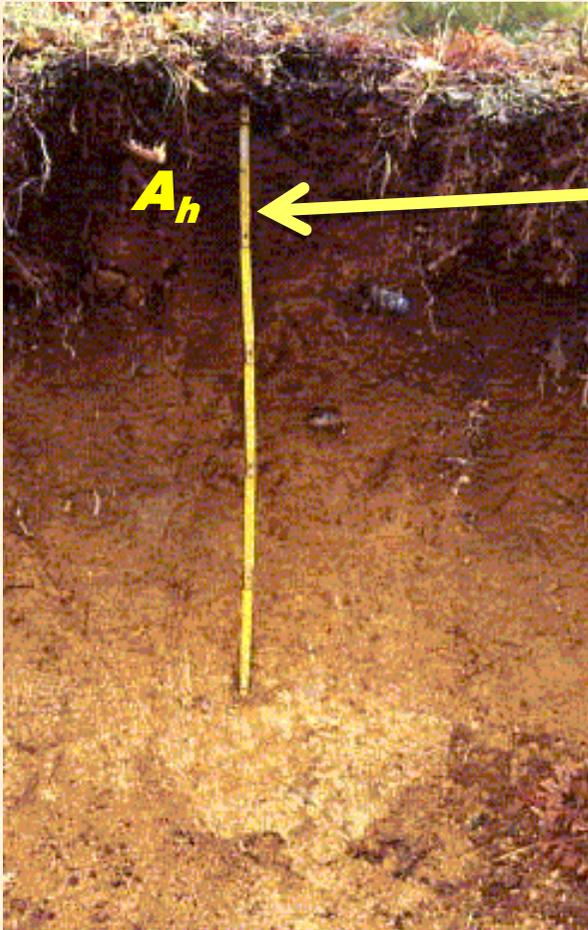


Schweizer Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Federal Department of Economic Affairs  
Economic and Research 1015  
Federal Office for Agriculture FOAG

# La Materia Orgánica del Suelo (MOS) como subcompartmento edáfico

## Perfil de Suelo



*Umbrisol cámbico*

En la parte superior del suelo, de manera más o menos evidente, se concentra la llamada **materia orgánica del suelo (MOS)** que califica este ente natural y como sistema productivo.

El suelo es, por tanto, consecuencia de la presencia de **MOS**; pero dado que esta **energía potencial** es la que permite la vida heterótrofa microbiana, se dice que un suelo es tal ente cuando mantiene vida; en caso contrario se dice que es un sedimento.

Por tanto, el compartimento más activo e importante del **subsistema suelo** es, precisamente, el compartimento orgánico edáfico (la MOS).

# La Materia Orgánica Edáfica como subcompartimento

Tradicionalmente la MOS se ha considerado un elemento de producción, por lo que se han incentivado tradicionalmente los flujos, esto es, su mineralización (agricultura), ocasionando caídas en los contenidos de MOS (hasta el Siglo XX).

Debido a la preocupación actual sobre la conservación de la biodiversidad y los intentos de mitigación del supuesto calentamiento global, la tendencia es mantener, si no incrementar, los niveles de MOS, lo cual limita la producción, pero permite un incremento del compartimento edáfico, con disminución paralela del CO<sub>2</sub> atmosférico (captura de C).

En el primer caso el suelo funciona como elemento productor; en el segundo el suelo como depurador ambiental; de ahí la dificultad de los acuerdos entre los países en vía de desarrollo y los desarrollados.

# Los Sistemas: ¿Sumideros o emisores?

a

Sumidero de C

Emisor de C

Respiración vegetal

Fotosíntesis

Respiración vegetal

Fotosíntesis

Tota respi

Respiración del suelo

Respiración del suelo

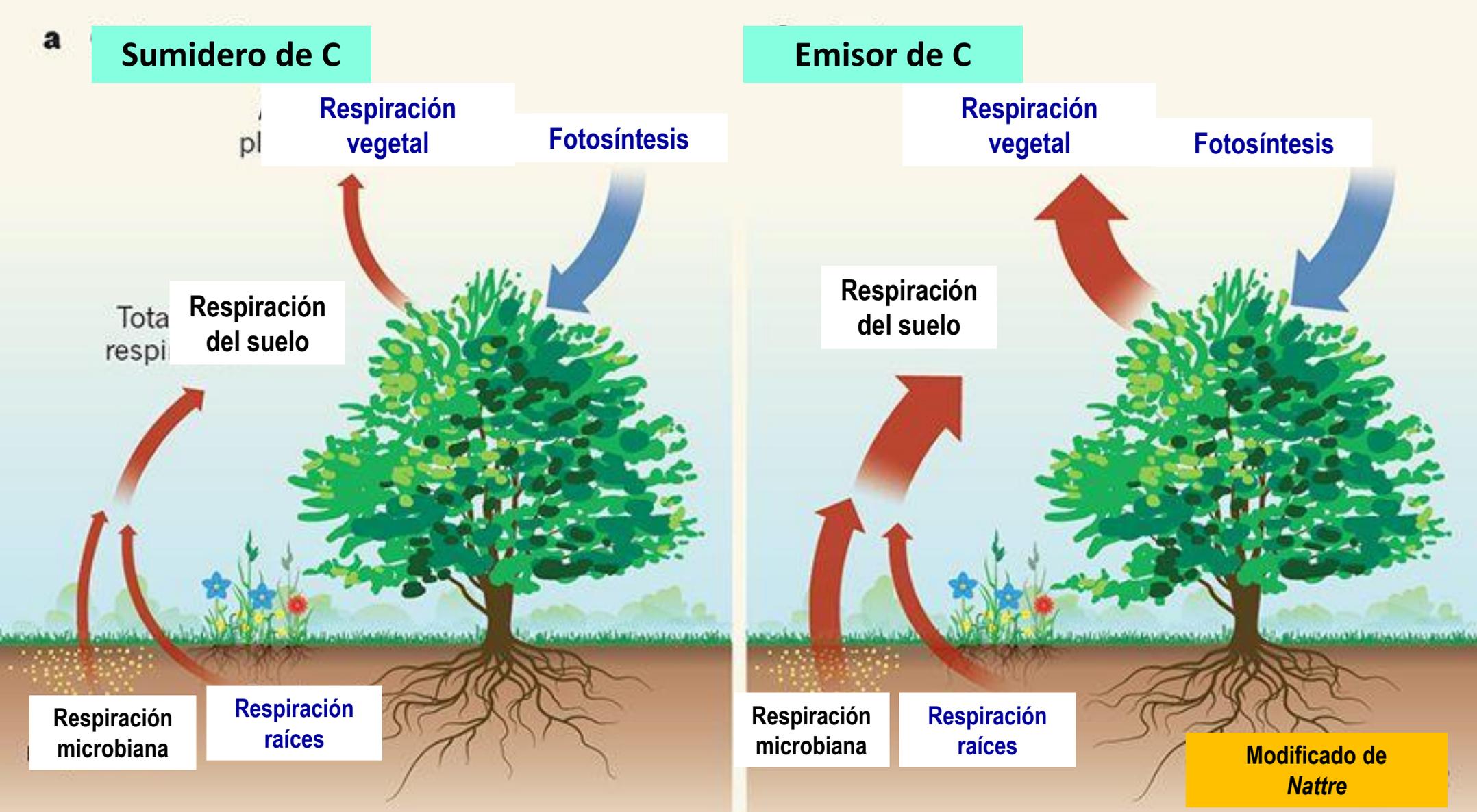
Respiración microbiana

Respiración raíces

Respiración microbiana

Respiración raíces

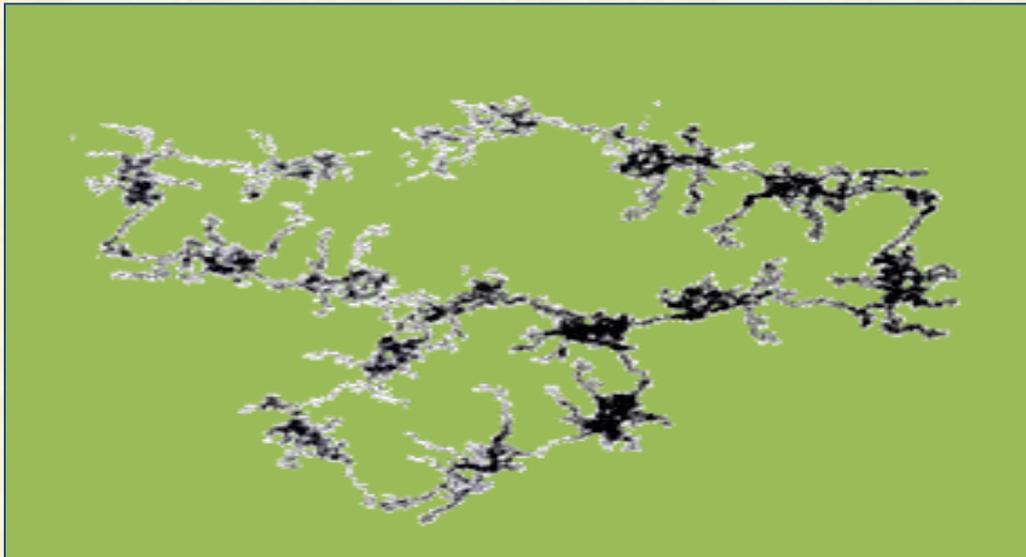
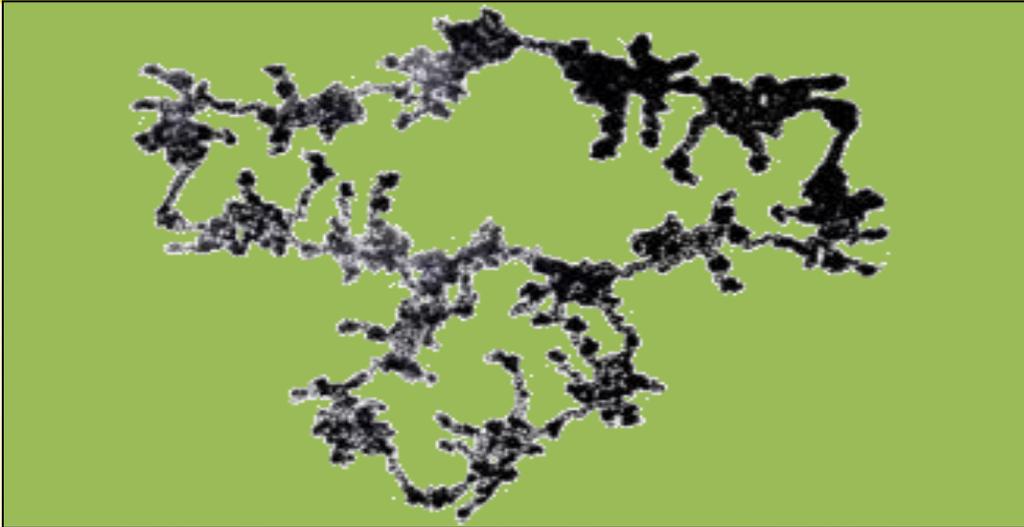
Modificado de Nattre



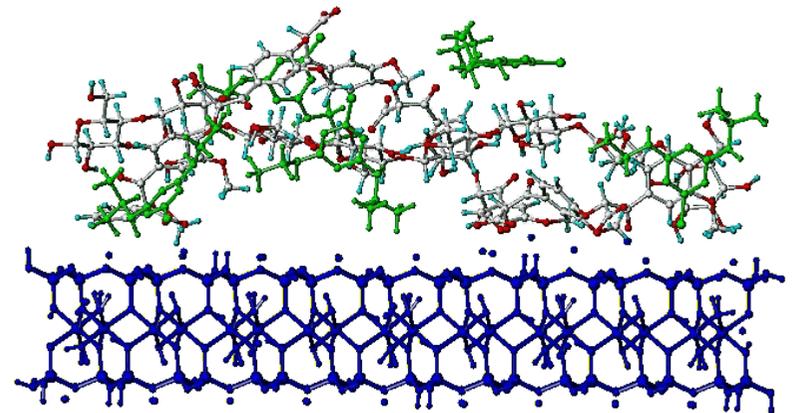
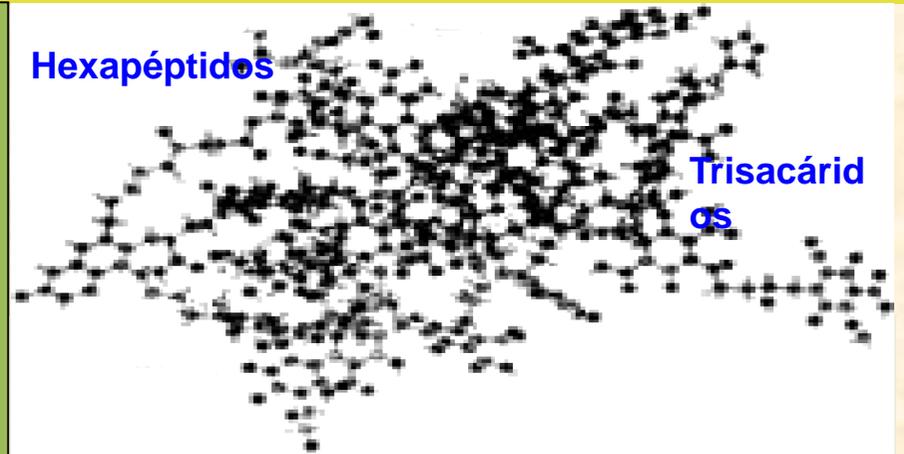
# ¿Qué es la Materia Orgánica del Suelo?



# LA M.O.S. es un Componente Edáfico



•Micela equivalente a 11.370 átomos, con una masa de 84.600 g/mol. Nótese los grupos reactivos fisicoquímicamente.

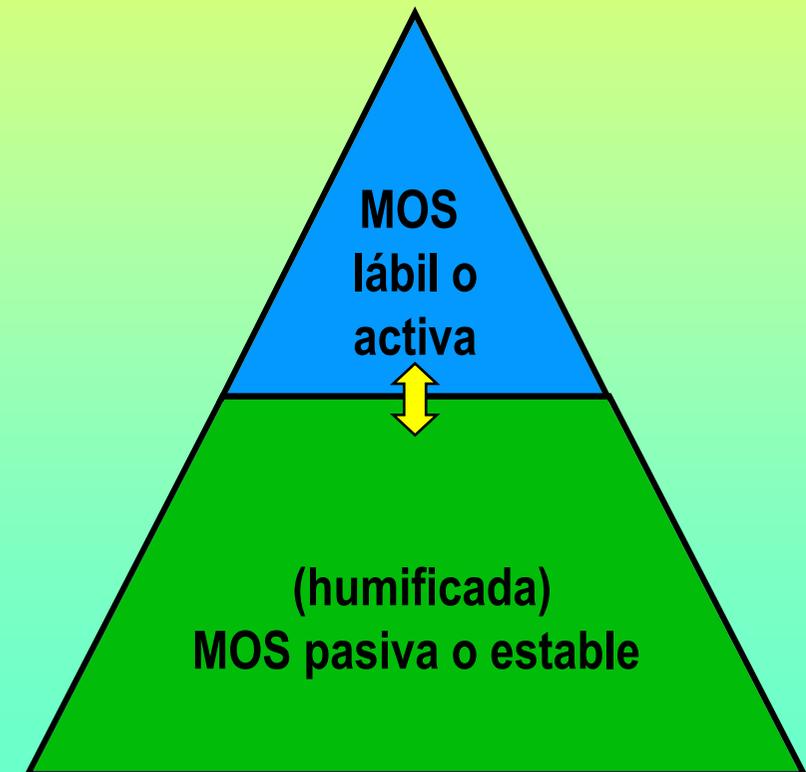


**Modelos de sustancias húmicas**

# La M.O.S.: CONSTITUYENTES

La M.O.S. generalmente comprende tres grupos de sustancias, diferentes desde su actividad, estabilidad o naturaleza:

- La biomasa microbiana, esto es, la microbiología edáfica (<2 %).
- La fracción lábil o activa, que consiste en compuestos fácilmente mineralizables, esto es, no humificados (vida media de meses a pocos años); es casi inexistente en suelos tropicales. Parte de esas sustancias son azúcares, aminoácidos o los llamados ácidos fúlvicos y algo de los llamados ácidos húmicos.
- La fracción pasiva o bioestable, mayoritaria, que consiste en sustancias humificadas, esto es, recalcitrantes (vida media de siglos a milenios). Son la mayoría de los a. húmicos y las huminas (escasamente conocidas).



# Las fracciones húmicas edáficas

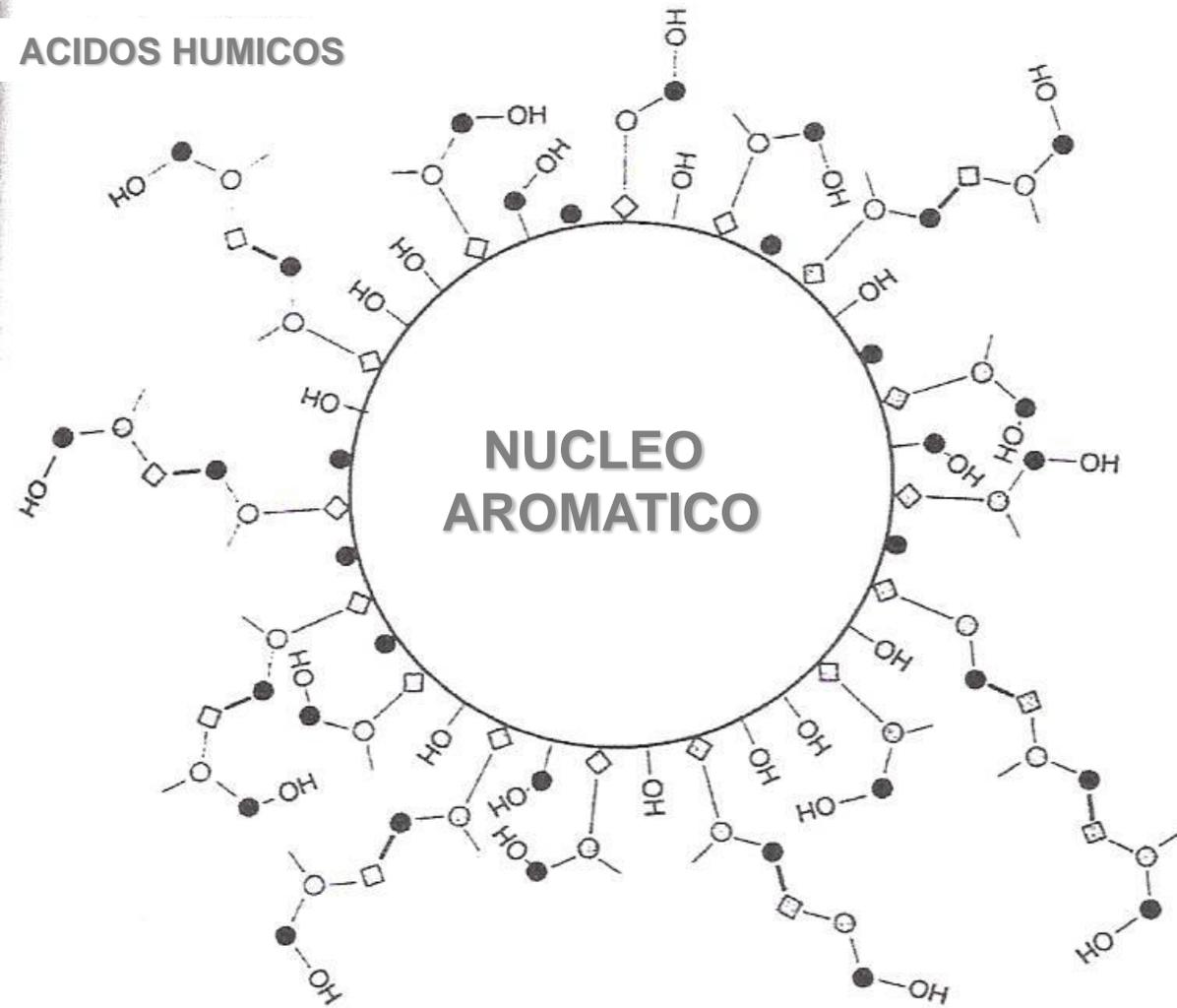
Mucha gente utiliza el contenido de ácidos fúlvicos (AF) y ácidos húmicos (AH) para calificar la bondad de la MOS.

Por tanto, creer que los mejores suelos son aquellos en los que se extraen abundantemente AF y AH no deja de ser un error. Es más, a veces se pretende calificar la bondad del *humus* o la MOS mediante el cociente “AF/AH” (ambos extraíbles).

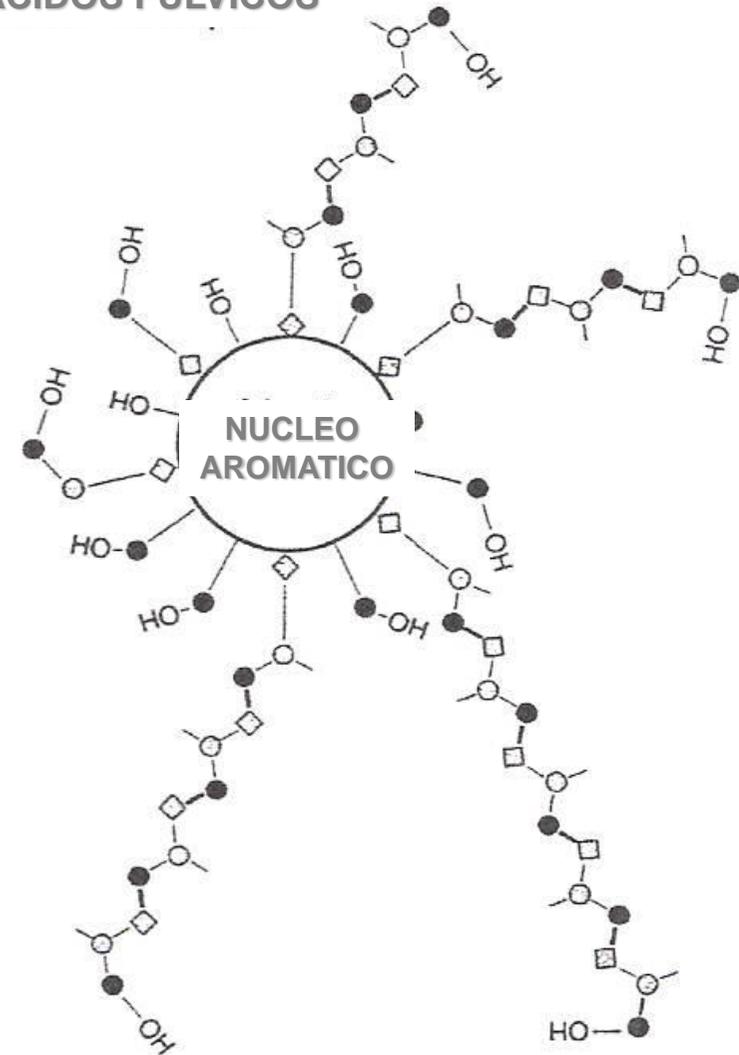
Consecuentemente, olvídense de ese cociente y acostúmbrense a utilizar el cociente “(AF+ AH)/HNa” como indicador de calidad de las sustancias húmicas del suelo (o, por ende, índice de calidad edáfica, lo cual necesariamente debe reflejarse en la estructura del suelo).

# Acidos húmicos vs. ácidos fúlvicos

ACIDOS HUMICOS



ACIDOS FULVICOS



# LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO (MOS) O HUMUS

La MOS es muy diferente a los RROO: No se mineraliza prácticamente; es decir, es bioestable. Se denomina también *Humus*. Engloba microorganismos y RROO, pero en muy pequeña cantidad.

**Por tanto, al ser la MOS bioestable, su contenido tiende a mantenerse en el suelo.**

La cantidad de MOS que hay en un suelo depende de un balance de entradas (humificación) y salidas (mineralización).

A partir de los RROO se puede formar *humus*, pero debe actuar la microbiología edáfica que demanda N en el proceso.

Al ser la humificación un proceso edáfico el *humus* sólo se forma en los suelos; no se forma *humus* sin suelo.

Sólo una pequeña fracción de los RROO se transforma en *humus*; el resto se mineraliza liberando ciertos nutrientes.

Se pueden preparar los RROO para que se humifiquen más fácilmente, tratándolos previamente (prehumificación).

La preparación previa conlleva eliminar el exceso de C que poseen microbiológicamente (con emisión de CO<sub>2</sub> y calor).

Tras el compostaje en realidad el suelo actúa como ente depurador: Lo que se desea es limpiar residuos urbanos.

**El estercolado (RROO pecuarios) y el compostaje (RROO urbanos) son procesos de preparación de la humificación. En ningún caso se forma *humus* (substancias húmicas), salvo en el suelo.**

# FUNCIONES DE LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO

Al ser la MOS una sustancia orgánica bioestable no cede prácticamente nutrientes a las plantas; sin embargo, tiene grandes efectos sobre el suelo porque condiciona las propiedades (por este orden) físicas, fisicoquímicas, bioquímicas y biológicas.

---

La estructura edáfica depende en gran medida de la MOS (aparte de la textura) y, en consecuencia, importantes propiedades del suelo como porosidad, permeabilidad, densidad aparente, capacidad de retención de agua, color, etc.

La MOS es un adsorbente por excelencia: La capacidad de intercambio catiónico es función (con mayor intensidad que las arcillas) del contenido de MOS. De ahí que la retención de nutrientes (y su cesión) dependan de la MOS.

La facilidad de encontrar formas asimilables de los elementos también depende de la MOS; en este sentido no sólo influye su cantidad, sino que también su calidad, que viene influida grandemente por la razón C/N (índice de calidad).

La actividad microbiana está condicionada por la presencia de MOS, que no deja de ser el soporte vital de la misma; la MOS actúa como una energía potencial que es activada por la microbiología; a su vez es el inicio de la cadena trófica.

La MOS es ejemplo clásico de que no sólo importa la cantidad de un compuesto, sino su calidad o su disponibilidad. La MOS es un compuesto inerte, pero básico para la vida heterótrofa.

# Importancia de la Materia Orgánica del Suelo (M.O.S.)

## La M.O.S.:

- Es fuente de energía (bioquímica y microbiología)
- Suministra nutrientes (fisicoquímica)
- Es reserva de nutrientes (química)
- Cementa las partículas (física y fisicoquímica)
- Altera las rocas (geoquímica)
- Retiene la humedad (física)
- Disminuye la toxicidad (fisicoquímica y bioquímica)
- Fija C atmosférico (biogeoquímica)
- Pieza clave en el Cambio global (calidad ambiental).

# Importancia de la Materia Orgánica del Suelo (MOS)

Según D.C. Whitehead, *Soils Fert.*, 26: 217 (1963)

La M.O.S. produce:

- Aumento de la absorción solar (física)
- Aumento de la capacidad de intercambio catiónico (físicoquímica)
- Aumento del poder amortiguador del suelo
  - Amortiguación físicoquímica
  - Amortiguación microbiológica
- Mejoramiento de la estructura del suelo (física)

E indirectamente incide sobre:

- Balance hídrico (física)
- Nutrición de las plantas (físicoquímica)
- Mecanismo de erosión (física)

Y modernamente como filtro natural (suelo como depurador).

# **IMPACTO DE LA MOS SOBRE EL SUELO**

**Contrariamente al sentir popular los mayores impactos de la MOS son:**

- En primer lugar de tipo físico, reflejándose en la estructura (clase y estabilidad).**
- En segundo lugar de tipo fisicoquímico, en especial en lo referente a la capacidad de cambio catiónico (retención de bases).**
- En tercer lugar de tipo bioquímico, en especial en cuanto a actividad y diversidad microbiana (mineralización, que depende de los RROO añadidos).**
- Finalmente de tipo químico, en cuanto a su escasa contribución en la nutrición referente a elementos mayores aniónicos (como nitrógeno o fósforo).**

# Propiedades generales del Humus y Efectos sobre el Suelo

Propiedades	Observaciones	Efecto sobre el suelo
Color	El típico color oscuro de muchos suelos es causado por la MOS	Puede facilitar el calentamiento
Retención del agua	La MOS puede retener agua en 20 veces su peso	Ayuda a prevenir el secado y el agrietamiento del suelo. Puede mejorar significativamente la capacidad edáfica de retener agua
Combinación con las arcillas edáficas	Cementación de las partículas edáficas en unidades estructurales llamados agregados.	Permite el intercambio de gases, estabilizar la estructuras edáficas e incrementar la permeabilidad del suelo
Quelación	Formación de complejos estables con $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ y otros cationes polivalentes	Puede potenciar la disponibilidad de los micronutrientes para las plantas
Solubilidad en agua	Insolubilidad de la MOS es causada por la unión con las partículas arcillosas. También se producen insolubilizaciones por la precipitación de las fracciones orgánicas con cationes di- y tri-valentes. la MOS aislada sólo es parcialmente soluble en agua (COD).	La MOS se pierde escasamente por lixiviación (lavado del suelo)
Acción tampón o de amortiguación ( <i>buffer</i> )	La MOS exhibe mejor poder de amortiguación en los rangos de débilmente ácido a alcalino.	Ayuda a mantener una reacción uniforme en el suelo
Intercambio iónico	La acidez total de las fracciones de la MOS oscila entre 300 a 1400 cmol/kg	Puede incrementar la capacidad de intercambio iónico (CIC) del suelo. La MOS es responsable del 20 al 70 % de la CIC edáfica (v. g., <i>Mollisoles</i> )
Mineralización	La descomposición de la MOS produce $\text{CO}_3^-$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ y $\text{SO}_4^-$ .	Fuente de nutrientes para el crecimiento de las plantas
Combinación con moléculas orgánicas	Afecta la bioactividad, persistencia y biodegradabilidad de los pesticidas	Modifica la carga de aplicación (efecto) de los pesticidas (control efectivo)

# Factores que Incrementan la M.O.S.

Los factores que incrementan la MOS son:

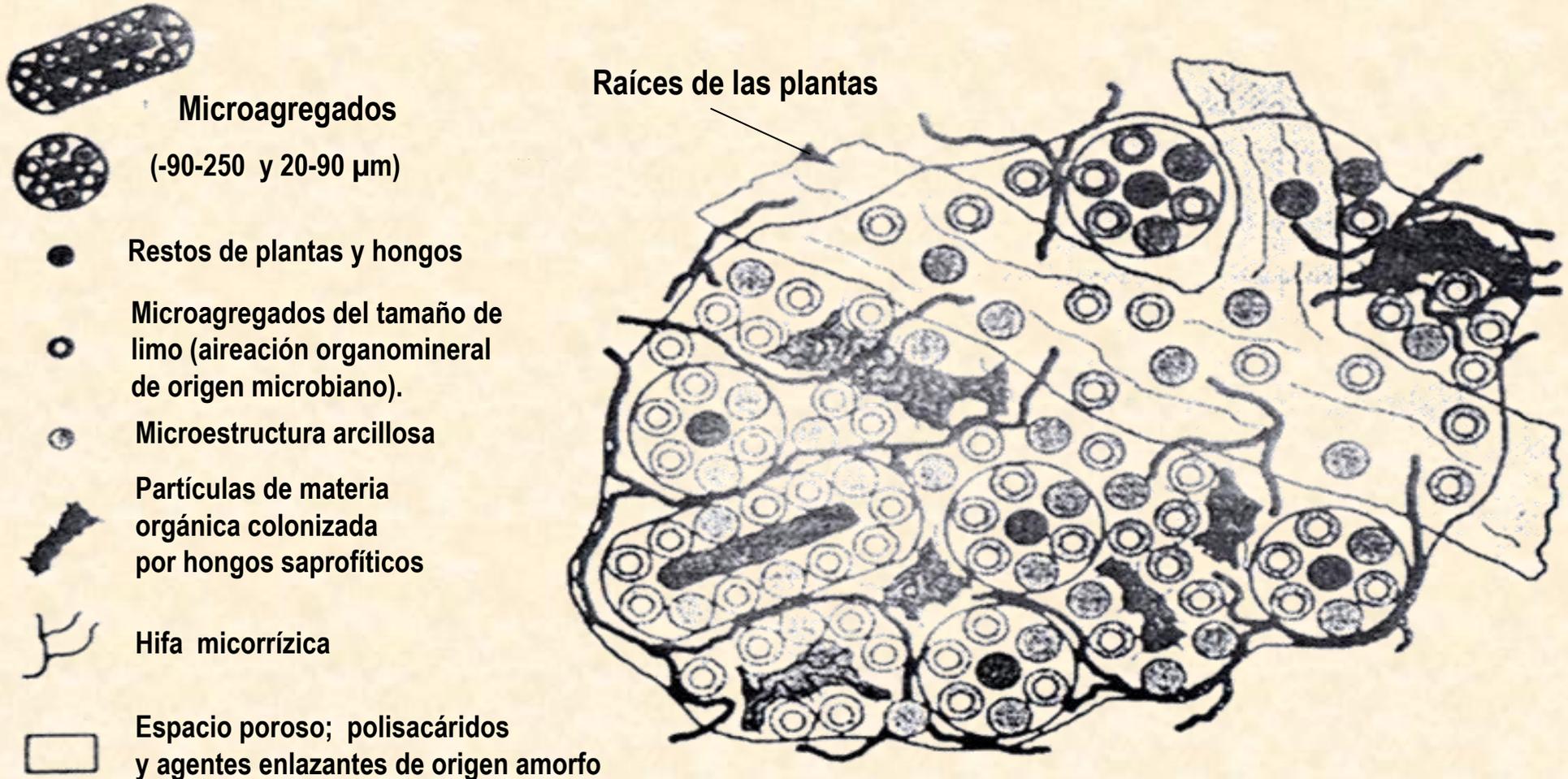
- Precipitación media anual (incremento: Buke *et al.*, 1989)
- Temperatura media anual (disminución: Jenny, 1980)
- Contenido arcilla (Incremento: Nichols, 1984)
- Intensidad y carga pastoreo (Disminución: Parton *et al.*, 1987; Schnabel *et al.*, 2001)
- Labranza reducida (Incremento: Rasmussel y Collins, 1991; West y Post, 2002)
- Intensidad de cultivos (Disminución: Burke *et al.*, 1989)
- Manejo de cultivos con aportes orgánicos (Incremento: Franzluebbers *et al.*, 1998).

# Propiedades Físicas de la M.O.S.



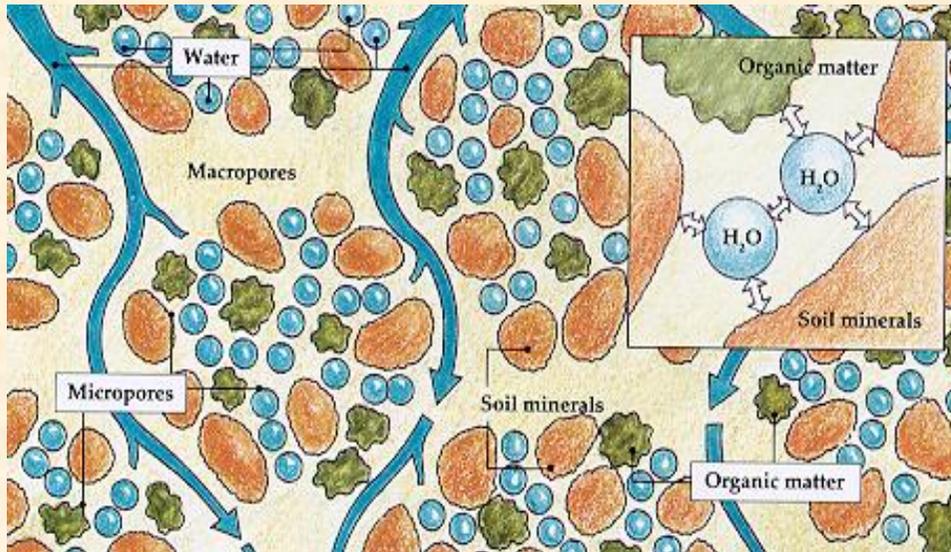
# Diagrama Conceptual de Jerarquías en la Agregación Edáfica

## Estabilización de los agregados del suelo



# La importancia de la M.O.S. en la formación de la estructura edáfica

## Estabilidad de agregados edáficos

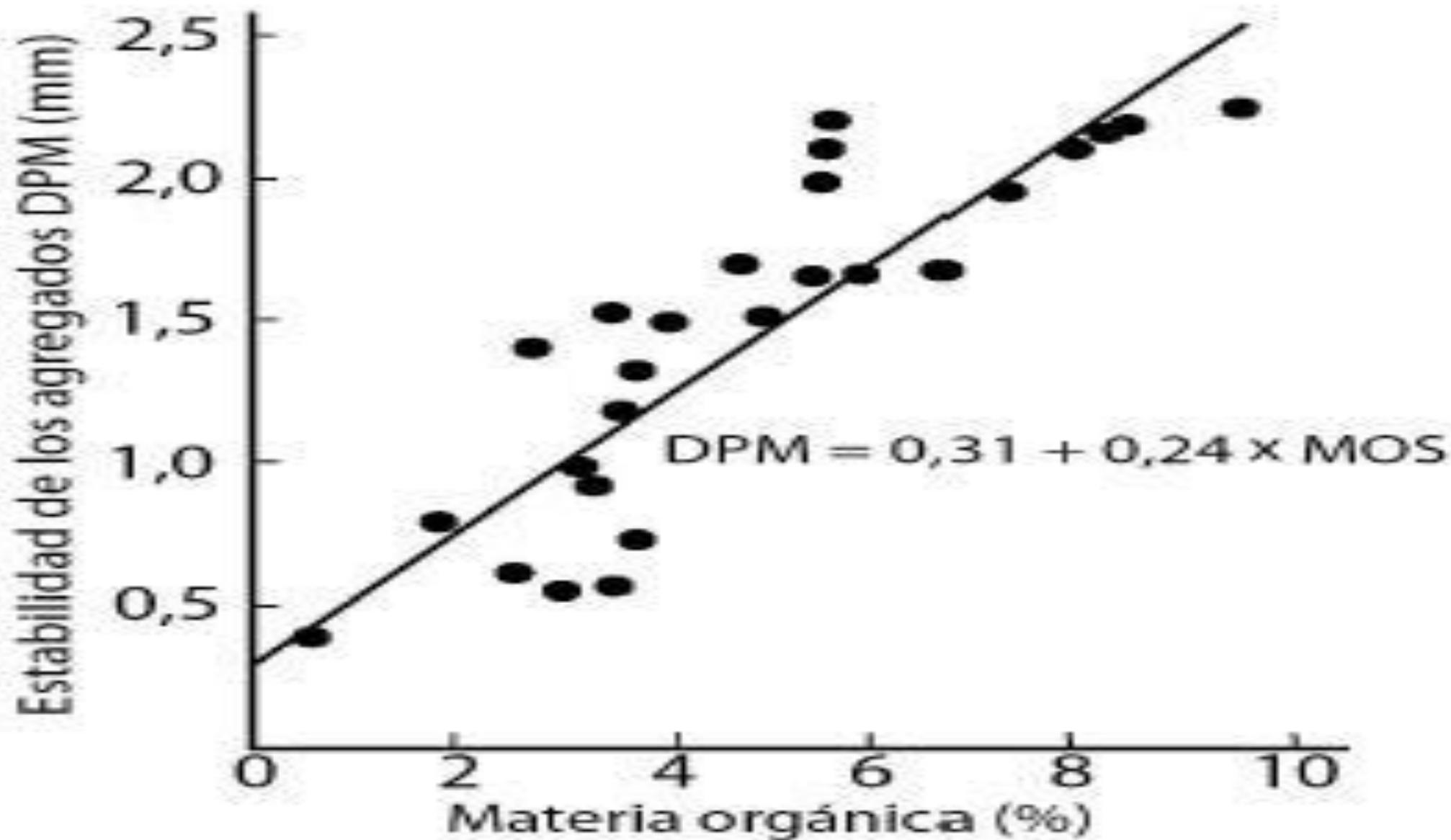


La materia orgánica edáfica: Cemento de unión de los agregados constituidos por arena, limo y arcilla.

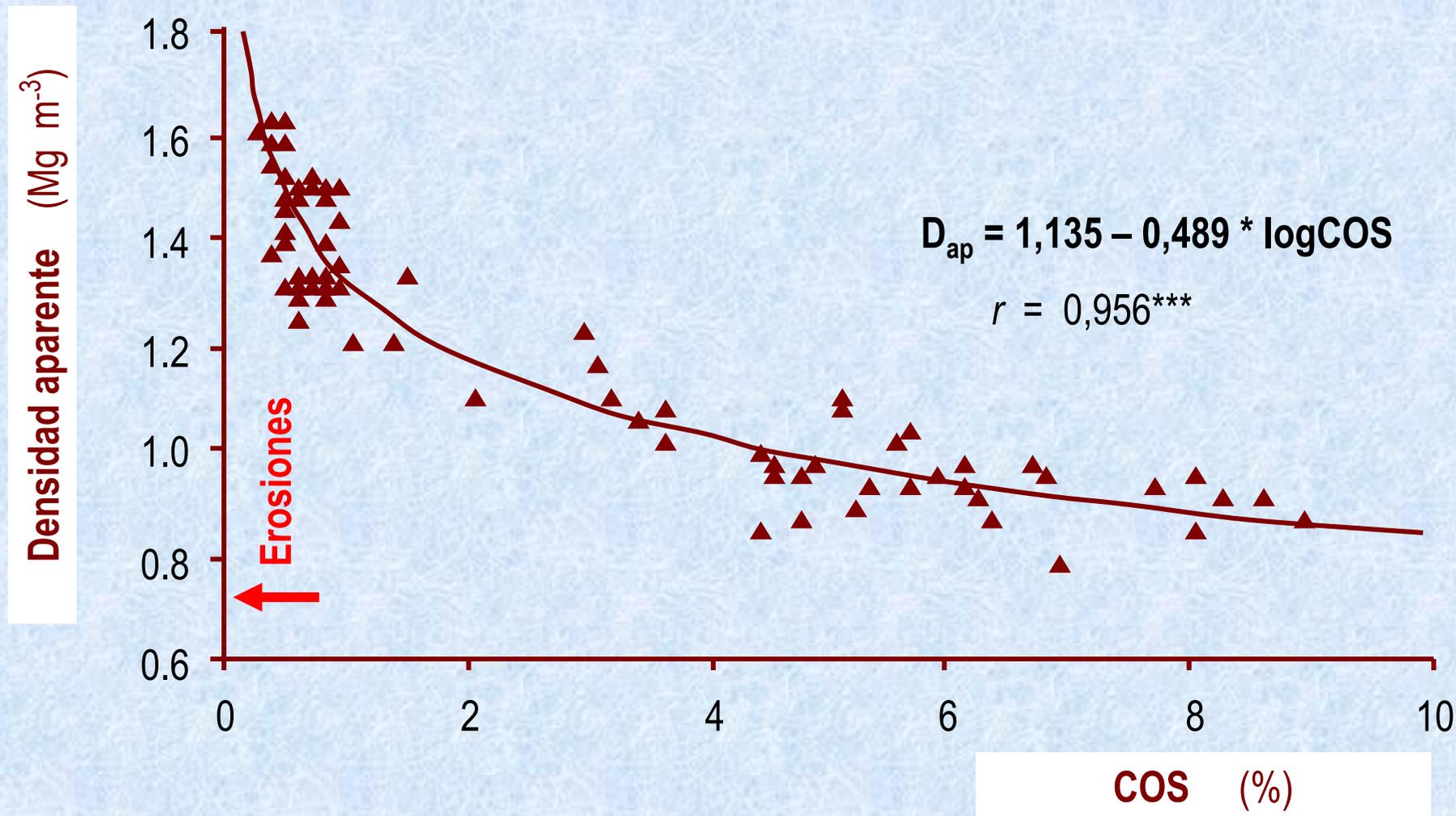
El agua juega también un papel importantísimo, en general desagregando cuando es excesiva.

Para prevenir la dispersión de arcillas (taponamiento de poros) hay que asegurar el mantenimiento de los agregados edáficos.

# MOS y Estabilidad de Agregados



# Contenido de C.O.S. vs. Densidad Aparente Edáfica (Horizontes $A_h$ )



# PROBLEMAS AMBIENTALES ASOCIADOS CON LA DISMINUCION DE LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO

- Disminución en las reservas de nutrientes en formas de lenta mineralización
- Pérdida de la estructura (Erosión acelerada)
- Pérdidas de propiedades coloidales (intercambio catiónico y procesos de sorción)

# La falta de MOS ocasiona erosiones



# Erosiones de orígenes diversos



**No siempre son consecuencia de la agricultura, sino que del sobrepastoreo**



# Sobrepastoreo de Ganado en Loja (Ecuador)

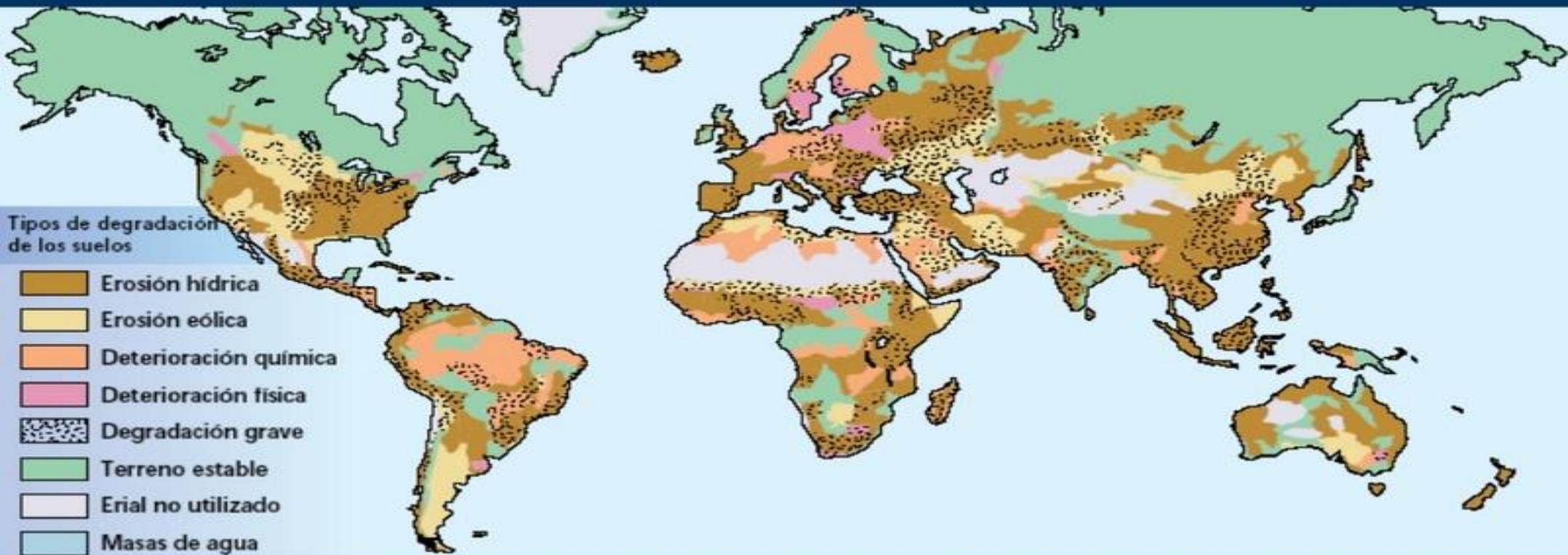


# Típico paisaje de tepetates (Tlaxcala, México)



# Degradaciones Edáficas en La Tierra

## DEGRADACIÓN DEL SUELO POR ACTIVIDADES HUMANAS



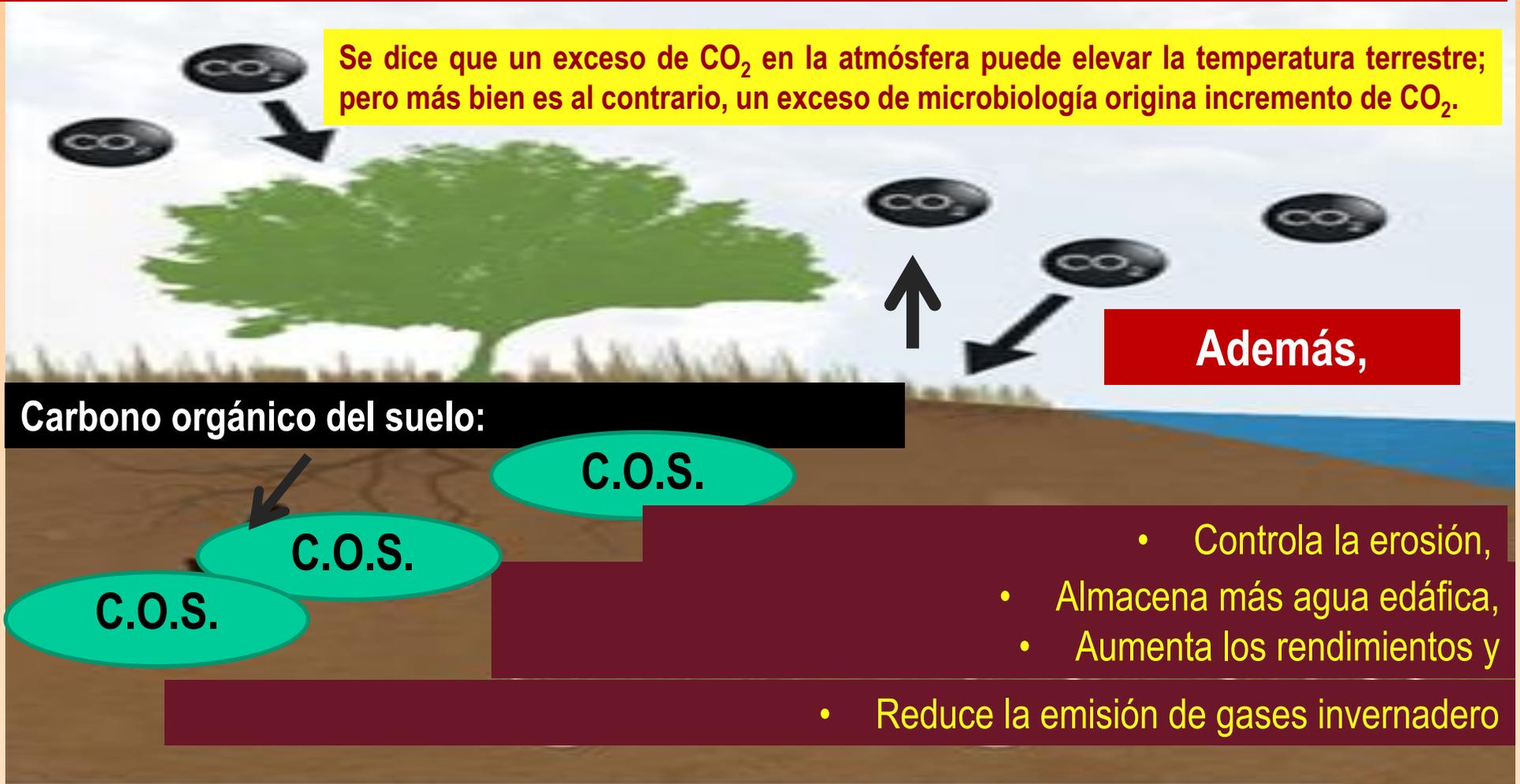
A black and white dog is perched on a large, rounded rock in a natural setting. The dog is looking to the right with its tongue out. The background consists of tall grass and a dense line of trees. The text 'La Pérdida de C Edáfico' is overlaid at the bottom in yellow.

# La Pérdida de C Edáfico

# La Desertización: Pérdida de contenido de Materia Orgánica del Suelo (M.O.S.)

Procúrese acumular el Carbono en el suelo...

Se dice que un exceso de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera puede elevar la temperatura terrestre; pero más bien es al contrario, un exceso de microbiología origina incremento de  $\text{CO}_2$ .



to learn more visit: [coolfoodscampaign.org](http://coolfoodscampaign.org)

# La Desertización: Pérdida de contenido de Materia Orgánica del Suelo (M.O.S.)

La M.O.S. debe:

- Preservarse,
- Incrementarse,
- Manejarse adecuadamente,
- Aprovecharse sus múltiples propiedades, para conservar los sistemas y sus funciones, esto es, mejorar su calidad.

Si se pierde M.O.S. :

- Los suelos comienzan a perder funciones, dado que las propiedades físicas, fisicoquímicas y bioquímicas se degradan, alterándose el sistema, disminuyendo tanto la biodiversidad del sistema como la fertilidad edáfica.

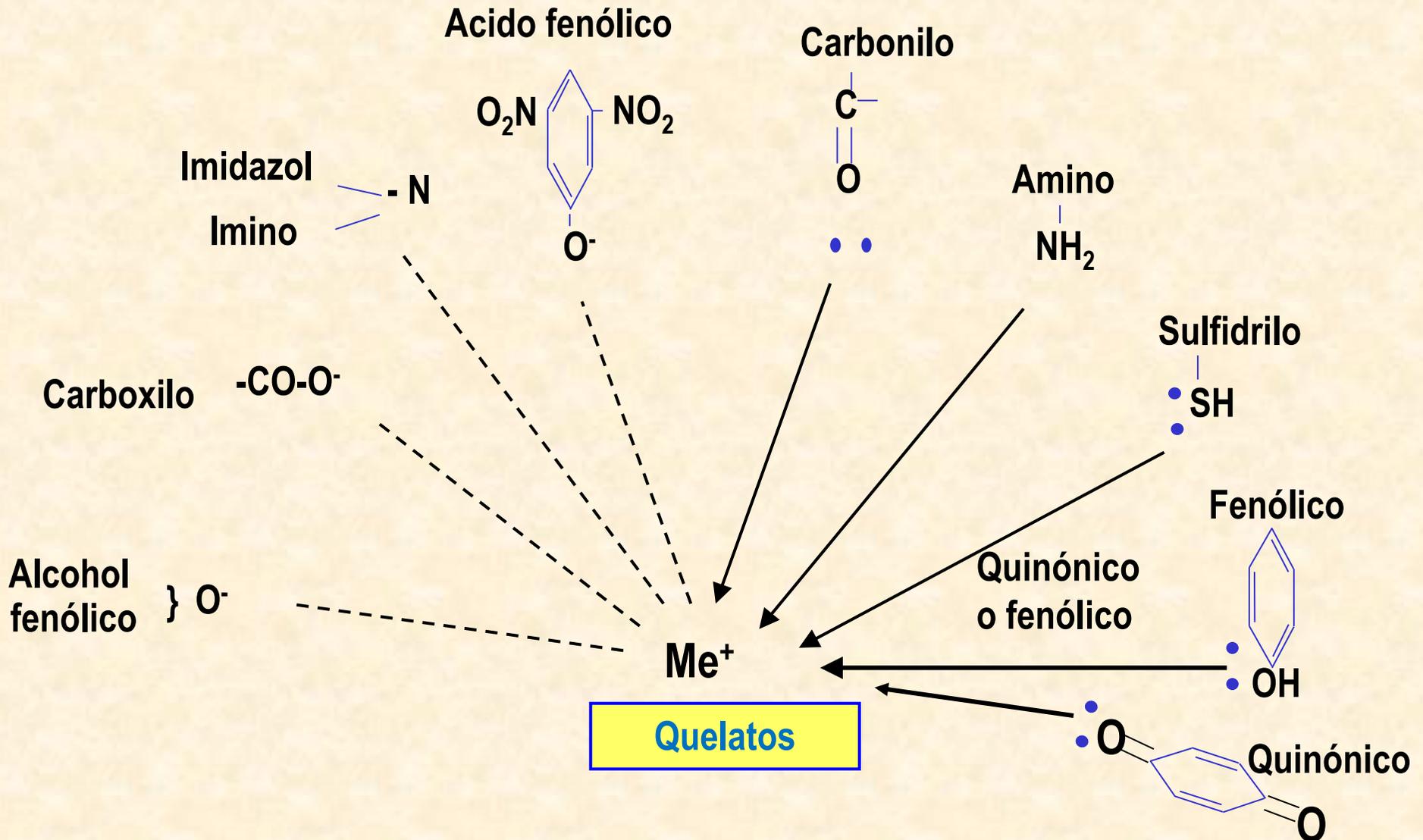
En este caso se habla de desertización, que arrastra consigo la desertización humana al perderse funciones.

# Propiedades Fisicoquímicas y Químicas de la M.O.S.



**a** VI CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE INNOVACIONES  
TECNOLÓGICAS  
gropecuarias

# Grupos Funcionales del Humus



# Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) y M.O.S.

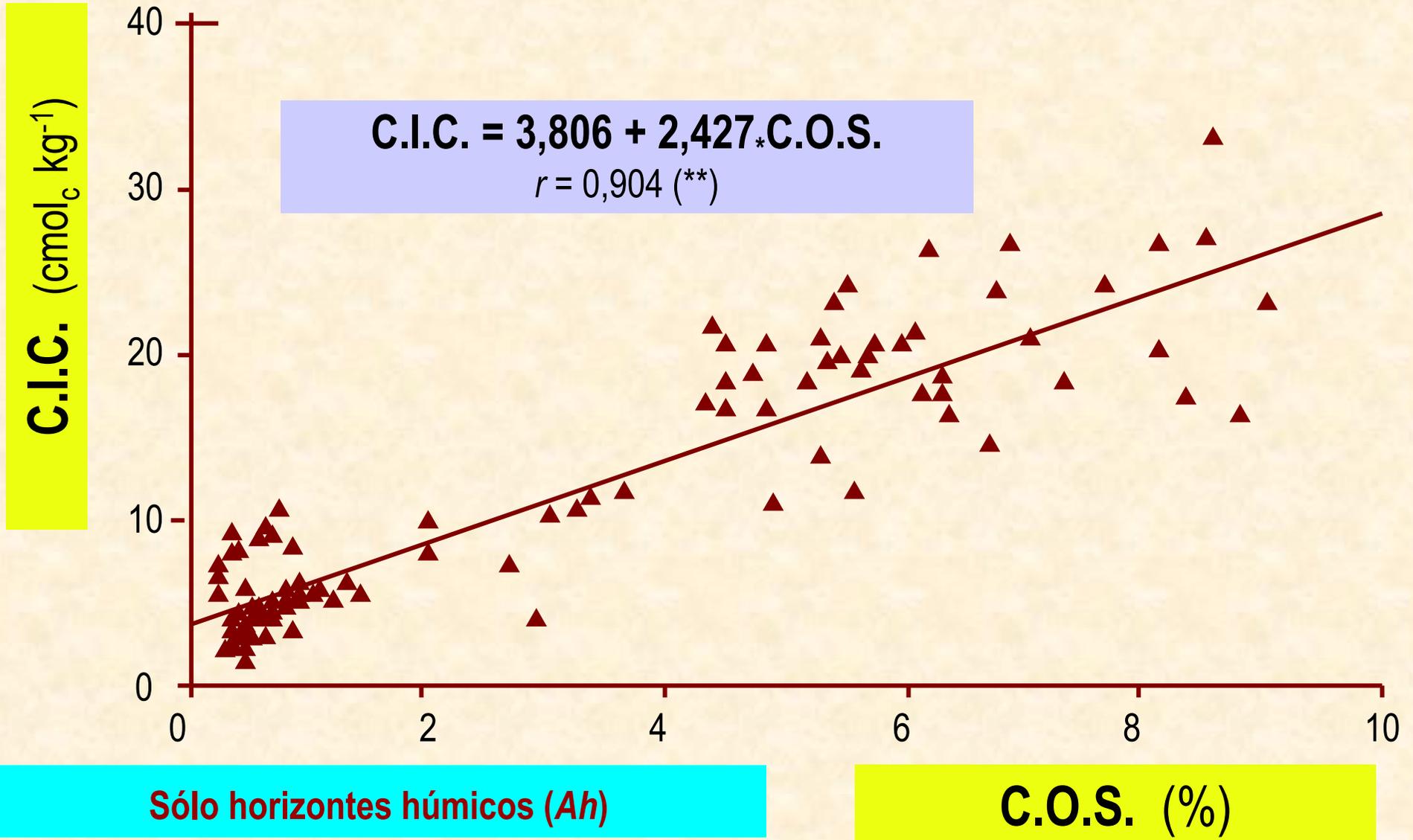
A la MOS se le atribuye una CIC de 150 a 300  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$   
(referido a suelo seco)

Por aproximación, se le da una contribución a la C.I.C. de  $10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  por cada 1,0 % de M.O.S.; la diferencia con la total del suelo se entiende que es debido a la arcilla.

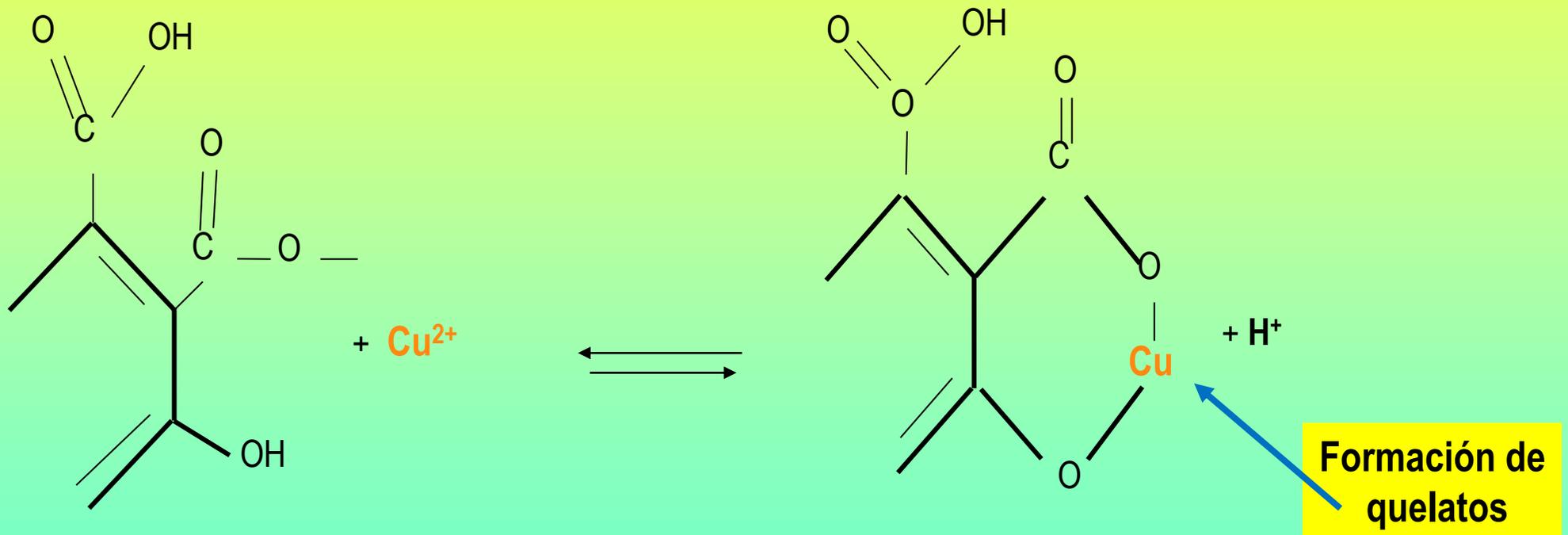
Si se quiere calcular la C.I.C. de ésta, se puede utilizar la ecuación:

$$\text{C.I.C.}_{(\text{arcilla})} = \text{C.I.C.}_{(\text{suelo})} - (\% \text{ MOS} \cdot 10)$$

# Capacidad de Intercambio catiónico (C.I.C.) vs. C orgánico edáfico (C.O.S.): Capacidad de Cargas



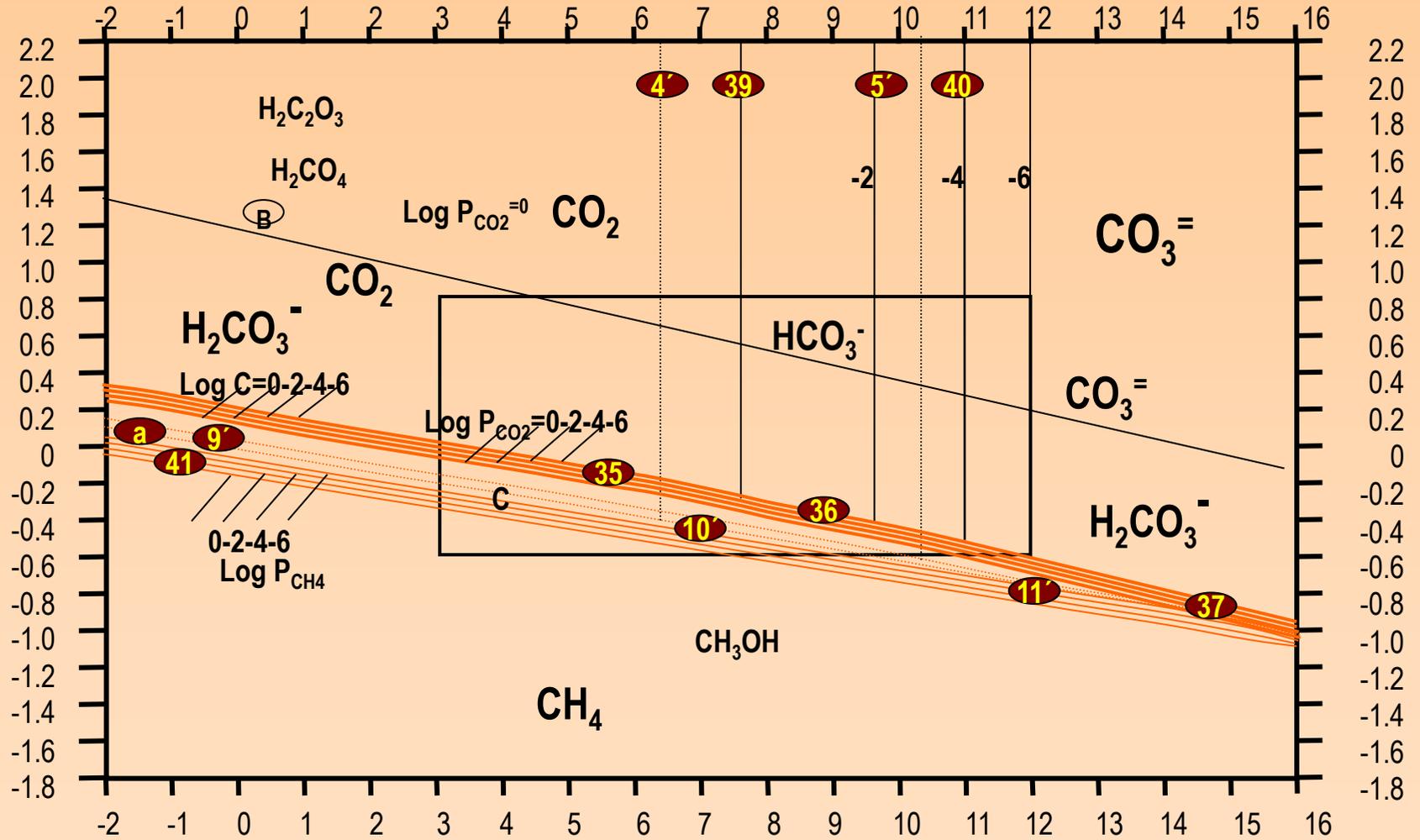
# Combinaciones de Elementos Metálicos con Moléculas Orgánicas: Descontaminación



# Diagrama de Equilibrio del Potencial Red-Ox vs pH: Sistema C-agua (25 °C)

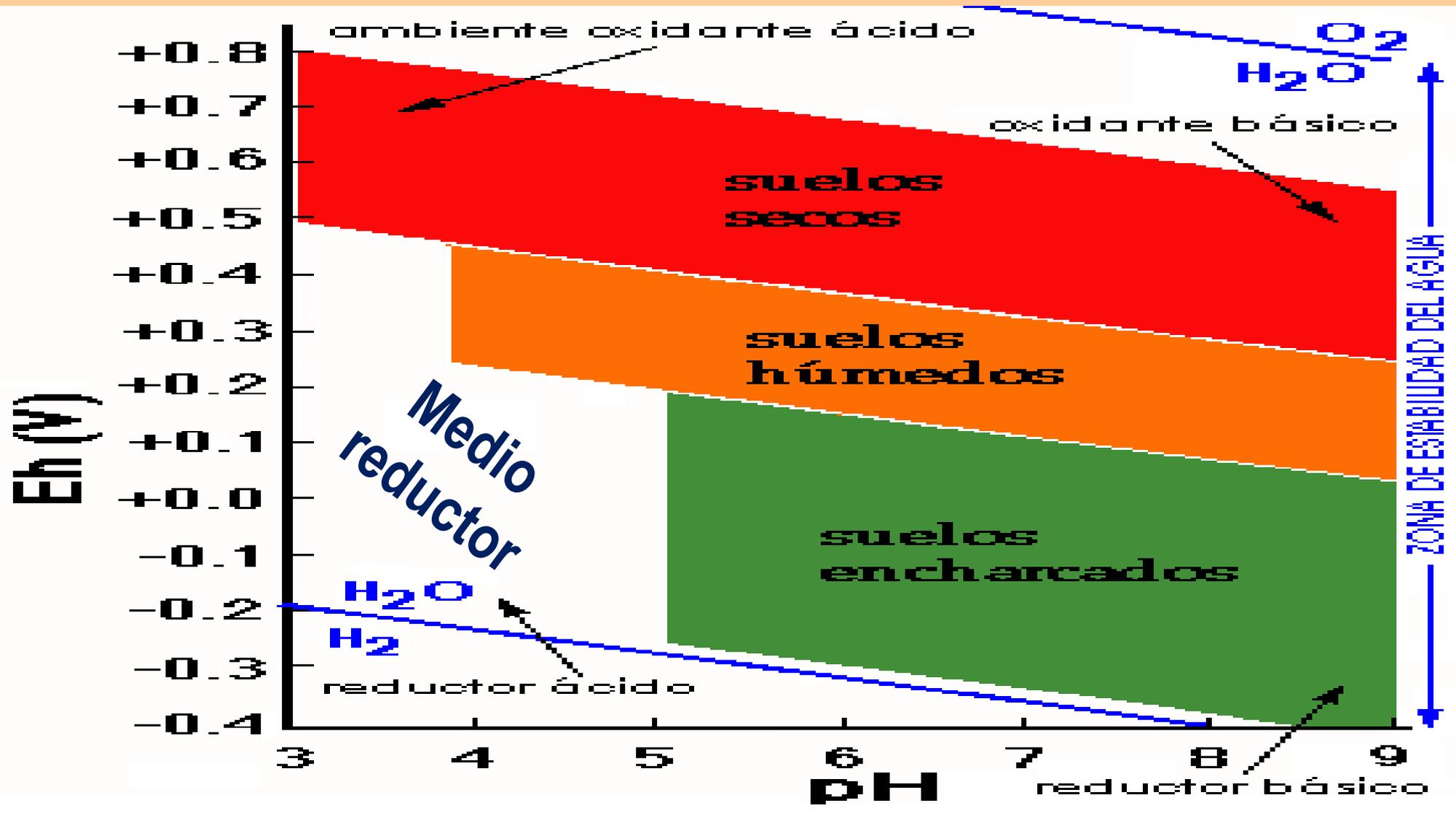
$E_v$   
(voltios)

Encuadre  
fisico-  
químico de  
la Biosfera  
( $E_v$  vs. pH)

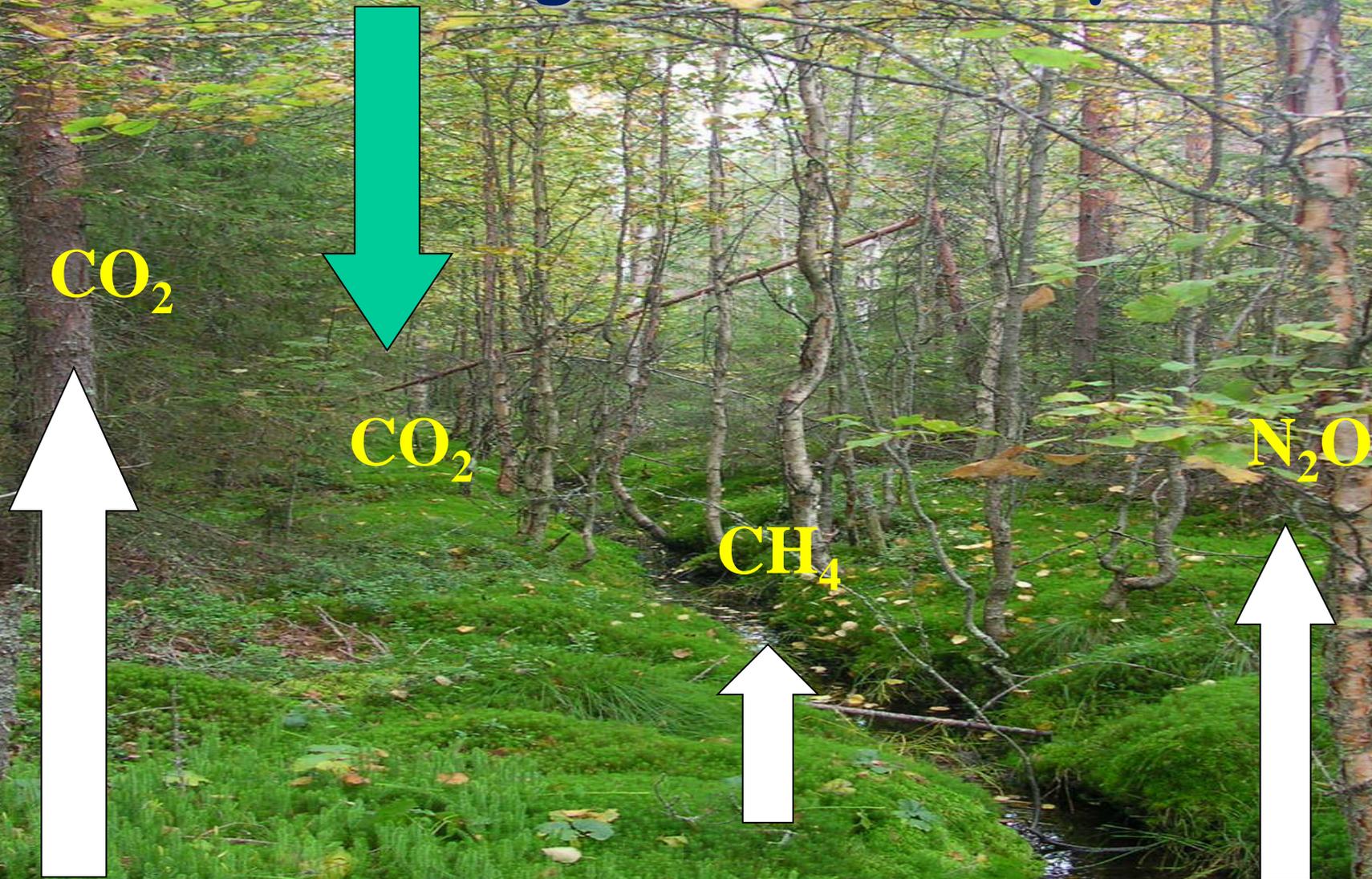


pH

# Fenómenos de óxidoreducción



# Balance de gases en bosques



# La Actividad Microbiana



**a** VI CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE INNOVACIONES  
TECNOLÓGICAS  
gropecuarias

# FUNCION DE LA MICROBIOLOGIA

LA MASA MICROBIANA CONTROLA LA DESCOMPOSICION DE RESIDUOS DE PLANTAS Y ANIMALES, ASI COMO TAMBIEN EL RECICLAJE DE NUTRIENTES (Y SU VELOCIDAD), CONTRIBUYENDO DE ESTA FORMA A LA ACUMULACION DEL HUMUS.

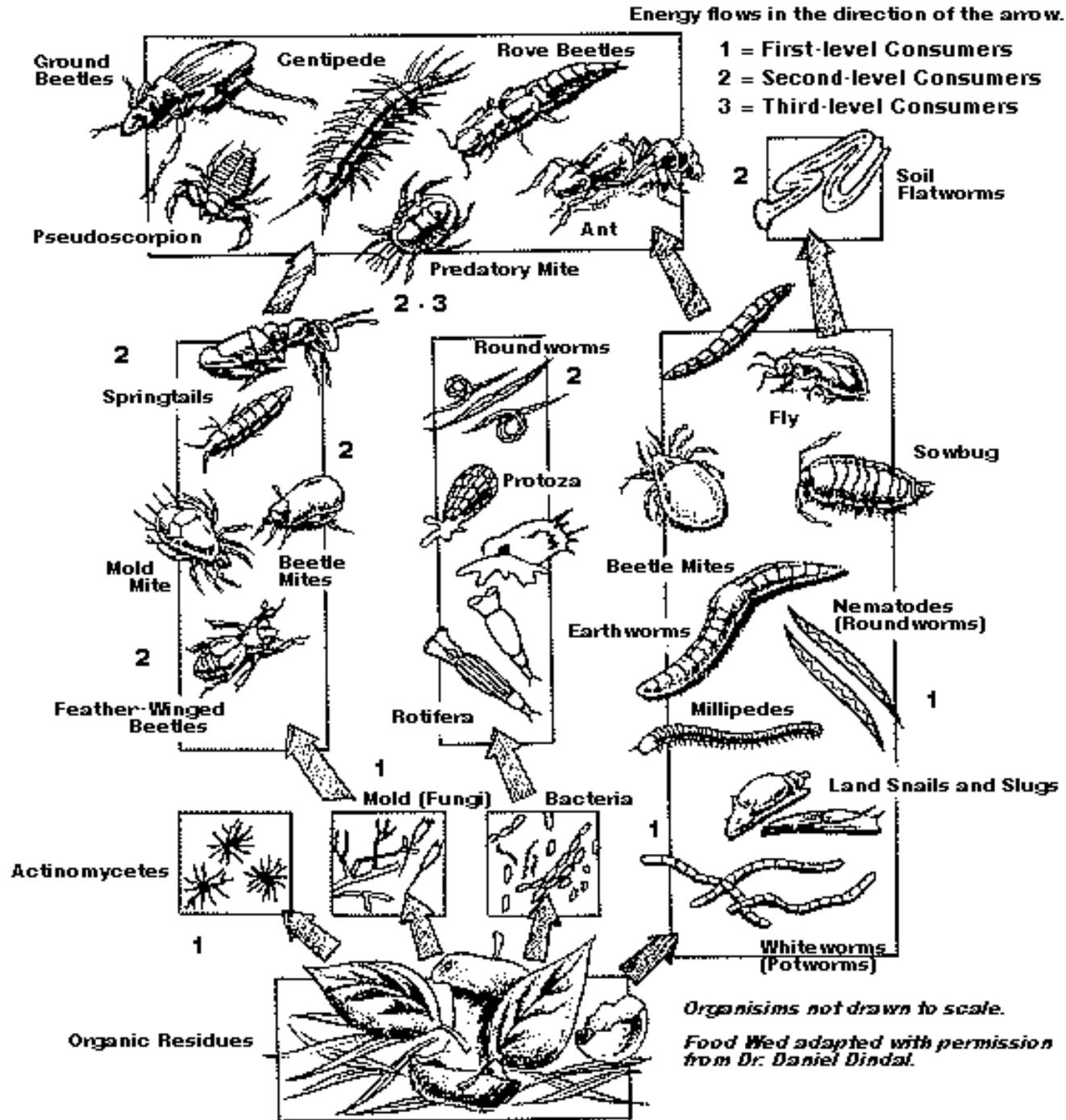
EN SU ACCION DESPRENDE  $\text{CO}_2$  SI EL MEDIO ES AEROBIO O ACIDOS ORGANICOS Y/O  $\text{CH}_4$  SI EL MEDIO ES ANAEROBIO.

# EL PAPEL FUNDAMENTAL MICROBIANO

Por tanto, en los procesos de descomposición, mineralización y estabilización de la MOS (humificación) la microbiología juega un papel fundamental; algunas funciones atribuidas a la MOS son, en realidad, causadas por la microbiología inherente a esa MOS.

La mesofauna (menos aún la macrofauna) juega un papel muy limitado en las transformaciones de la MOS, tan sólo en función de la disminución del tamaño (es decir, aumento de la superficie específica), lo cual permite un mayor ataque microbiano.

# La dependencia de la biodiversidad de la reserva de MOS



# La cadena trófica



Niveles tróficos en la red alimenticia del suelo. Dibujo por James Nardi, UIUC.

# El Doble Poder de Amortiguación Edáfico

Debido a lo ya indicado, los suelos gozan de un doble poder de amortiguación, es decir, que tienden a permanecer en el mismo estado (producido por la MOS):

Fisicoquímico: Se basa esencialmente en las capacidad total de cargas intercambiables que posee la MOS; éstas determinan la capacidad que se tiene de amortiguar los impactos de contaminantes. Se cuantifica mediante la cantidad de contaminante (carga crítica) que se puede adsorber sin que el suelo disminuya sus funciones.

Microbiológico: Se basa en la actividad (calidad y diversidad) microbiana (mantenida por la MOS) capaz de mantener las propiedades bioquímicas del suelo frente a impactos bioquímicos y biológicos.

Destruído tal doble poder de amortiguación el suelo salta a otro estado de equilibrio, esto es, el sistema degenera hacia otro suelo distinto.

# BENEFICIO DE UN BUEN MANEJO DE LA M.O.S. (HUMUS)

## A escala local:

- Se limita la degradación del suelo
- Se favorecen las producciones de las cosechas
- Se favorece la calidad de los productos
- Se favorece la seguridad alimentaria.

## A escala nacional:

- Se mejora la calidad de aire, agua y suelo.

## A escala global:

- Se favorece la captura de C.

# ¿Qué son los Residuos Orgánicos?



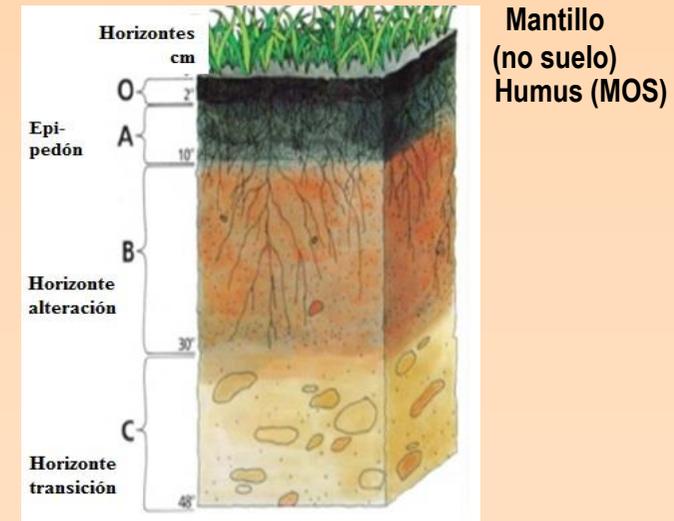
# M.O.S., *humus*, RR. OO. y *compost*

Un error muy común confundir residuos orgánicos (RROO) y materia orgánica del suelo (MOS) y/o sus manejos; por ejemplo, se llama *humus* a la hojarasca o mantillo, al *compost* o al *vermicompost*, cuando NINGUNO de estos últimos productos contiene *humus*, dado que las sustancias húmicas SOLO se forman en los suelos, es consustancial a ellos.

El *compost* no es más que RROO de origen urbano que se ha desprovisto de sustancias biodegradables.

La hojarasca o mantillo NO forma parte de los suelos; es más, el mantillo o rastrojera (*mulch*) es un subsistema, mientras que el suelo es OTRO subsistema totalmente diferente.

Cada uno funcionan independientemente del otro, aunque interactúen a través de mesofauna o lixiviaciones. Ignorar esta realidad es causa de un mal manejo de los sistemas.



# SUSTANCIAS HUMICAS Y SUCEDANEOS

Las sustancias húmicas son exclusivas del medio edáfico (como las arcillas).

Las sustancias húmicas “comerciales” sólo son verdaderas las que provienen de las leonarditas o lignitos (*humus* fósil) son exclusivas del medio edáfico (como las arcillas).

El *compost* nunca pueden considerarse que llevan sustancias húmicas, si acaso prehúmicas o parahúmicas; esto es, sustancias preparadas para ser integradas al componente húmico al añadirse al suelo con las recomendaciones anteriores.

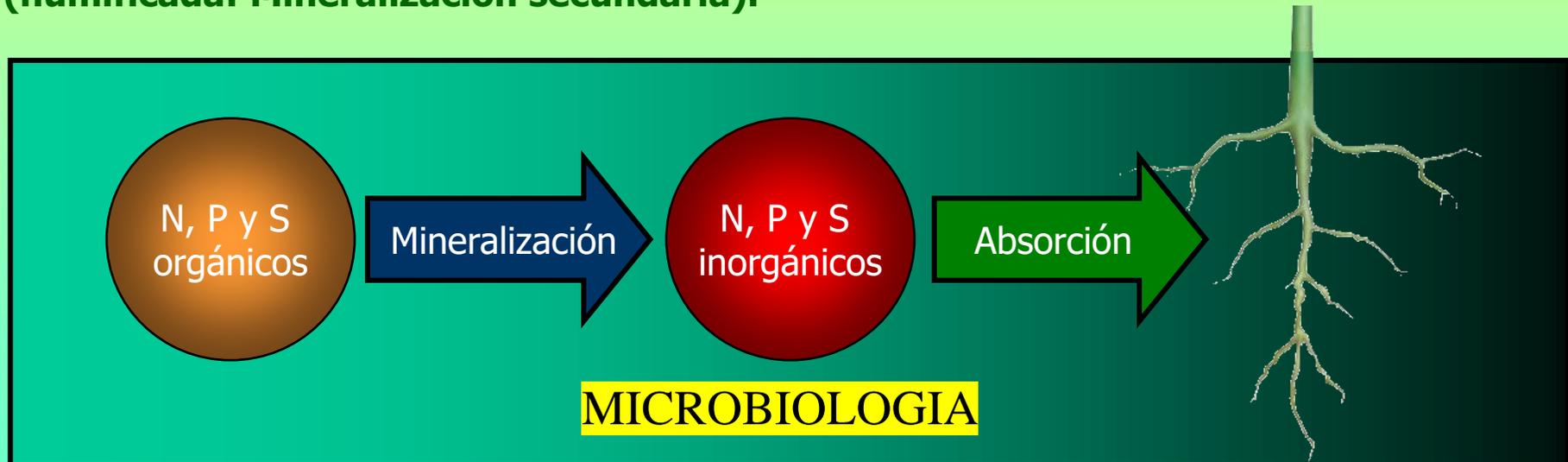
El *vermicompost* es una simple trituración de residuos orgánicos, por lo que debería no ser permitido utilizar el término “*humus* de lombriz”; tras la lombricultura habría siempre que realizar un compostaje.

# Mineralización de Residuos Orgánicos (RR.OO.)

## ASIMILACION DE NUTRIENTES

- Casi todo el N y gran parte del S se encuentran incluidos en la MOS (ocuidos).
- Pero la MOS es un compartimento que difícilmente produce flujos (bioestabilidad).

Los flujos que se producen en el suelo, sobre todo en el caso del P (además del N y S) provienen de la mineralización de la mineralización de los residuos orgánicos (RR.OO: Mineralización primaria), no tanto de la mineralización de la MOS (humificada: Mineralización secundaria).





Considerando el punto de vista ambiental se consideran que la MOS es el subcompartmento que determina el paisaje, como se verá.

**LOS ASPECTOS AMBIENTALES**

# La Calidad Ambiental



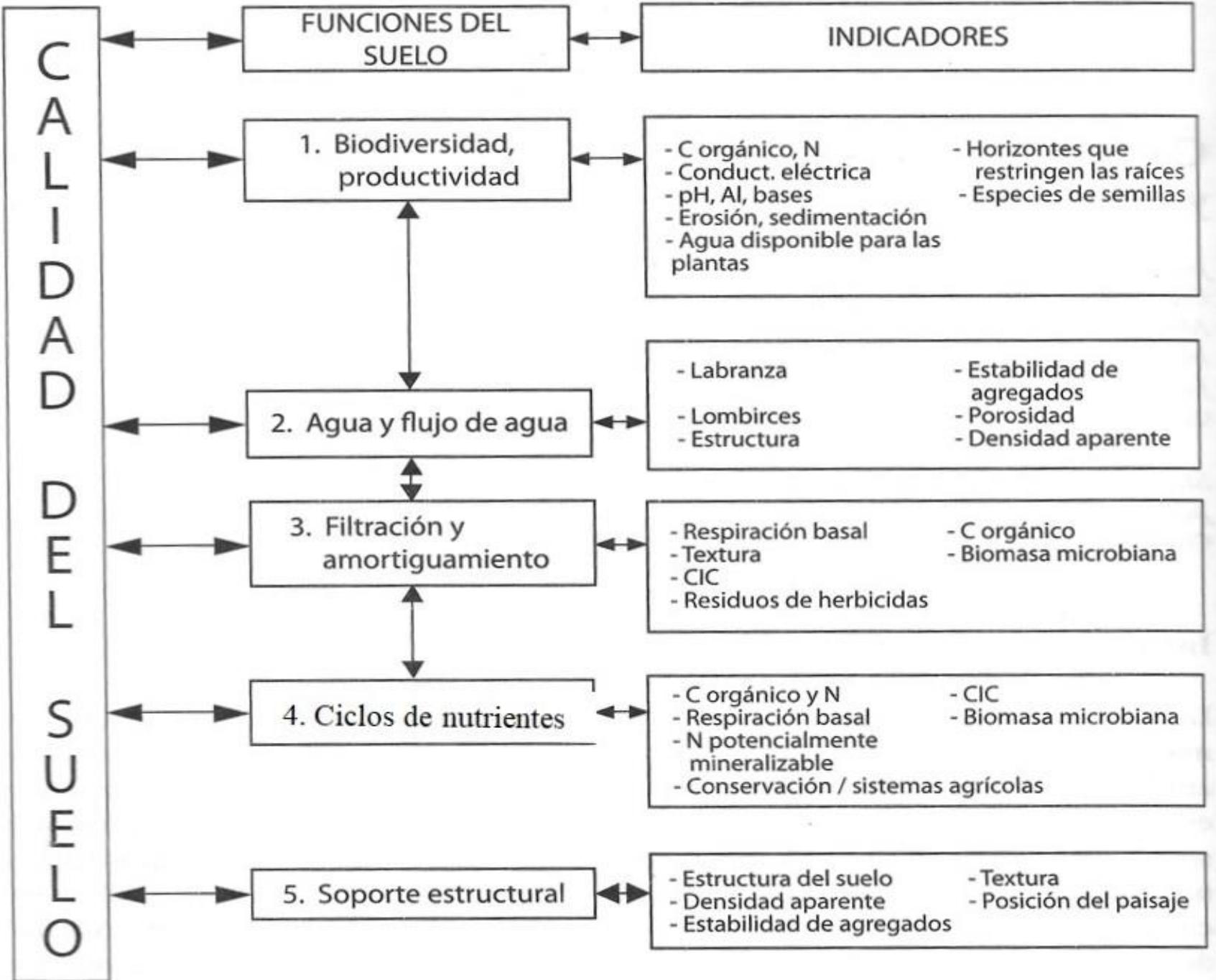
**VI CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE INNOVACIONES  
TECNOLÓGICAS  
gropecuarias**

# La Calidad o Salud Edáfica y Ambiental

La calidad o salud del suelo o ambiental está controlada en gran parte por el contenido y calidad de la MOS., como se verá en las dispositivas sucesivas, al depender gran número de variables edáficas de tal parámetro.

Para conocer la salud del suelo o ambiental se necesita indicadores que fácilmente denoten la pérdida o ganancia de calidad durante un periodo de tiempo no demasiado largo, que refleje las consecuencias de los impactos a los cuales están sometidos los sistemas (sean ecosistemas o agrosistemas).

**Funciones edáficas e indicadores de calidad**



# Indicadores edáficos de calidad

## Mínimo de datos físicos básicos

### Propiedades físicas:

- Textura
- Profundidad edáfica (y de raíces)
- **Densidad aparente e infiltración**
- **Retención hídrica (capacidad de campo)**

### Funciones físicas relacionadas:

- **Retención y flujo de agua y nutrientes**
- **Potencial de producción**
- **Potencial de lixiviación**
- **Dinámica hídrica y erosividad**

Doran & Parkin 1994  
Larson & Pierce 1994

## A. Protección del suelo frente a la degradación física



# Indicadores edáficos de calidad

## Mínimo de datos básicos fisicoquímicos y bioquímicos

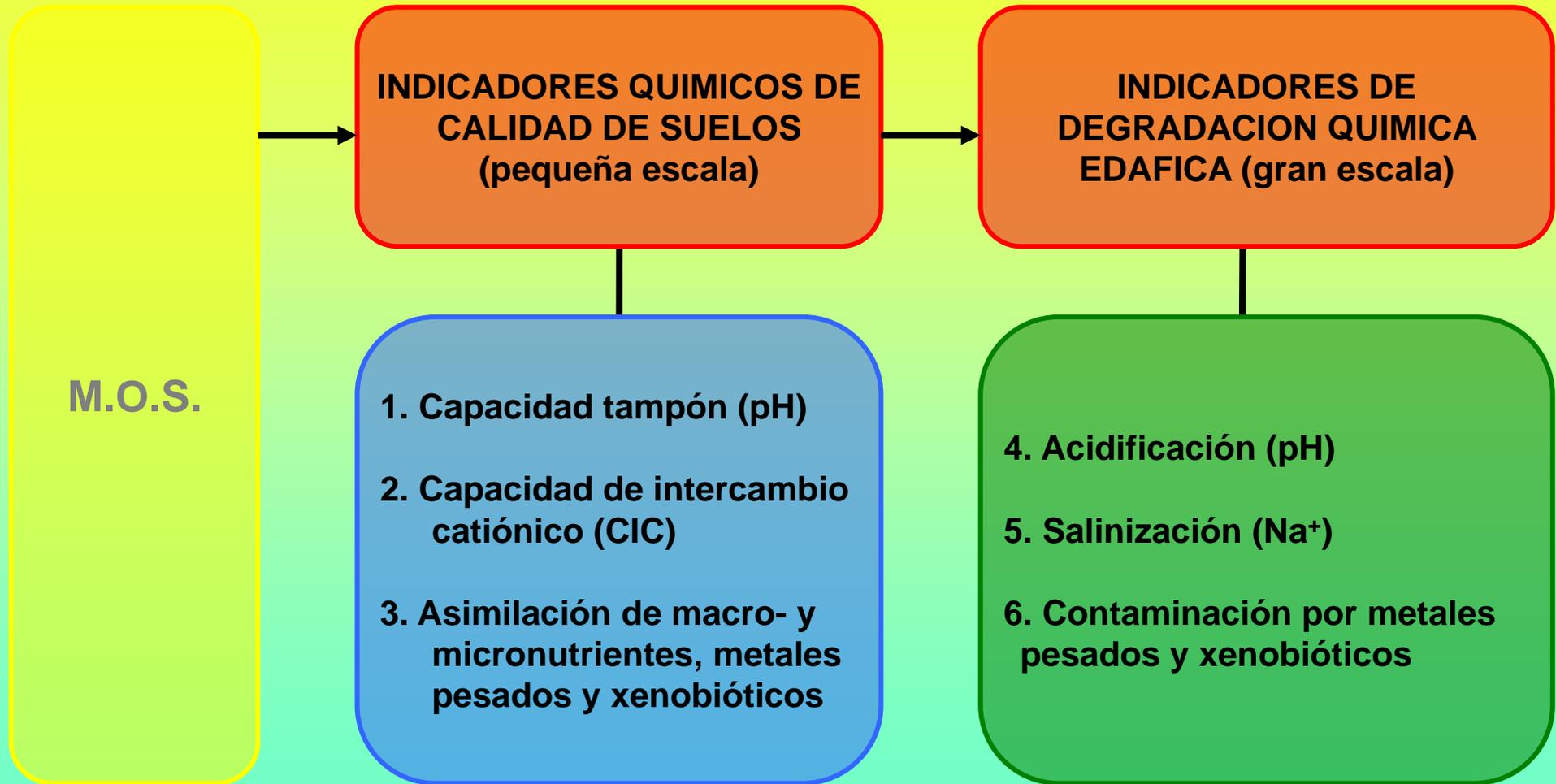
### Propiedades fisicoquímicas y bioquímicas:

- pH edáfico y conductividad eléctrica
- **Contenido de MOS (COS y NTS)**
- **Contenido de bioelementos extraíbles (N, P, K)**

### Funciones fisicoquímicas y bioquímicas relacionadas:

- **Fertilidad y resiliencia edáfica**
- **Potencialidad de bioelementos**
- **Potencialidad de actividad bioquímica**
- **Potencialidad de actividad microbiana**

## B. Protección del suelo frente a la degradación fisicoquímica y química



# Indicadores edáficos de calidad

## Mínimo de datos biológicos básicos

### Propiedades biológicas:

- Biomasa microbiana (CBM y NBM)
- N mineralizable (*in vitro*, anaerobiosis, etc.)
- Respiración edáfica (humedad y temperatura)

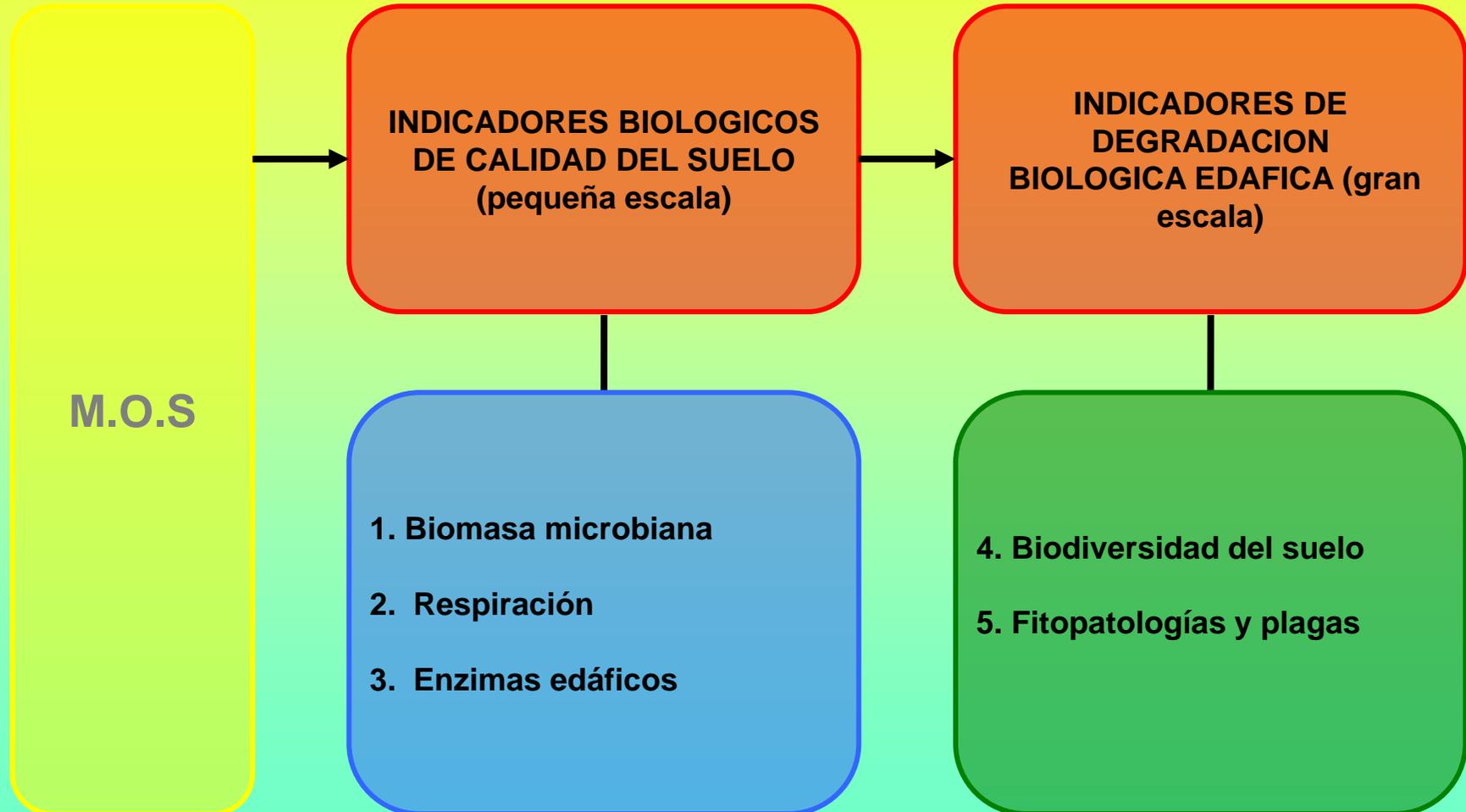
### Funciones biológicas relacionadas:

- Potencialidad de mineralización microbiana
- Productividad edáfica
- Actividad microbiana

Doran & Parkin 1994  
Larson & Pierce 1994

## C. Protección del suelo frente a la degradación biológica

---



# Indicadores de resiliencia edáfica

## Datos básicos de resiliencia edáfica o ambiental

### Propiedades físicas:

- Estructura
- Microagregados
- Retención hídrica (capacidad de campo)
- Dinámica hídrica

### Propiedades fisicoquímicas:

- pH edáfico
- Capacidad total de cambio catiónico (CIC)

### Propiedades bioquímicas:

- Contenido de MOS
- Ritmo de descomposición orgánica
- Capacidad de suministro nitrogenado

### Propiedades biológicas:

- Profundidad de raíces
- Biodiversidad edáfica
- Actividad microbiana
- Actividad de la fauna edáfica

# Parámetros edáficos de salud edáfica

## Datos básicos de salud edáfica y ambiental

### Propiedades físicas:

- Textura
- **Densidad aparente**
- **Velocidad de infiltración**
- **Contenido en agua (capacidad de campo)**
- **Estabilidad estructural (seca y en agua)**

### Propiedades fisicoquímicas y químicas:

- Conductividad eléctrica
- pH edáfico
- **Calidad hídrica**
- **Nitratos**

### Propiedades bioquímicas y biológicas:

- **Respiración edáfica**
- **¿Número de lombrices?**

La relación C/N edáfica  
como índice de calidad de  
la M.O.S.



**a** VI CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE INNOVACIONES  
TECNOLÓGICAS  
gropecuarias

# LA RELACION C/N EDAFICA

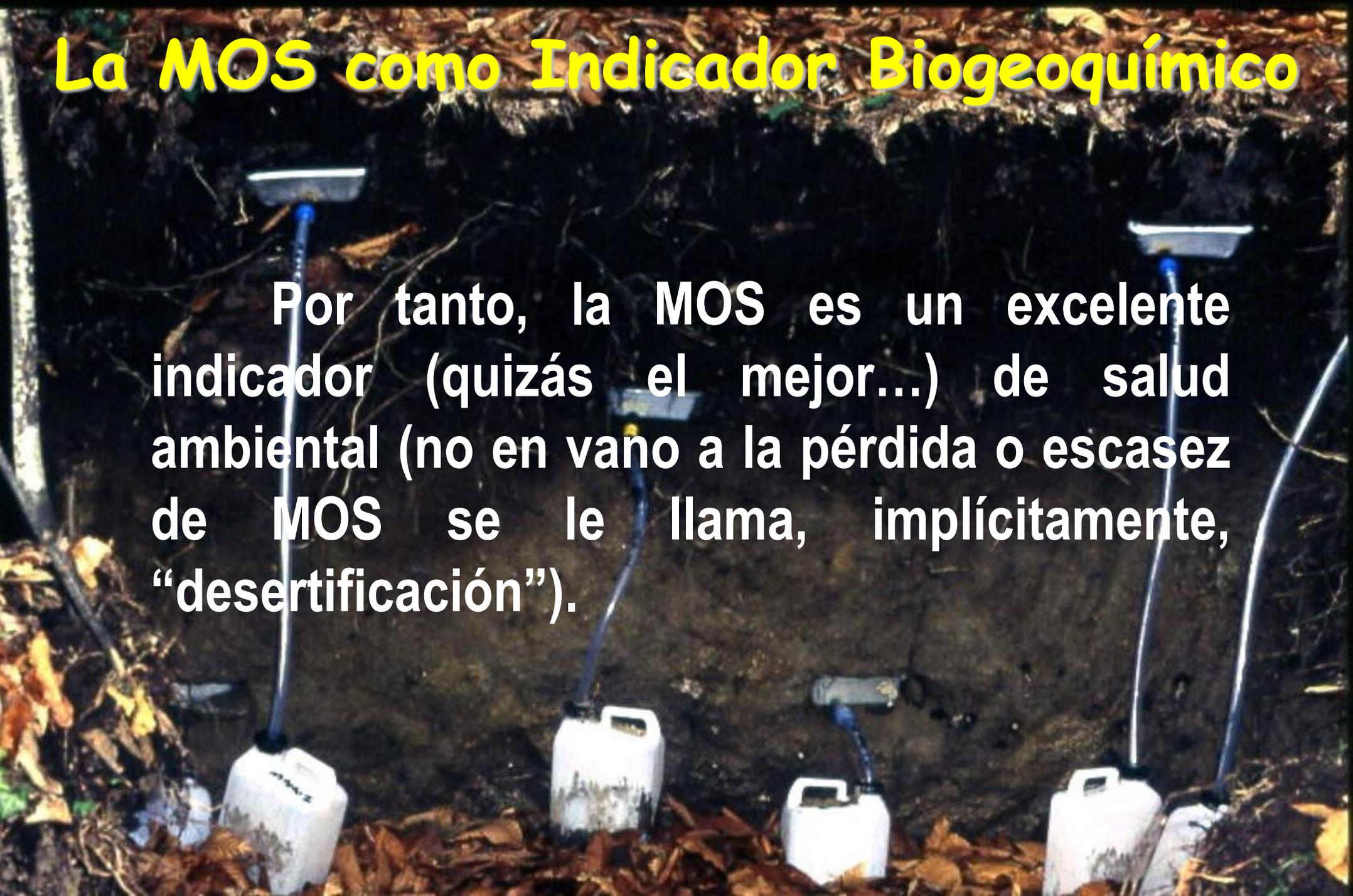
Una de los indicadores de calidad de la MOS que se dispone es la relación C/N de la MOS o del suelo.

El numerador (C) indica la energía que disponen los microbiología edáfica (respiración), mientras que el denominador (N) indica la fertilidad (actividad microbiana generadora de flujos).

Las relaciones C/N edáficas oscilan poco (de 9,0 a 22, contrariamente a las relaciones C/N de los vegetales), pero son fundamental conocer este parámetro para estimar la actividad microbiana del suelo y sus posibles limitaciones. Ello exige la determinación exacta del C orgánico edáfico (COS) como del N total edáfico (NTS).

**No se confunda NUNCA la relación C/N edáfica y las de los RROO, pues no tienen relación alguna (como se dijo).**

# La MOS como Indicador Biogeoquímico



Por tanto, la MOS es un excelente indicador (quizás el mejor...) de salud ambiental (no en vano a la pérdida o escasez de MOS se le llama, implícitamente, “desertificación”).

# ¿Producir o Conservar?: Producir conservando

Por tanto se establece la disyuntiva que los procesos que conducen a producir más conservan menos y *viceversa*.

Ello conlleva al corolario de que hay que llegar a una solución de compromiso, esto es, que conservando lo más posible el recurso suelo (y su contenido de MOS), la producción sea rentable para el productor. Ello por fortuna es posible con los conocimientos actuales.

Por tanto, hay que producir, pero conservando. Cuando el recurso suelo ya está agotado hay que conservar, pero produciendo. Es decir, todo es según la dirección e intensidad de flujos que se producen con los manejos, los cuales, consecuentemente, disminuyen o aumentan (respectivamente) el compartimento edáfico de la MOS.

... el estudio de la MOS y su evolución espacio-temporal es clave tanto para el entendimiento del sector productivo primario como ambiental.

El desconocimiento de los procesos biogeoquímicos, especialmente los que se centran en el ciclo del C y la MOS, ocasiona las inexactitudes que frecuentemente se exponen en los medios de comunicación al uso (agravados por algunas afirmaciones procedentes de dirigentes políticos).

# GRACIAS POR LA ATENCION



## LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

---

RESIDUOS ORGÁNICOS, *HUMUS*, COMPOSTAJE  
Y CAPTURA DE CARBONO

Pedidos a: <[publicaciones@correo.chapingo.mx](mailto:publicaciones@correo.chapingo.mx)>

JUAN F. GALLARDO LANCHO

