

**XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo**

**29 – 31 de Octubre, 2008**

**Universidad Central del Ecuador, Quito**



# **LA MATERIA ORGANICA (MOS) Y SU PAPEL EN LUCHA CONTRA LA DEGRADACION DEL SUELO**

Por: **Alvaro García O., Ph.D.**

**Presidente Comisión Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas**

**Unión Internacional de Sociedades de la Ciencia del Suelo**

**Vicepresidente Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo**

**E-mail: [agarciao58@yahoo.es](mailto:agarciao58@yahoo.es)**



# La degradación y sus causas

## Limitaciones Físicas



**Dstrucción de la estructura por prácticas o uso de máquinas inadecuadas**



# Malas prácticas agrícolas o uso de tierras frágiles



La tierra está degradada cuando ha sufrido una pérdida de sus cualidades intrínsecas o una disminución de sus capacidades

## Densidades aparente y real ( $\text{Mg m}^{-3}$ ), Susceptibilidad a la Compactación, Porosidad Residual, Porosidad Total y Conductividad Hidráulica Saturada del suelo del RUT.

Densidad aparente inicial	Densidad aparente final	Susceptibilidad A compactación. (%)	Porosidad Residual (%)	Densidad real	Porosidad total	Humedad de campo (%)	C. H. Saturada. ml	H. Saturada. (cm/hora)
1,32	1,54	85,80	14,20	2,649	50,24	13,20	2,0	0,40
1,54	1,60	96,40	3,60	2,585	40,38	19,60	0,4	0,08
1,42	1,51	94,00	6,00	2,758	48,40	15,80	1,7	0,34



## Realidades

La compactación ocasionada por maquinaria reduce infiltración de 10.5 cm/hr 0.5 cm/hr.



Sánchez y Bandey (1982),



## Sellamiento y encostramiento superficial



Fotos: E. Amézquita, J. Galvis



## Reducción de la Infiltración, la Permeabilidad y C.hidráulica.



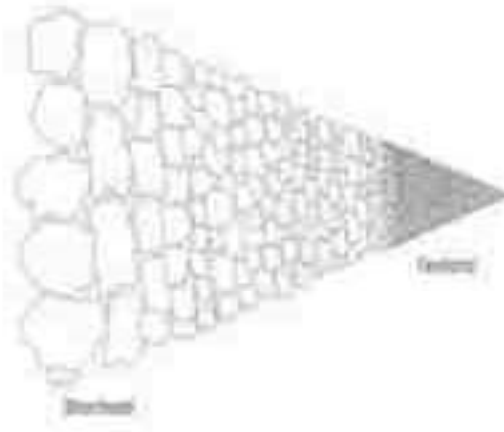
Fotos: E. Amézquita, J. Galvis



# Estructura

“La naturaleza y distribución por tamaño de agregados y, recíprocamente, del espacio de poroso se denomina estructura del suelo; juega un papel importante en la determinación de las propiedades físicas del suelo y por lo tanto de su fertilidad”

( D. Payne, 1994)



La pérdida de la estabilidad estructural es la principal causa de la formación del sellamiento superficial, la cual reduce su calidad física.

(Amézquita, 1966)



# Erosión

Fotos: E. Amézquita, J. Galvis

**La erosión deteriora los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo por arrastre y genera pobreza.**



# COMPACTACION

El uso permanente de implementos agrícolas a la misma profundidad, causa el conocido “pie de arado”

**CAPAS  
COMPACTADAS**



Fotos: E. Amézquita, J. Galvis

# ALGUNOS INDICADORES FÍSICOS

- Densidad aparente Alta ( $>1.4$  g/cc)
- Infiltración (lenta)  $< 1$  cm/hr.
- Conductividad hidráulica (lenta)  $< 1$  cm/hr.
- Porosidad total 40 - 45 %
- Microporosidad  $> 70$  %
- Penetrabilidad  $< 17$  kg/cm<sup>2</sup>

E. Amézquita, J. Galvis (2007)

# Manejo de Recuperación: Control Ambiental

**Manejo del ambiente  
físico**

**Succión de Agua  
Aireación  
Penetrabilidad  
Temperatura**

**Labranza apropiada  
Conservación de suelos  
Conservación de Aguas  
Riego y drenaje**

**Manejo del ambiente  
químico**

**Disponibilidad  
Oportunidad  
Aprovechabilidad**

- **Enmiendas**
- **Correctivos,**
- **Fertilizantes,**
- **Estimulantes**

# MANEJO BIOLÓGICO



## CONTROL

### ACTIVIDAD BIOLÓGICA

- Macrofauna
- Mesofauna
- Microfauna

- Abonos Verdes
- Residuos Superficiales
- Incorporación de Residuos
- Coberturas
- Asociaciones
- Reciclaje



# ESQUEMA SUGERIDO PARA LA RECUPERACION Y PRESERVACION DE SUELOS DEGRADADOS ( Amézquita, E. (2007)

 $\alpha$

# MATERIA ORGANICA DEL SUELO

Fracción del suelo que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por los habitantes del suelo.

# MOS: Importancia en el suelo

- Formación y mantenimiento de la estructura
  - Aumento de la CIC
- Aumento de la capacidad de amortiguación
  - Determina actividad biológica del suelo
- Incide sobre:
  - Nutrición de las plantas
  - Mecanismo de erosión
  - Balance hídrico
- Darle estabilidad al suelo.
- Capacitar al suelo para recuperarse de estreses
- Resistencia a la degradación.

# Efectos de las fracciones de la MOS

## Fracciones solubles:

- Pérdida rápida por acción del agua y los microorganismos
- Inicio del proceso de construcción estructural
- Estimulan actividad microbiana

## Fracciones resistentes a la degradación:

- Promueven el mejoramiento de la capacidad del suelo para recobrase de los estreses
- Gran durabilidad en el tiempo
- Efectos sobre propiedades físicas, químicas y biológicas

# Fracciones vs. tiempo

- Las fracciones de la MOS no se descomponen a la misma velocidad:
- Las fracciones solubles y la biomasa microbial tienen una vida muy corta.
- Las fracciones resistentes pueden tener ciclos de vida de cientos a miles de años

# AGENTES AGREGANTES TRANSITORIOS

Bacterias citófagas y esporocitófagas

Exudados microbianos y radiculares

Polisacáridos y mucopolisacáridos

Cola bacteriana

Material celulósico

Almidones

Jalea bacteriana (ácidos poliurónicos)

# EFFECTO DE MACROORGANISMOS

## Raíces

- \* Efecto de empaquetamiento
- \* Exudación de mucílagos y gomas
- \* Efecto mecánico: compactación, reorientación de partículas de arcilla

## Lombrices y termitas

\* Ingesta de partículas finas de suelo > agregación debido a la interacción de partículas de arcilla, adición de polisacáridos y componentes microbianos.

No humifican solo transforman

# PERSISTENTES

## \* Humus

- Complejos órgano-minerales
- Hace hidrófobas las superficies
- Parte del humus refuerza los poros más gruesos
- Reduce la tendencia al agrietamiento
- La formación de grietas reduce el tiempo de mojado

## \* Fuerzas interparticulares

- Atracción (van der Waals, electrostáticas)
- Repulsión: D.C.D. y hidratación



# Compostaje

- Cachaza, bagazo y bagacillo.
  - Cereza, cisco, pergamino, granos dañados de café.
- Industria del aceite de palma: raquis del racimo, fibra, afrecho.
- Cascarilla de arroz.
  - Champiñonaza.
  - Frutos dañados, cáscaras y semillas de frutas.
- Industria maderera: "chips" o astillitas, aserrín, virutas de madera, cortezas.
  - Lodos de Industrias cervecera, panificadora, levaduras, sucroquímica
    - Fibra de coco.
  - Resíduos de plátano, café, cacao, fríjol, maíz, papa, fríjol, sorgo.
  - Estiércoles: aves, cerdos, bovinos, especies menores.
  - Residuos orgánicos urbanos, plazas de mercado





# Fertilidad por sitio específico

- Fertilización basada en recomendaciones a partir de promedios que no tienen en cuenta la variabilidad propia del suelo => efectos negativos sobre la producción, el medio ambiente y economía de la agroempresa.
- Dosificación de enmiendas y formulación de fertilizantes basadas en concepción de superficies agrícolas homogéneas => sub y sobre fertilización => insostenibilidad y poca rentabilidad de los sistemas agrícolas.
- Alternativa : manejo de la fertilidad por sitio específico, el cual caracteriza, interpreta y utiliza la variabilidad para ofrecer recomendaciones precisas de acuerdo con las características del suelo.

(Leyva y Guerrero, 2007).

# Hacia la agricultura de precisión

- Modelo para evaluar variables edáficas con indicadores de calidad en suelos de unidades productivas se basa en el diseño y la aplicación de una metodología de capas para relacionar los componentes de calidad del recurso suelo, el estado de este, el manejo y su relación de la producción a nivel de finca.
- Identificar relaciones cultivo vs. condiciones del suelo = potencial de uso.
- Técnicas geomáticas => definen mapas temáticos  
Geoestadística => relación de variable en estudio y la producción.
- Variables de estado físico: densidad aparente, estabilidad estructural, resistencia a la penetración, textura.
- Variables químicas: bases, pH, M.O., P, acidez
- Indicadores ambientales: temperatura, precipitación, humedad relativa, evapotranspiración.
- La simulación de estas variables permite tomar decisiones sobre el posible manejo o la ubicación de cultivos futuros y especialmente para la búsqueda de la sostenibilidad, manejo y conservación del recurso suelo, basados en el análisis espacial.

# La labranza de conservación

- Rotaciones promueven contenido adecuado de MOS.
- Fertilización aumenta el nivel de M.O. (> biomasa y residuos).
- Pasturas mayores M.O. (~ 1% más que agricultura continua):
  - > aporte de residuos y raíces
  - < pérdidas por erosión
  - suelo protegido de la lluvia.
- Variabilidad y dependencia espacial de contenidos de A, L, Ar y su expresión mediante semivariogramas, => decisión par< establecer cultivos bajo agricultura de precisión.
- Propiedades físicas claves en fertilidad y son un componente básico de la calidad del suelo (Amézquita et al., 2004). Necesaria su evaluación para definir zonas de manejo específico (Borůvka et al., 2002).

# Biofertilización

Uso de microorganismos capaces de aportar nutrientes a las plantas:

- Formas simbiótica y no simbiótica con diversas plantas (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*), algas (*Azolla*), micorrizas, bacterias solubilizadoras de fosfatos y hongos que realizan funciones variadas como *Trichoderma*.
- Por inoculación o aplicación al suelo para facilitar su multiplicación.

# Prospección biotecnológica

- Producción solventes por *Clostridium* a partir de melaza de caña pome de palma: Acetona, butanol, etanol.
- Producción biopolímeros a partir de glicerol residual en producción biodiesel => biodegradables.
- Producción de biofertilizantes y promotores de crecimiento vegetal



# Fijación biológica de Nitrógeno (FBN)

- Economía de N en agricultura
- Fijan  $N_2$  at: en forma libre, asociados a una planta o en simbiosis.
- Aportes de N/año:
  - Fijación libre y simbiótica: 50 y 120 millones de Mg
  - Fertilizantes: 80 millones (Legard y Giller, 1995).
- Bacterias heterotróficas libres sintetizan nitrogenasa y obtienen C, H, O de la MOS o de exudados en rizosfera o de las plantas (simbióticas).  
Autotróficas, obtienen carbón del  $CO_2$  del aire
- *Azotobacter* (libre): Usable en cualquier cultivo y época de desarrollo de la planta. Utiliza  $N_2$  para formar su propia célula; rápida multiplicación. Regulan el crecimiento de las plantas, producen hormonas y favorecen la solubilidad y mineralización de MO agregada al suelo.

# Micorrizas

- Asociación simbiótica y mutualística entre raíces de plantas con micelios de hongos del suelo (Zigomicetos).
- Complementan fertilización.
- Tipos *f* (clase de asociación): endomicorrizas o ectomicorrizas.
- > superficie de absorción ; > absorción iónica; acumulación más eficiente y selectiva, especialmente P y Zn.
- Aumentan vida útil de pelos absorbentes y > resistencia a patógenos: *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* y nemátodos.
- > tolerancia de planta a toxinas del suelo, valores extremos de acidez del suelo y mayor resistencia a las sequías.
- Gran diversidad de los HMA, con tolerancia a Al intercambiable, deficiencia y/o exceso de nutrimentos, estrés hídrico.
- La diversidad y población relacionada con grado de fertilidad del suelo, principalmente con M.O. y con los cultivos asociados a café (Bolaños, 2000).

# Solubilizadores de fosfatos

- Algunos hongos, levaduras, bacterias y actinomicetes solubilizan complejos Ca-P.
- Efectivos en suelos alcalinos y/o calcáreos con complejos con Ca y en suelos con adición de roca fosfórica como enmienda y/o fertilizante
- Algunos pueden solubilizar complejos Fe-P o Al-P.
- En la rizosfera las bacterias solubilizadoras de fosfatos son mucho más abundantes que los hongos con la misma capacidad.

# Uso de microorganismos para mejorar actividad biológica en el suelo

- Fijadores: *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*
- Solubilizadores: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, Micorrizas
  - Actinomicetos: *Streptomyces*
- *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, MVA

