



FACULTAD DE
AGRONOMIA



SUSTAINABLE FARMING
SYSTEMS CO-INNOVATION

Simulación de la mineralización de la materia orgánica del suelo

**Seminario interno Proyecto
EULACIAS**

Montevideo 22 de abril de 2008

Responsables:

Ing. Agr. PhD Santiago Dogliotti

Ing. Sist. Jorge Corral

Esquema del seminario

- Relevancia y objetivos de la simulación de la dinámica de la materia orgánica del suelo (MOS) – (10 min.)
- Métodos o enfoques en los modelos de simulación de la MOS – (15 min.)
- Base teórica del modelo ROTSOM, ventajas y limitaciones – (35 min.)
- Introducción al uso del modelo ROTSOM – (120 min.)

La MOS es el principal indicador de calidad de suelo

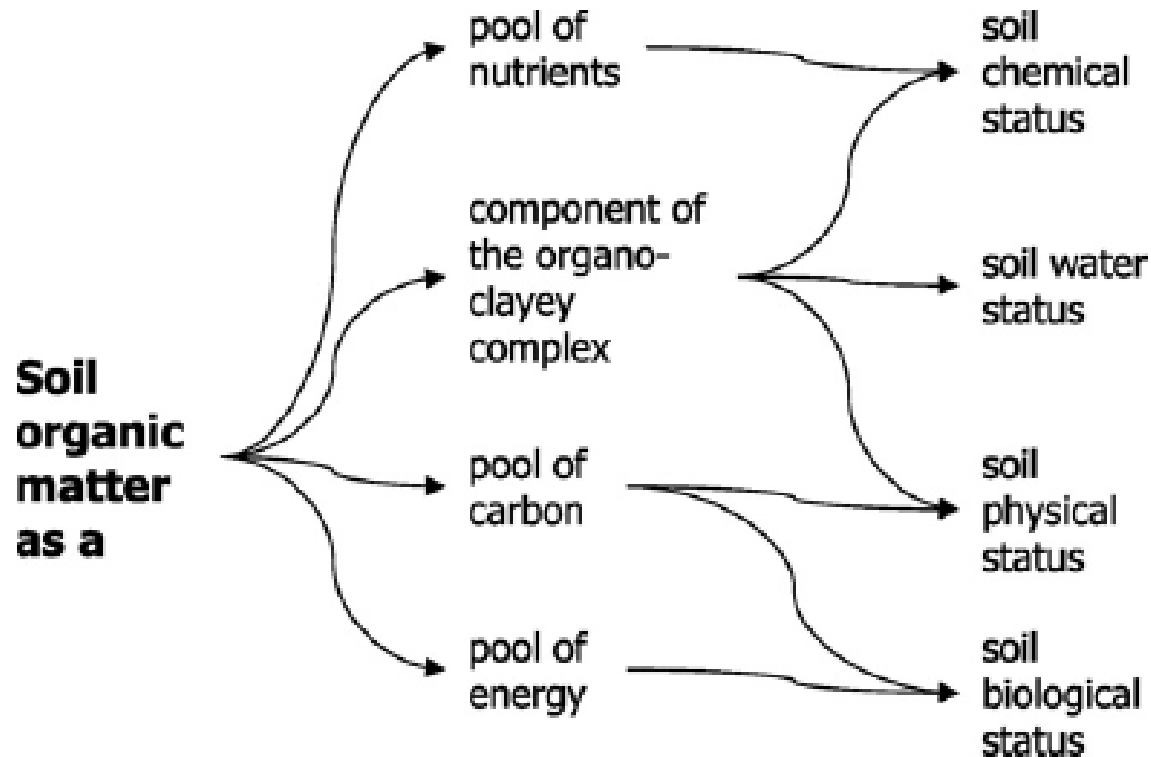


Fig. 1. Relationships between soil organic matter and soil fertility.

Extraído de Raphae J. Manlay, Christian Feller y M.J. Swift, 2007.
Agriculture, Ecosystems and Environment 119 (2007) 217–233

La MOS es el principal indicador de calidad de suelo

Tiene efecto en la calidad física, química y biológica del suelo y por lo tanto es de gran relevancia para la sostenibilidad de los rendimientos de cultivos y pasturas.

Entre otras cosas afecta:

- Estructura (aireación, crecimiento radicular, resistencia erosión)
- Capacidad del suelo de suministrar agua a los cultivos
- Capacidad del suelo de suministrar nutrientes a los cultivos
- Actividad biológica y 'supresividad' del suelo de patógenos

Objetivos de la simulación de la dinámica de la MOS

- Comprender los procesos que intervienen en la transformación de la materia orgánica desde restos frescos y muy activos hasta compuestos muy viejos, complejos y recalcitrantes
- Predecir el impacto de sistemas de manejo en la calidad del suelo, y en la sostenibilidad de los rendimientos (balance de nutrientes, etc.)
- Elaborar planes racionales de fertilización de cultivos
- Predecir el impacto del cambio climático global y su interacción con las reservas de carbono en el suelo

Tipos de modelos de simulación de la MOS

- Process-oriented multi-component models
 - Especializados en la simulación de la dinámica del carbono y otros nutrientes en el suelo en el largo y corto plazo (ej. CENTURY y ROTH-C).
 - Módulos dentro de modelos de simulación de Sistemas de Cultivos (CERES, SUNDIAL, STICS, NC-SOIL)
- Mono-component models (Kortelevan, Yang and Janssen, NDICEA)

Process-oriented multi-component models

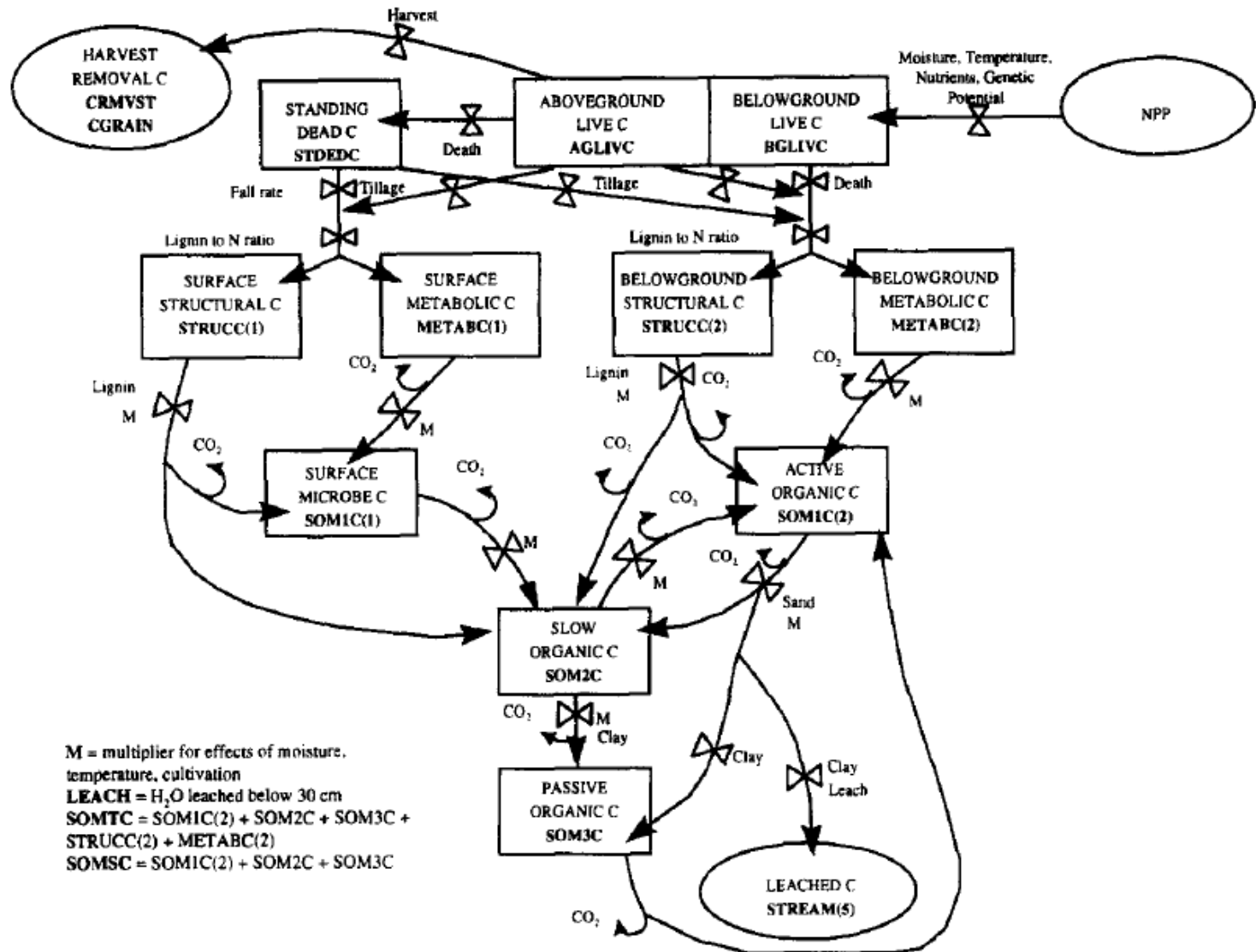


Fig. 1. Diagram of pools and fluxes in the Century model. Following Metherell et al. (1993).

Extraído de R.H. Kelly et al. / Geoderma 81 (1997) 75-90

Process-oriented multi-component models

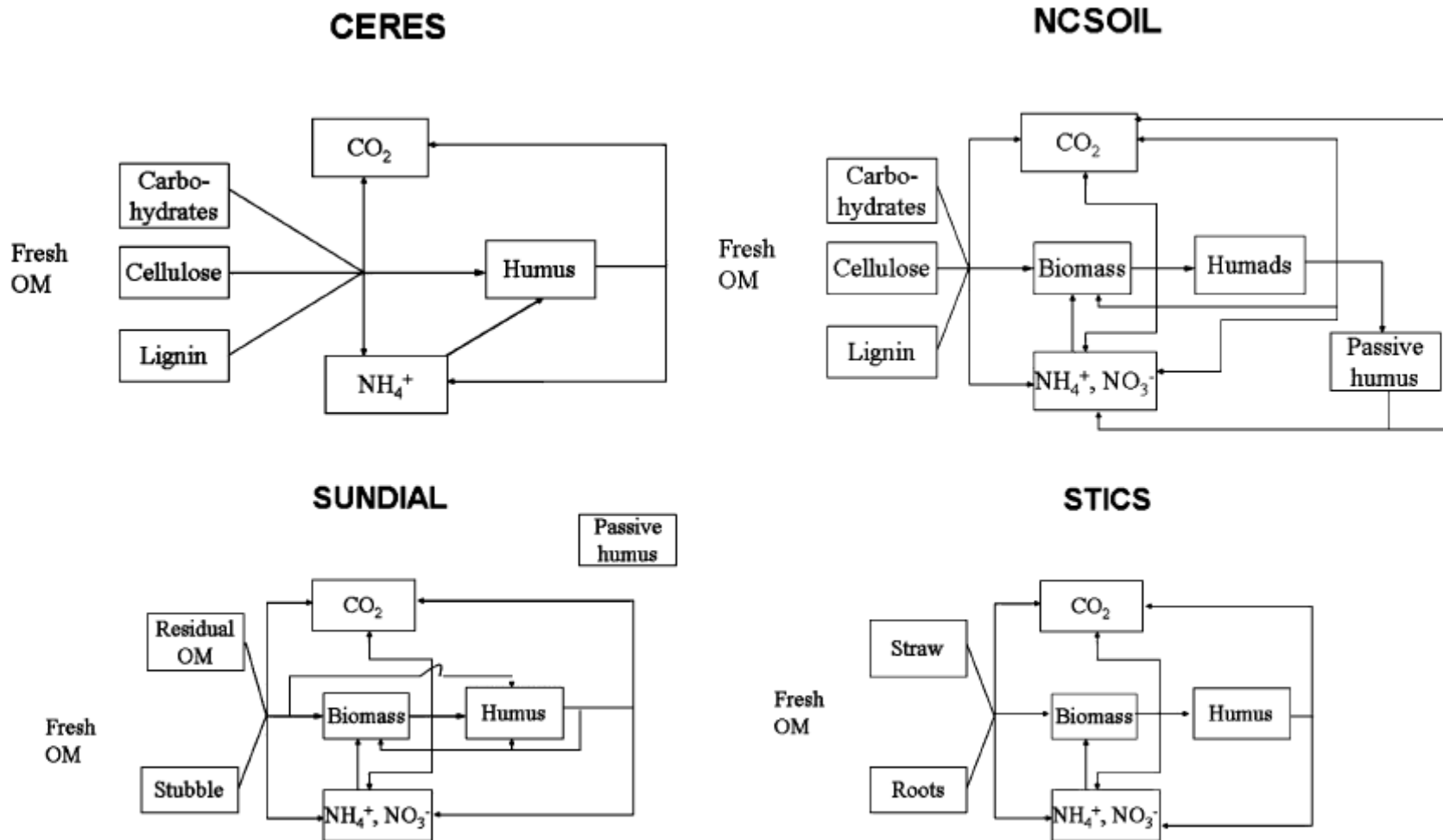


Fig. 1. Flow charts of the four soil C–N turnover modules tested. The dotted line with double arrows indicates mineralization into the inorganic C and N pools. In NCSOIL, ‘humads’ correspond to the active humus compartment.

Bases teóricas del modelo ROTSOM

1. Contenido de materia orgánica del suelo en estado estable

Hipótesis (Henin y Dupuis, 1945; Kortelevan, 1963):

- De la materia orgánica fresca aplicada un porcentaje se transforma en humus luego de un período determinado de tiempo, usualmente 1 año.
- Por año, se descompone un porcentaje fijo de la MOS

$$1. \quad Y_1 = hX$$

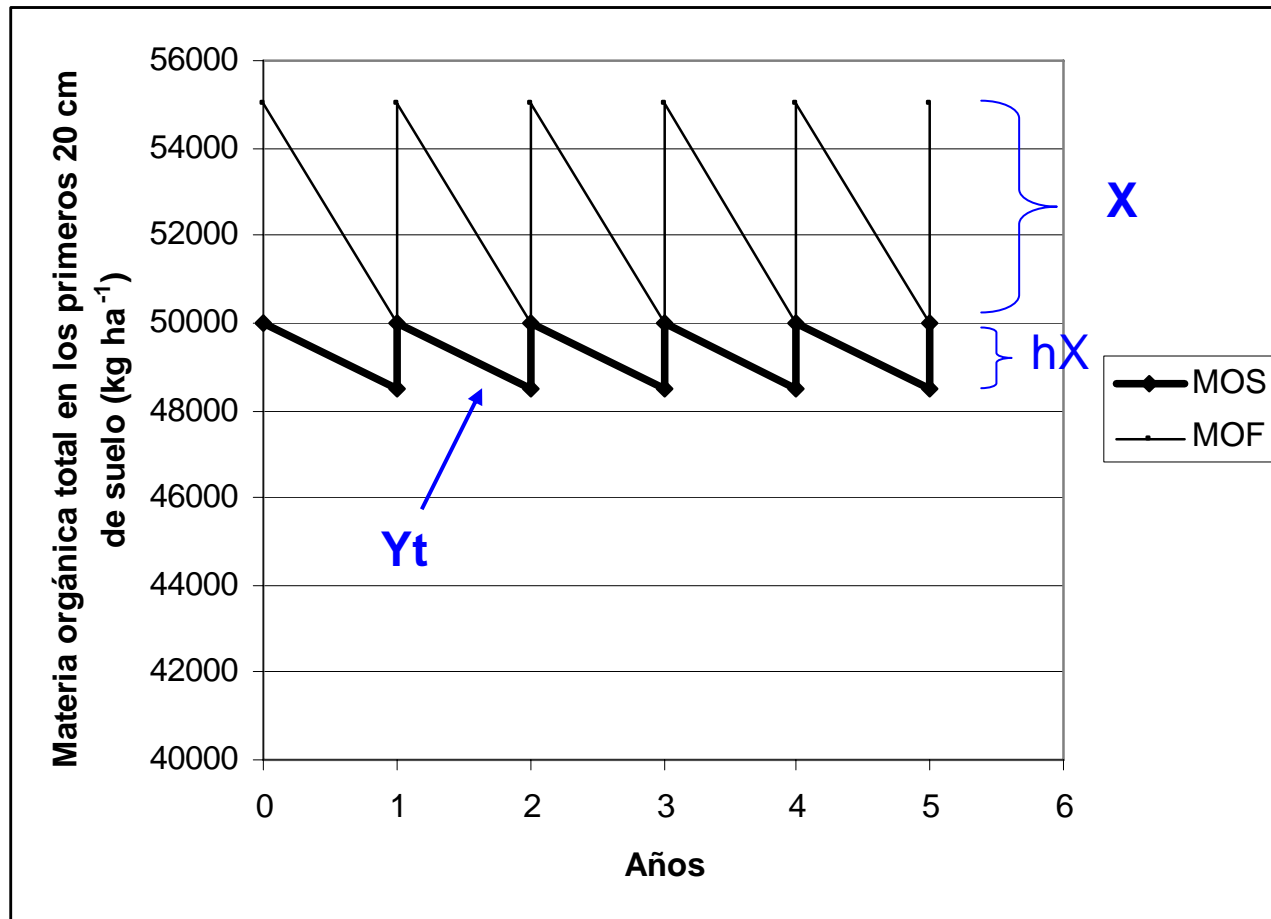
$$2. \quad Y_{t+1} = Y_t(1-r)$$

Contenido de MOS en equilibrio: $Y = hX/r$

Donde, Y_1 es la cantidad de MOS originada de X luego de un año; X es la cantidad de MO aplicada al suelo por año; y h es el coeficiente de humificación (cantidad remanente después de un año de la MO fresca aplicada).

Y_t e Y_{t+1} es la cantidad de MOS presente en el tiempo t y tiempo $t+1$; r es la fracción de MOS que se descompone cada año.

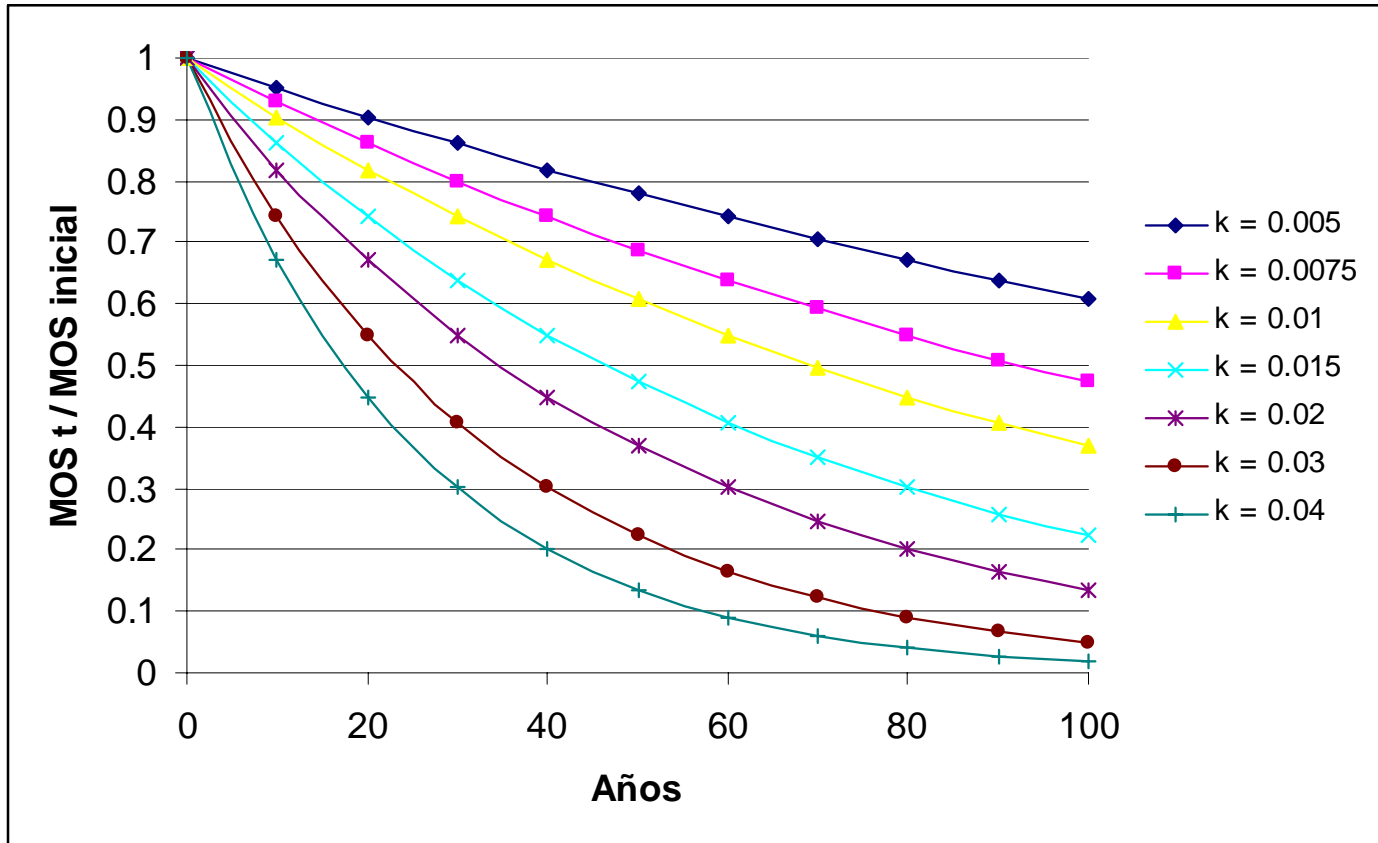
Bases teóricas del modelo ROTSUM



Suelo conteniendo 50000 kg MO en los primeros 20 cm, aplicación anual de 5000 kg de MO fresca, $r = 0.03$ y $h = 0.3$

Bases teóricas del modelo ROTSUM

Descomposición de la materia orgánica presente en el suelo (Henin y Dupuis, 1945)

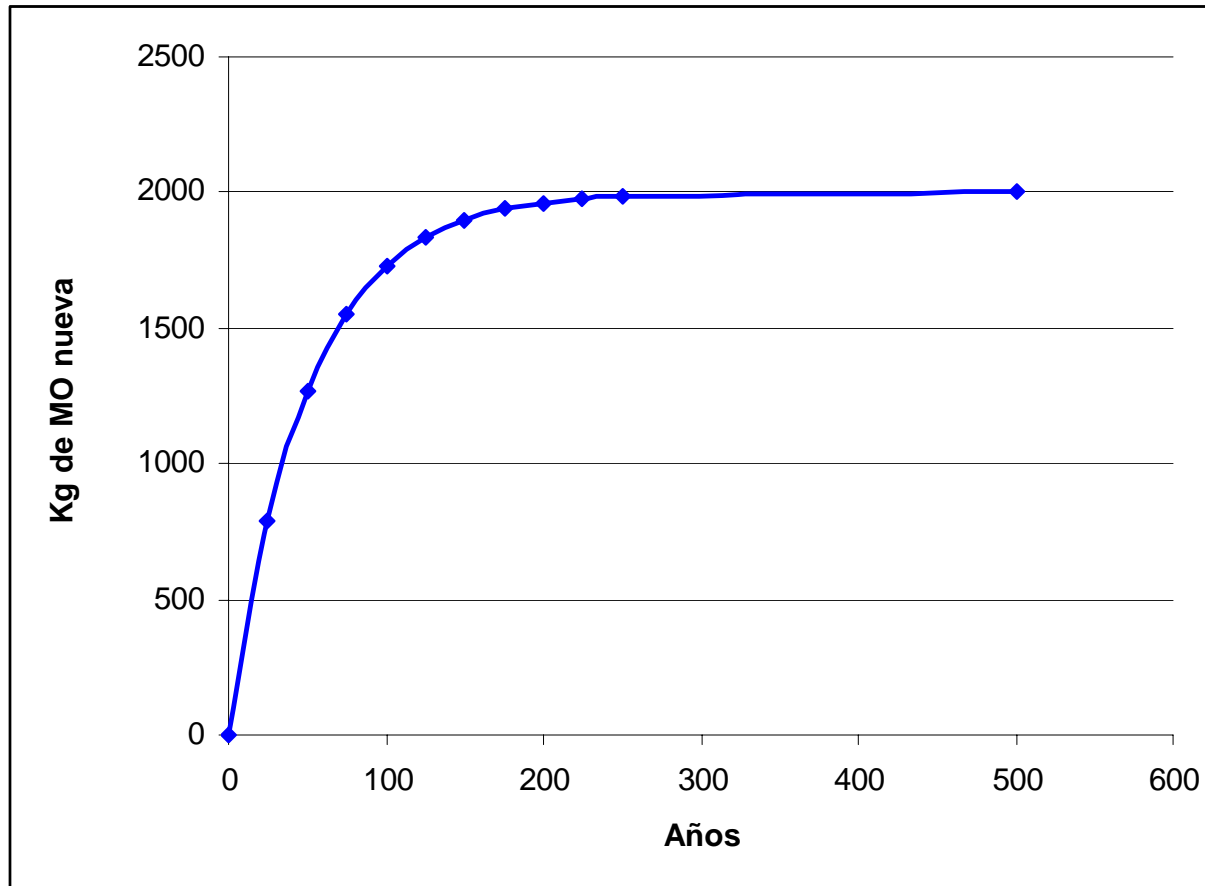


$$\text{MOS } t / \text{MOS inicial} = e^{-k t}$$

$$\text{Ln MOS } t = -k t + \text{Ln MOS inicial}$$

Bases teóricas del modelo ROTSOM

Formación de nueva materia orgánica en el suelo (Henin y Dupuis, 1945)



$$X = 100$$

$$H = 0.4$$

$$k = 0.02$$

$$M_{\text{Onueva}}_t = hX/k * (1 - e^{-k t})$$

Bases teóricas del modelo ROTSUM

Formación de nueva materia orgánica en el suelo (Henin y Dupuis, 1945)

$$\text{MOtotal}_t = \underbrace{hX/k * (1 - e^{-k t})}_{\text{Evolución de la materia orgánica fresca agregada al suelo}} + \underbrace{\text{MOS inicial} * e^{-k t}}_{\text{Evolución de la materia orgánica original presente en el suelo}}$$

Evolución de la materia orgánica fresca agregada al suelo

Evolución de la materia orgánica original presente en el suelo

Bases teóricas del modelo ROTSOM

Simulación de la evolución del contenido de materia orgánica original del suelo:

1. Estimación del pool de humus recalcitrante o muy estable (Rülmann, 1999):

$$C_{\min} (\%) = 0.017 * B - 0.001 * e^{(0.075*B)}$$

Dónde B = % de arcilla y limo

2. Estimación de la mineralización de la MO inicial del suelo:

$$MOS_t = MOS_{t-1} - ((MOS_{t-1} - MOS_{\min}) * R) * dt$$

$$MOS_{\min} (\text{kg ha}^{-1}) = C_{\min} * 1.723 * D_{ap} * 1000$$

R (año⁻¹) = tasa de descomposición (0.03)

Bases teóricas del modelo ROTSOM

Simulación de la evolución de la materia orgánica agregada durante el período de simulación:

$$A_{it} \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = A_{i0} * \text{EXP}(-R9i * (\text{FC} * t)^{1-Si})$$

Dónde,

A_{it} es la cantidad de sustrato de tipo i remanente en el tiempo t

A_{i0} es la cantidad de sustrato de tipo i agregado al suelo originalmente

$R9_i$ es la tasa relativa de mineralización inicial del sustrato i

$$R9_i = -\text{Ln}(h_i)$$

S es la medida de la velocidad a la cual disminuye la tasa de mineralización del sustrato i con el tiempo o 'velocidad de envejecimiento del sustrato'

FC es un factor de corrección que combina el efecto de la temperatura media, textura de suelo, humedad, ph y laboreo en la descomposición de la materia orgánica

Bases teóricas del modelo ROTSOM

Cálculo del factor de corrección (FC):

1. Textura

FC suelos franco arcillosos a franco arcillo limosos = 0.6 (Janssen, com. pers.)

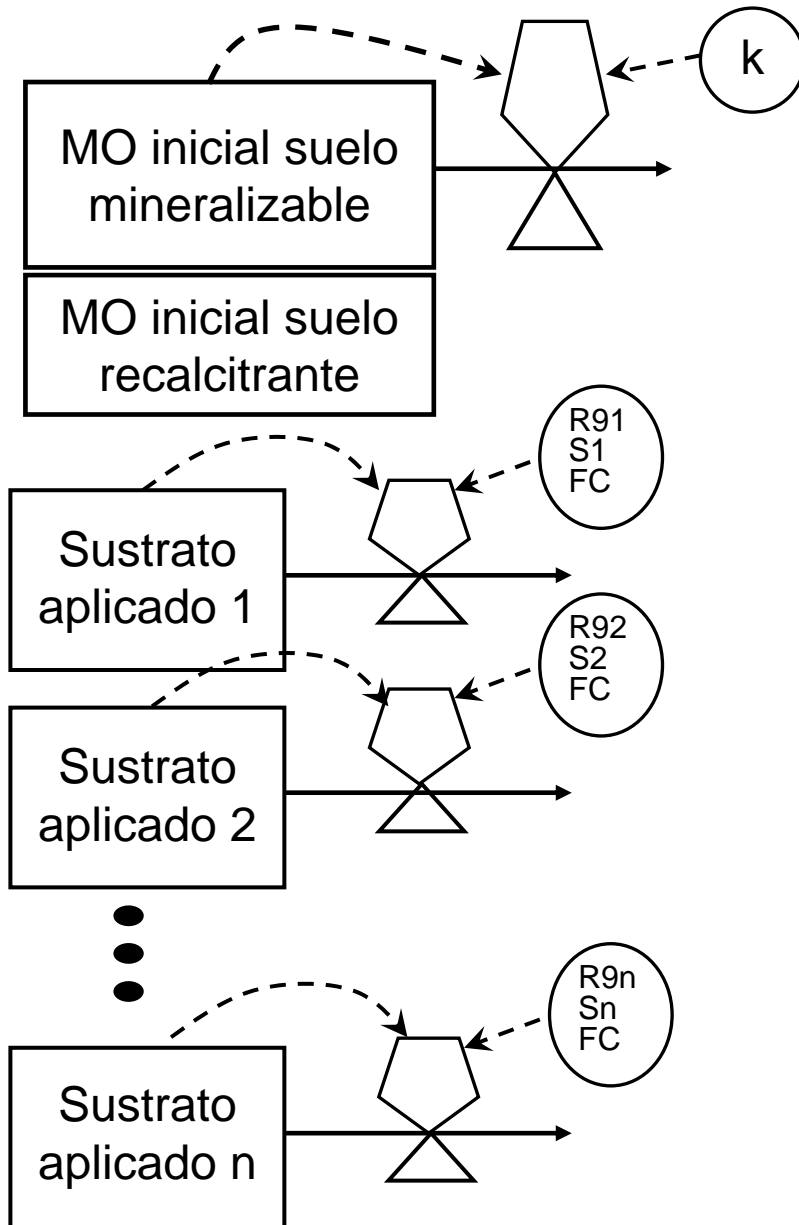
2. Temperatura

$$FC_{\text{temp}} = 2^{(T-9)/9}$$

3. Laboreo

FC sin laboreo = 0.5

Bases teóricas del modelo ROTSOM



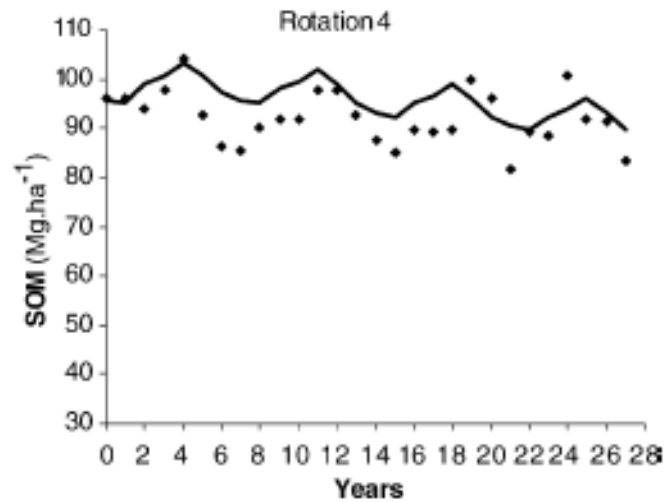
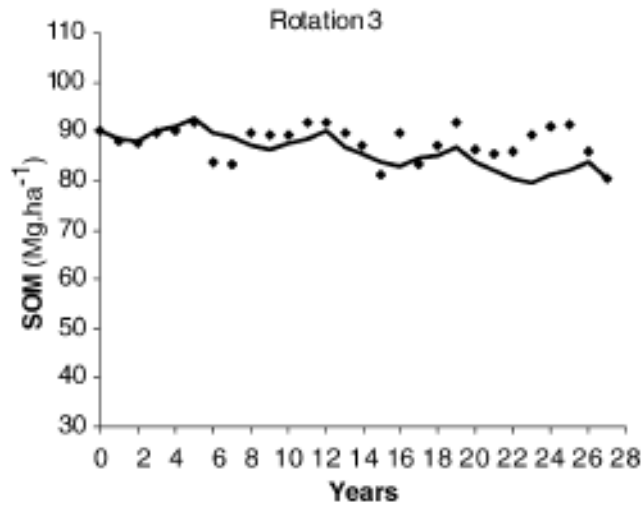
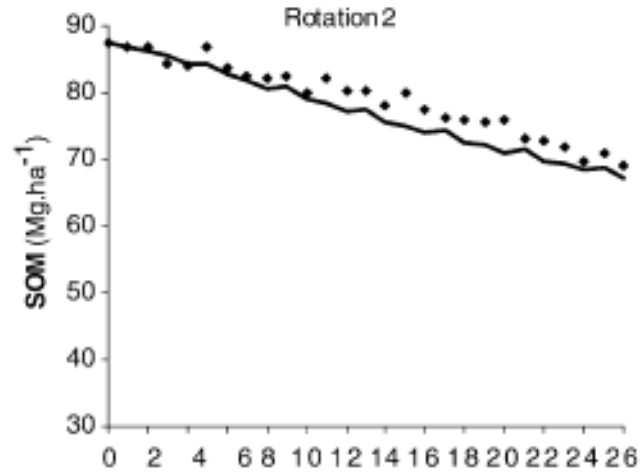
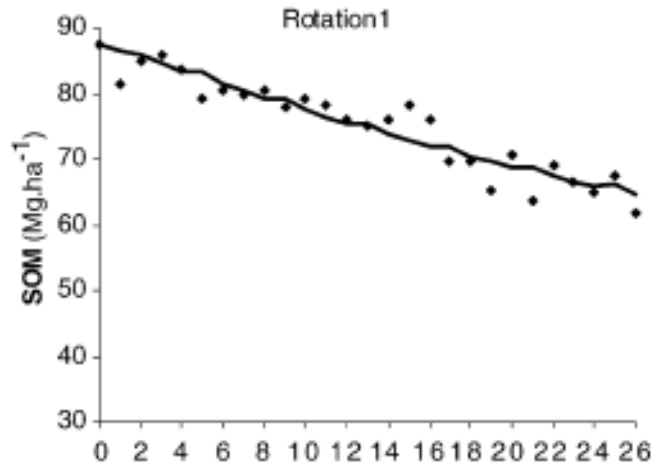
Bases teóricas del modelo ROTSOM

Table 4.7. Description of four of the crop rotations of the long-term rotation experiment at “La Estanzuela” research station in Southern Uruguay. The experiment started in 1963 on a typical argiudoll. The amount of SOM was estimated using a bulk density of 1.25 g cm^{-3} (1% is equivalent to $25,000 \text{ kg ha}^{-1}$ of SOM in the top 20 cm). Elaborated with data from Dias Rosello (1992).

| Rotation | SOM% in 1963 | SOM% in 1990 | Cumulated grain yield (Mg ha^{-1}) | Cumulated forage yield (Mg ha^{-1}) | Rate of change of SOM ($\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) |
|---|-----------------|-----------------|---|--|--|
| 1 Sorghum-Flax-Wheat-Sunflower (4 year rotation) without fertilizer | 3.5 | 2.5 | 28.6 | 0 | -929 |
| 2 Sorghum-Flax-Wheat-Sunflower (4 year rotation) with fertilizer | 3.5 | 2.8 | 45.4 | 0 | -670 |
| 3 Sorghum-Flax-Wheat-Sunflower-4 year Alfalfa (8 year rotation) | 3.6 | 3.5 | 28.6 | 97.5 | -136 |
| 4 Sorghum-Flax-Wheat-Sunflower- 4 year Grass and Legume pasture (8 year rotation) | 3.8 | 3.6 | 26.8 | 99 | -176 |

Extraído de S. Dogliotti (2003)

Bases teóricas del modelo ROT SOM



Extraído de S. Dogliotti et al., Agricultural Systems 80 (2004) 277–302