

**REHABILITACIÓN DE LOS SUELOS VOLCÁNICOS DEGRADADOS
UTILIZANDO ABONOS ORGÁNICOS
CUENCA DEL RÍO LAS CAÑAS - EL SALVADOR
Resultados comentados, recomendaciones
después de 4 años de experimentación**

Jornadas Ambiental - proyecto "Rehabilitación
de la subcuenca del río Las Cañas"
(San Salvador 12, 13, 14 de septiembre de 1995)

Jean COLLINET (*), Manuel MAZARIEGO ()**

Resumen

La construcción de suelos bastante fértiles, para obtener rendimientos interesantes de granos básicos sobre cenizas y pomas volcánicas, es posible incorporando, dentro de ellas, varios tipos de materia orgánica.

Después de cuatro años, se notó un aumento bastante importante de la materia orgánica del suelo y la formación de un verdadero suelo joven que va a retener fuertemente los nutrientes naturales o los abonos minerales.

Del punto de vista científico y entre varios orígenes de materiales orgánicos, aparece que los residuos enterrados del Madre Cacao (*Gliricidia Sepium*), al cabo de dos años se hacen tan interesantes como los estiércoles de gallina (*Gallinaza*). Del punto de vista socio-económico la preferencia debería ir también al Madre Cacao por su facilidad de utilización como proveedor de los residuos vegetales necesarios, sus efectos durables en el suelo así como su papel en la conservación general de la cuenca si se siembra como cercas vivas.

(*) **Jean Collinet:** pedólogo ORSTOM / CATIE (Instituto Francés de Investigación Científica en Cooperación para el Desarrollo, Francia / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, América Central - Costa Rica).

(**) **Manuel Mazariego:** ingeniero agrónomo MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) de El Salvador, extensionista en el proyecto CEL-MAG-CATIE-USAID, entre otras cosas..responsable de las actividades de campo de esta operación de investigación-desarrollo "Abonos orgánicos..".

Introducción

En El Salvador en general, y en la región de Tonacatepeque en particular, muchos suelos son erosionados bajo el efecto de una sobre-explotación agrícola en pendientes fuertes. En las peores situaciones, los granos básicos se cultivan sobre cenizas y pomas volcánicas que no son suelos sino materiales parentales de los suelos.

El proyecto regional e interinstitucional CEL-MAG-CATIE-USAID "Rehabilitación de la cuenca del río Las Cañas" aplica, en esta cuenca degradada, medidas de restauración físicas, sociales y biológicas.

Entre ellas, se inscribe nuestra operación de "Rehabilitación de los suelos volcánicos degradados utilizando abonos orgánicos" de la cual se propone resumir los resultados de 1992, 1993, 1994 y parte de 1995.

Objetivos

Los objetivos se resumen en tres proposiciones:

1. aumentar la *productividad* de las tierras en granos básicos para disminuir la presión de los campesinos sobre ellas,
2. contribuir al aumento de la *capacidad de absorción hídrica* general de la cuenca por las lluvias,
3. procurar que las medidas de *restauración sean realistas* en el contexto del actual nivel de los ingresos de los campesinos salvadoreños.

Medio ambiental

El medio ambiental puede resumirse en cuatro puntos:

- Paisaje disecado dentro de gruesas capas de cenizas, pomas y tobas volcánicas generalmente blandas,
- Clima tropical semi-húmedo, $P = 1800\text{mm.año}^{-1}$, un 80% de las lluvias caen entre mayo y octubre, "canícula" posible en julio,
- Zona de vida, sería una selva tropical caducifoliácea, pero el uso actual ha cambiado todo esto con 38% de zonas cultivadas (granos básicos, tabaco más escaso desde 1993, cafetales, frutales, cañas), 25 % de galerías forestales en las quebradas o vertientes abruptas, 18% urbanizadas y 19% de zonas de barbechos y pastos,
- Suelos, por los cuales se debe distinguir las dos situaciones más opuestas siguientes:

- (i) en mesetas y vertientes poco inclinadas se ubican los

materiales pardos, espesos, sueltos y homogéneos, son Vitrosoles y Andosoles eútricos (Clasificación francesa), Vitric e Umbric Andosoles (FAO), Ustividrands o Haplustands (USDA), resultados de análisis en el cuadro I,

(ii) los vertientes con pendiente de más de 25% son las zonas de los afloramientos de cenizas, pomas, tobas, y algunos suelos Poco Desarrollados Regosólicos (Francia), Eutricos Regosoles (FAO), Ustarents, Ustropepts (USDA). Esta última situación (ii) será la situación del suelo al inicio del ensayo, resultados de análisis en el cuadro II.

Cuadro I : Andosoles eútricos, charral de *Gliricidia sepium*

	A	L	a	MO	C/N	pH	CIC	Sat	CaMg/K	Ftot	FOLS
-5cm	20	30	50	5,4	11	6,1	15,5	87	10	450	35
-25cm	35	20	45	2,4	11	6,0	16,0	77	7	325	16

Cuadro II : Suelos poco desarrollados regosólicos, *maíz*

	A	L	a	MO	C/N	pH	CIC	Sat	CaMg/K	Ftot	FOLS
-5cm	10	25	65	0,6	-	5,5	8,0	62	6	350	13
-25cm	15	30	55	0,4	-	5,6	10,0	62	9	250	5

A: arcilla %, L: limo %, a:arena %, MO: materia orgánica %, C/N: razón carbono/nitrogeno total, pH: acidez (agua), CIC: capacidad de intercambio cmol kg⁻¹, Sat: suma cationes intercam-biables dividida por CIC %, CaMg/K: equilibrio Ca+Mg dividido por K, Ftot: fósforo total mg kg⁻¹, FOLS: fósforo Olsen mg kg⁻¹

Método, problemática

El método se basa en el seguimiento de las evoluciones de los cultivos de la asociación maíz + frijol y de los suelos en siete parcelas experimentales de 400m² instaladas en 1991 en uno de los campos *más degradados* de la cuenca con pendientes fuertes entre 30 y 45% .

Dos parcelas sirven de *TESTIGO* (TEST), dos reciben 15 t ha⁻¹ de *GALLINAZA* (ESTI), tres reciben 18 t ha⁻¹ de fragmentos frescos de *MADRE CACAO* enterrados (MVFE) o *derramados en la superficie*, como "*mulch*" después de la siembra (MVFS).

Los mejoramientos esperados serán:

- a corto plazo, un aumento de los rendimientos por el suministro de nutrientes rápidamente utilizables como el Fósforo y el Nitrógeno,

- a mediano plazo, la reconstrucción del complejo absorbente

del suelo para fijar los nutrientes,

- a largo plazo, la re-estructuración de los suelos, con todos sus aspectos positivos para la vida y la conservación del suelo, tales como su estabilidad estructural, su porosidad, su actividad biológica.

Resultados

1. Efectos a corto plazo

1.1. Rendimiento de los granos básicos

Cuadro III: Rendimiento del MAIZ

	maíz 1992			maíz 1993			maíz 1994		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
TESTI	2200	33	-	3800	58	-	5500	84	-
GALLI	3100	49	+48%	5600	85	+46%	6300	96	+14%
MADRE	3000	46	+39%	4800	72	+24%	7300	112	+33%

Cuadro IV: Rendimiento del FRIJOL

	Frijol 1993			Frijol 1994		
	a	b	c	a	b	c
TESTI	1850	28	-	1411	21	-
GALLI	1500	23	-23%	1224	18	-15%
MADRE	2312	35	+25%	1300	13	-08%

a = kg ha⁻¹ (kilogramos por hectárea)

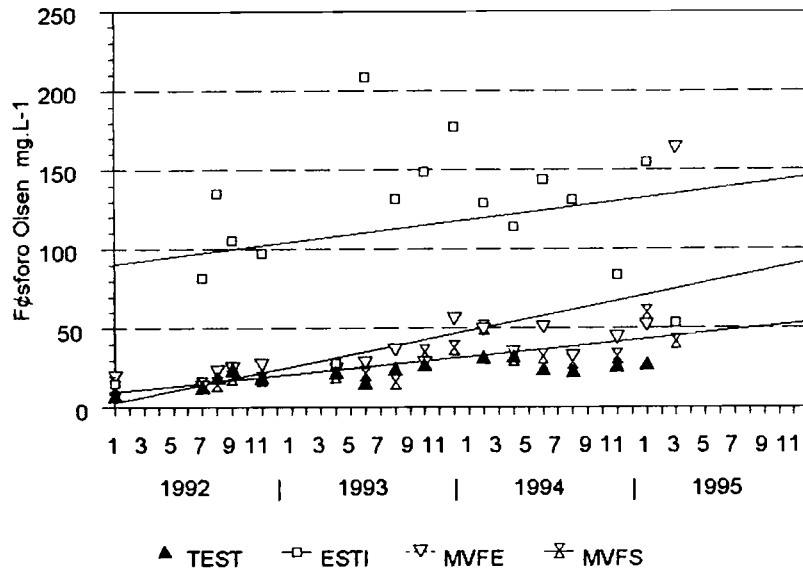
b = qlb mza⁻¹ (quintales de libras por manzana)

c = comparación entre el testigo y los ensayos %

Los tratamientos *GALLINAZA* (ESTI) y *MADRE CACAO* (MVFE) muestran un aumento importante de los rendimientos, efecto previsto por el aporte del nitrógeno y del fósforo (Fig. 1) rápidamente asimilables.

Entre 1992 y 1994, el tratamiento *MADRE CACAO* pasa a ser finalmente el mejor. Se puede notar, en el cuadro IV, el efecto sobre los rendimientos del frijol del difícil control de las malezas con el tratamiento *GALLINAZA*.

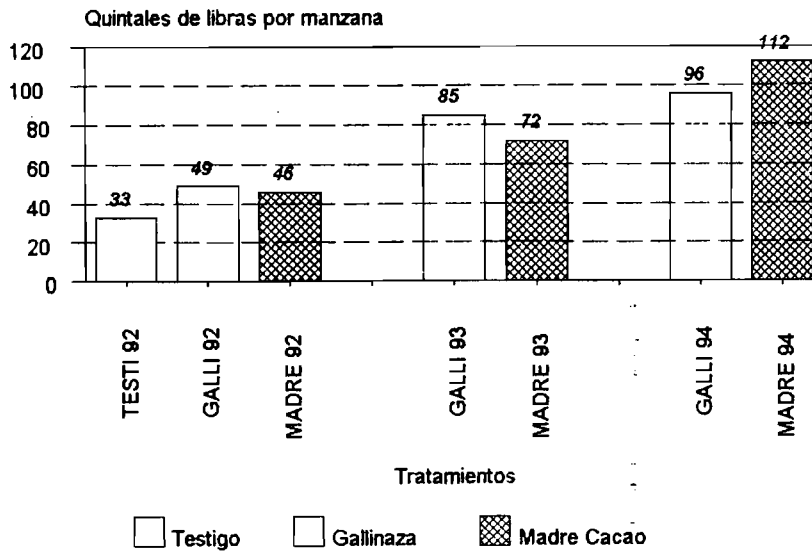
El Salvador, cuenca del río Las Casas
Fósforo Olsen sitio 2 0/10cm 1992-1995



FOL02

Figura 1: Evoluciones comparadas del fósforo Olsen en varias situaciones experimentales

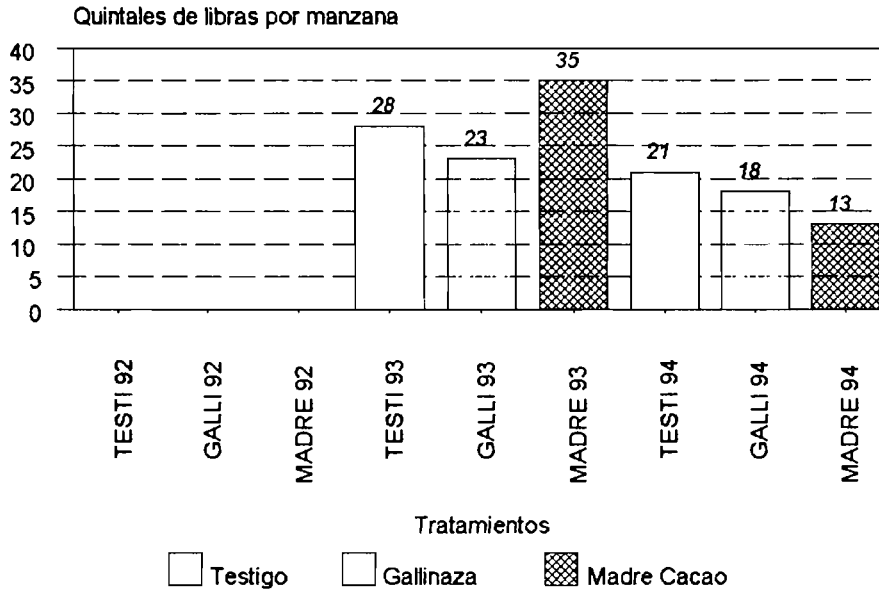
El Salvador, cuenca del río Las Casas (La Fuente)
Rendimiento del maíz 1992, 1993, 1994



MA022340

Figura 2: Rendimiento del maíz (Quint.Lib.Mza)

El Salvador, cuenca del río Las Carras (La Fuente)
Rendimiento del frijol en 1993 y 1994



FRIJOL34Q

Figura 3: Rendimiento del frijol (Quint.Libr.Mza)

1.2. Conservación de los suelos

El crecimiento rápido del follaje del maíz por las situaciones *GALLINA* y *MADRE CACAO* asegura una protección eficaz contra la erosión del suelo poco tiempo después de la siembra (Fig.4 y 5)

El maíz, más rápidamente desarrollado con la *GALLINAZA*, asegura una protección eficaz del suelo contra la erosión que es solamente de 2 T.ha-1. En cambio, el crecimiento retrasado en la parcela *TESTIGO*, sin abonos orgánicos, se traduce por erosiones casi 10 veces más fuertes.

La cobertura vegetal tiene dos efectos:

- (i) interceptación directa de la energía de las lluvias (Fig.4),
- (ii) protección contra la destrucción de los camellones por limitación de la velocidad de los flujos hídricos

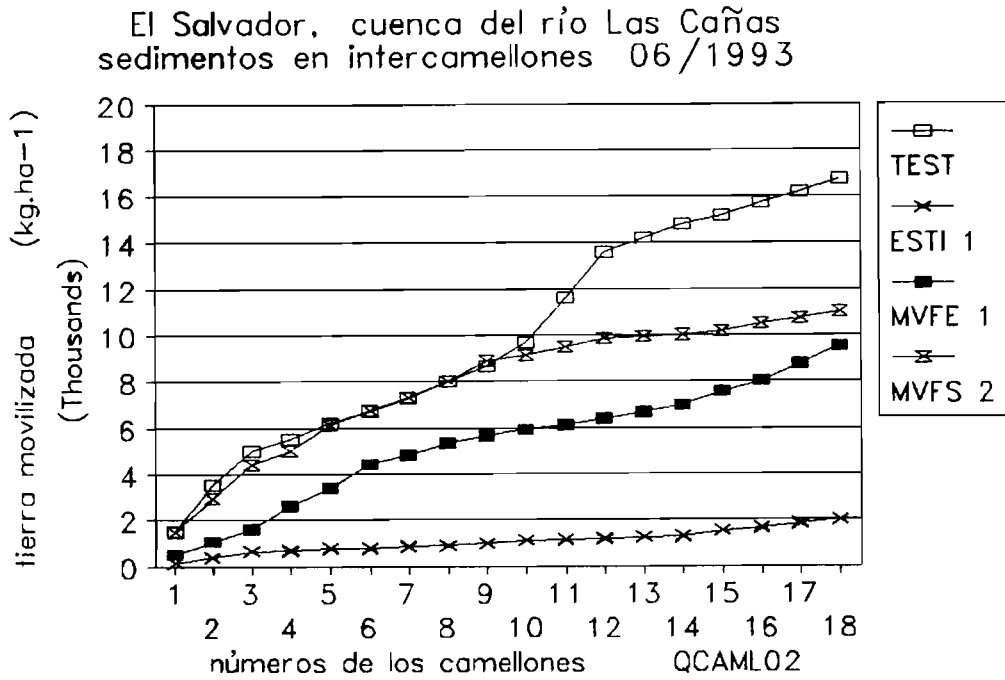


Figura 4: movilización de las tierras en los intercamellones con diferentes estadios de desarrollo de la cobertura vegetal

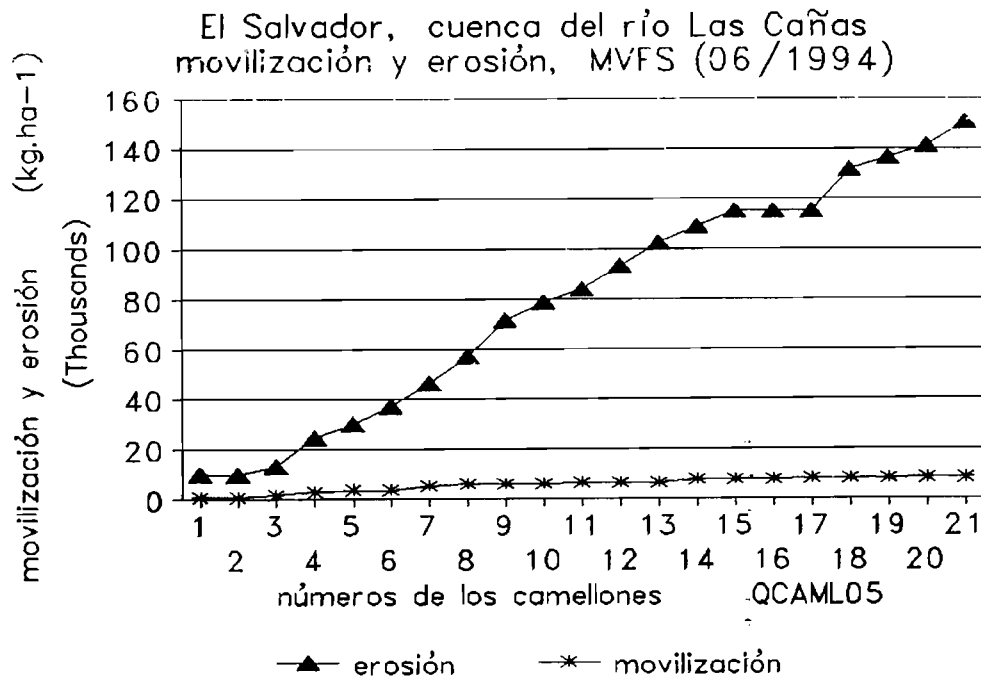


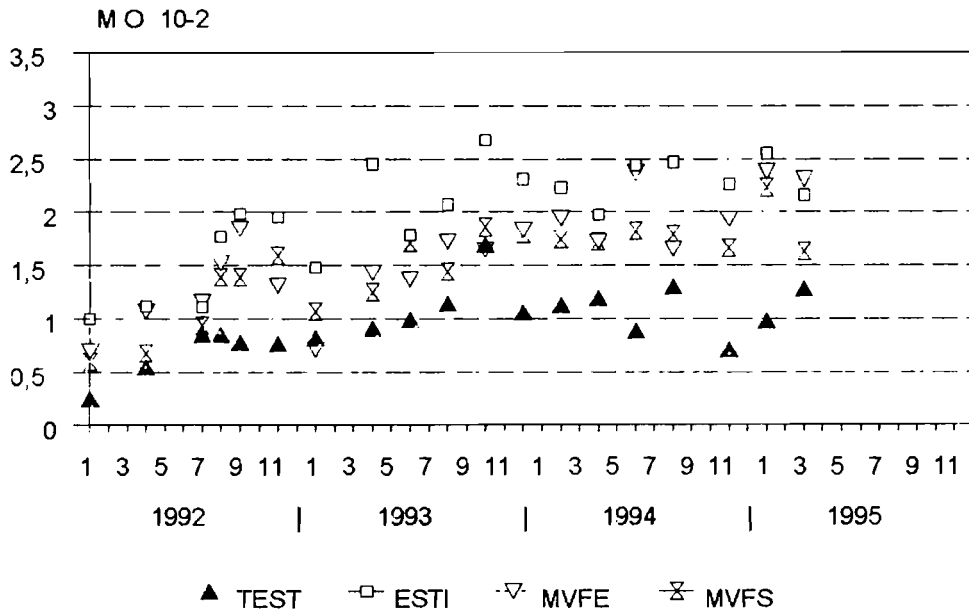
Figura 5: comparación entre la movilización y la erosión de la tierra (ejemplo de la parcela MVFS)

2. Efectos a mediano plazo

La construcción del complejo absorbente organo-mineral resulta de una acumulación progresiva de ciertos tipos de compuestos orgánicos, sintetizados en el suelo a partir de los residuos frescos, y de sus combinaciones efectivas con la parte mineral fina del suelo (arcillas y parte del limo).

En el balance de más de tres años , las tendencias muestran acumulaciones, año por año, de la materia orgánica del suelo (Fig. 6).

*El Salvador, cuenca del río Las Casas
evolución de las tasas de materia orgánica
sitio 2 0/10cm 1992-1995*



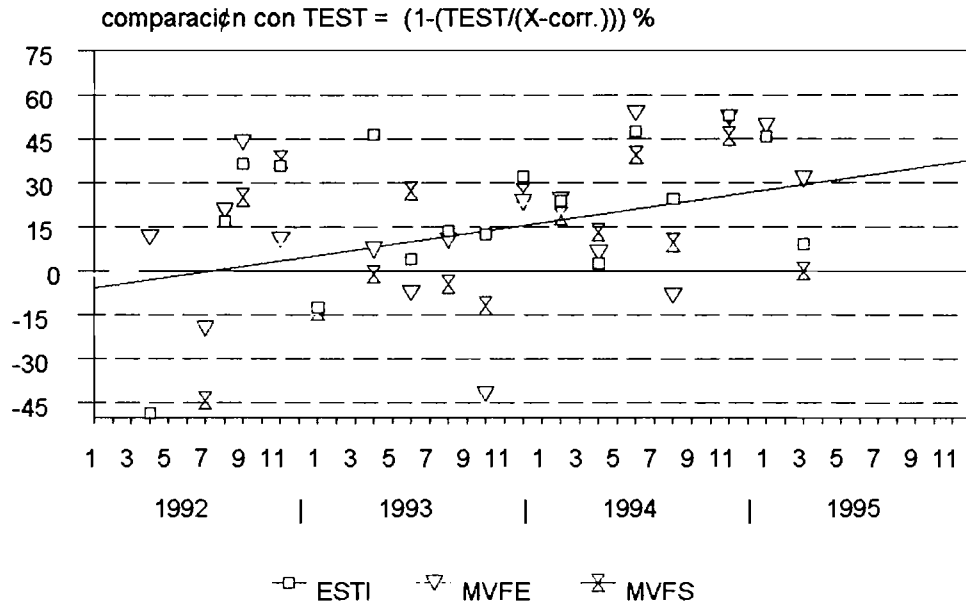
MO04

Figura 6: evoluciones comparadas de las tasas de materia orgánica en varias situaciones

El aumento absoluto de la materia orgánica alcanza 150% para la situación *GALLINAZA* (ESTI), y 100% para el *MADRE CACAO* (MVFE o MVFS). En 3 años, el *TESTIGO* (TEST) da un aumento menor de 40%, esto, bajo el único efecto de la restitución parcial de los residuos culturales. Con relación a esta evolución propia de TEST entre 1992 y marzo de 1995 los aumentos de ESTI , MVFE y MVFS se reducen respectivamente a los nuevos valores relativos

corregidos de 40% para ESTI, y 30% para MVFE y MVFS.. lo que queda apreciable (Fig. 7).

El Salvador, cuenca del río Las Cañas
evoluciones comparadas de MO con el testigo
sitio 2 0/10cm 1992-1995

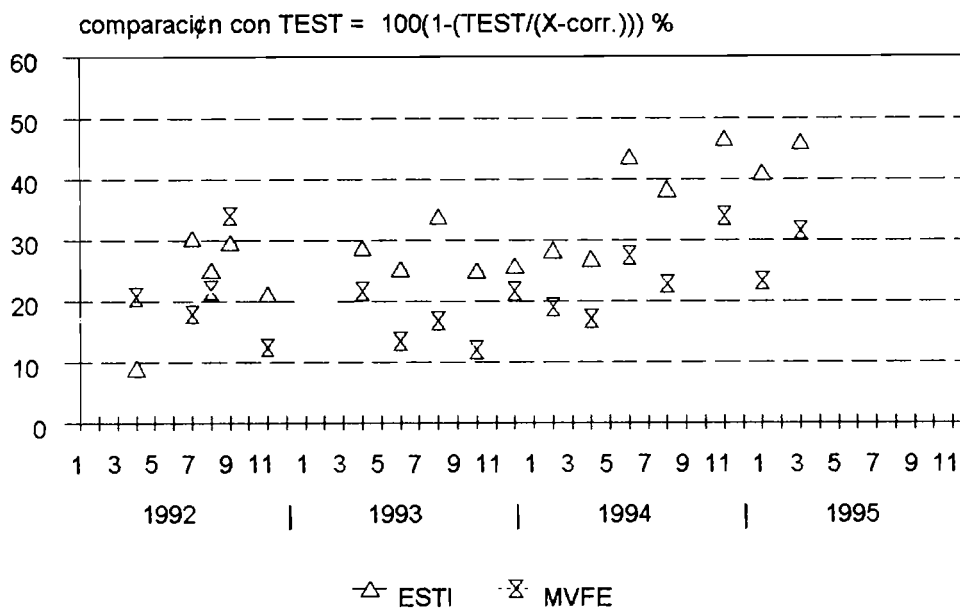


MO010

Figura 7: Aumentos relativos de las tasa de materia orgánica entre 1992 y marzo de 1995.

Con esta acumulación de materia orgánica aumenta también el poder fijador del suelo por los elementos minerales útiles como los cationes (Calcium, Magnesium, Potassium, Sodium) los oligo-elementos (Cobre, Cinc, Molibdeno..), los aniones (Fósforo, Nitrógeno, Azufre)...elementos que, sin este complejo absorbente organo-mineral del suelo, se perderían hasta los ríos por drenaje o, y escurrimiento. Es el resultado de la construcción progresiva de un complejo absorbente organo-mineral que se puede seguir con un aumento sensible de la capacidad de intercambio catiónico C I C, prueba característica de la realidad de este proceso (Fig. 8).

El Salvador, cuenca del río Las Casas
evoluciones comparadas de la CIC con el testigo
sitio 1 0/10cm 1992 - 1995

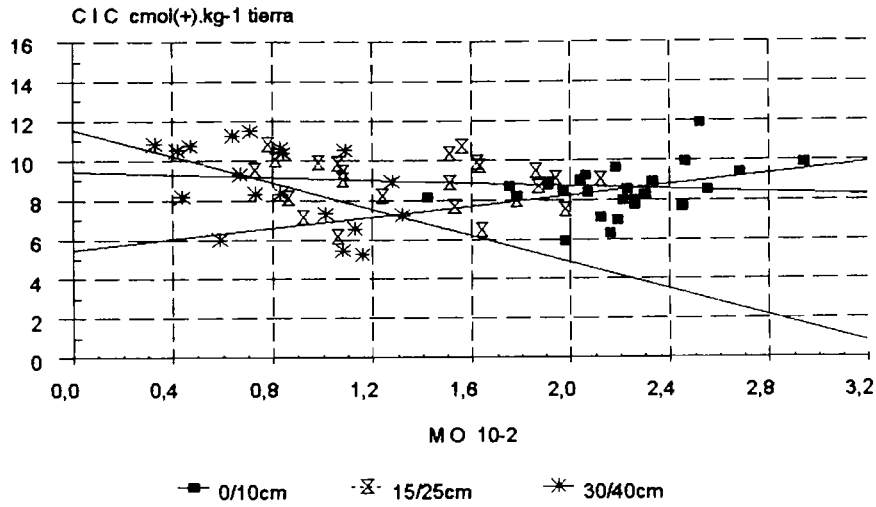


CIC07

Figura 8: evoluciones comparadas de la capacidad de intercambio catiónico (C I C) por varias situaciones experimentales

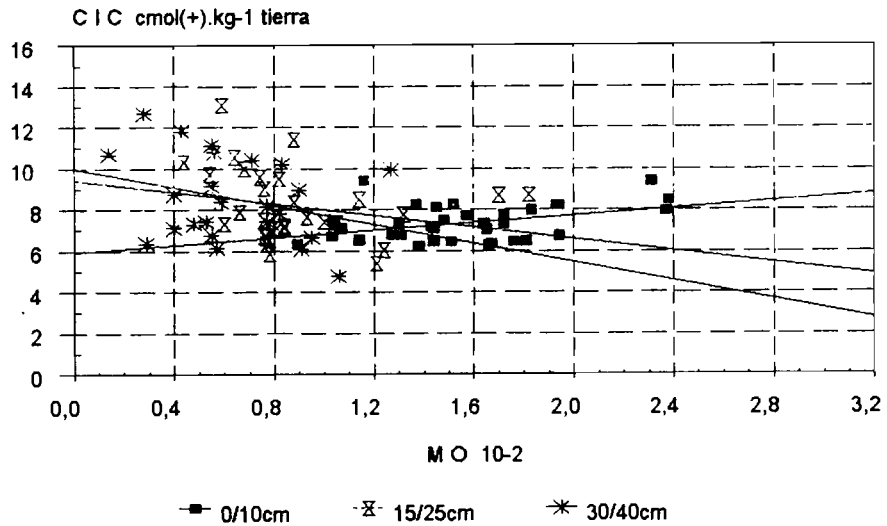
Sin embargo, en el detalle, la velocidad y la eficacia de esta construcción son variables: (i) con el origen de los abonos orgánicos, (ii) con la profundidad en el suelo. Es decir que todos los compuestos humificados sintetizados no ejercen la misma función con la fase mineral del suelo. El análisis de la naturaleza exacta de los compuestos sintetizados y de sus efectos, (i) por orígenes de material fresca, (ii) y por profundidad, es importante para determinar cual tratamiento será lo más "sostenible" considerando y combinando los argumentos científicos y socio-económicos. Esta parte del trabajo se prosigue actualmente, como tema de tesis de un estudiante del CATIE.

El Salvador, cuenca del río Las Casas
 C I C (M O) ESTI todas profundidades



CICM002

El Salvador, cuenca del río Las Casas
 C I C (M O) MVFE todas profundidades



CICM003

Figura 9: relaciones C I C (M O) en las situaciones ESTI y MVFE por tres profundidades.

Ya se ha comprobado que las relaciones C I C (M O) no son uniformes. Las figura 9 enseñan en dos gráficos que más atrás de # 1,2% de tasa de MO las relaciones C I C (M O) son negativas; estas no se hacen positivas sino más allá de 1,2 % de MO. Este

fenómeno se produce por los dos orígenes vegetales o animales de los productos orgánicos. La figura 10 resume esta problemática así como las hipótesis de trabajo propuestas.

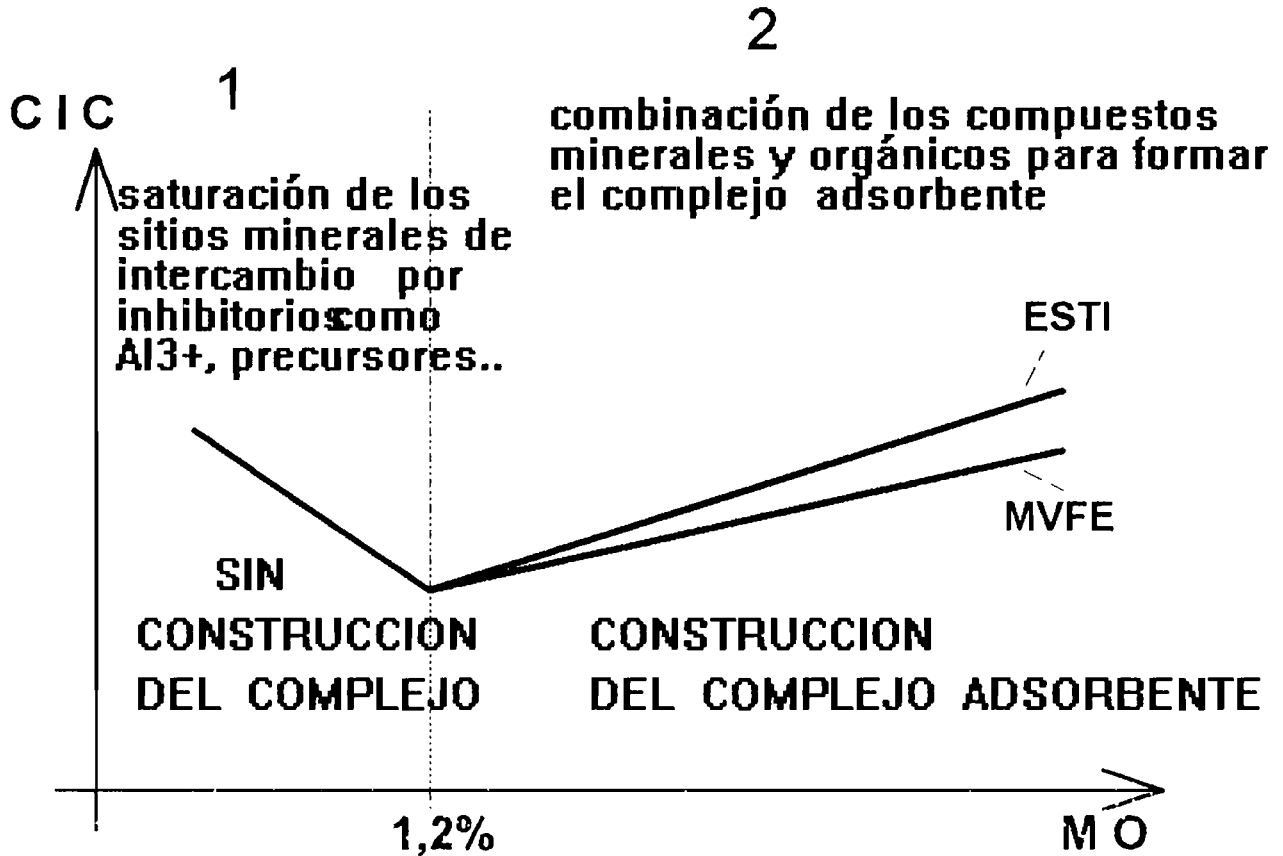


Figura 10: límites esquematizados de la construcción del complejo organo-mineral en suelos jóvenes desarrollados a partir de cenizas volcánicas - vías de investigación posibles

3. Efectos a largo plazo

A una escala de tiempo más larga (> 5 años), se observará una re-estructuración de los suelos. Ya se ha observado un aumento de la actividad de la mesofauna (lombrices) así como el desarrollo en las parcelas abonadas de una estructura en agregados poco cohesivos a partir de lo que no era más que un material pulverulento. Esta re-estructuración tiene consecuencias directas y derivadas.

3.1. Permeabilidad y porosidad del suelo

Con la re-estructuración se puede prever: (i) un aumento de la macroporosidad en detrimento de la microporosidad, (ii) una disminución de los escurrimientos superficiales, sin aumentar drásticamente los riesgos de derrumbes gracias a la disminución de la microporosidad, y en consecuencia, de una sobrecarga hídrica excesiva durante la estación lluviosa particularmente peligrosa en fuertes pendientes.

3.2. Cohesión y estabilidad estructural del suelo

Los compuestos orgánicos participan en la construcción de agregados y terrones más resistentes contra la energía de las lluvias y más coherentes entre ellos contra la abrasión lateral de los escurrimientos.

Conclusión, recomendación

La incorporación de abonos orgánicos al suelo aumenta significativamente los rendimientos. Sin embargo sus efectos sobre el mismo suelo son variables. Así la elección del tratamiento más interesante se apoyará, a la vez, sobre argumentos científicos y socio-económicos:

1) argumentos científicos

Los rendimientos son un poco mejores con GALLINAZA (ESTI) durante los dos primeros años, después se nota rendimientos equivalentes en las dos situaciones GALLINAZA y MADRE CACAO.

La velocidad del enriquecimiento del suelo en compuestos orgánicos estables es estrictamente idéntico en las dos situaciones, se nota solamente tasas de materia orgánica un poco más importantes con ESTI (+0,5% MO).

La construcción del complejo absorbente sigue las mismas evoluciones con papeles finalmente equivalentes de los dos tipos de abonos después de dos años.

Hasta ahora los argumentos científicos no pueden dar más que una pequeña preferencia al tratamiento ESTI, éso, únicamente por rendimientos mejorados de manera más precoz.

2) argumentos socio-económicos

Considerando los argumentos socio-económicos, la preferencia debería ir a los tratamientos MADRE CACAO (MVFE) por razones que

se manifiestan en dos escalas espaciales:

(i) *escala del campo*

- ya que los campos tradicionales de ladera son pequeños y diseminados, es mejor buscar una producción local de material orgánico en lugar de comprarlo y transportarlo como es el caso del estiércol,

- el suministro del estiércol de gallina depende del buen funcionamiento de la cadena "corrales de gallina" <-----> restaurantes populares de la capital, y, en consecuencia de un equilibrio económico que puede llegar a ser precario,

- se puede recomendar transformar o manejar los cercos vivos que separan los campos para producir más o menos 50% de este material fresco, una previsión mediana muestra que se puede esperar, con *Gliricidia sepium*, una cosecha de 5 hasta 8 T.ha-1.año-1 con árboles de más de 10 años,

- en vertientes > 50%, no arables, se puede recomendar la siembra de árboles leguminosos proveedores de este mismo material vegetal fresco para recuperar los otros 50%.

(ii) *escala de la cuenca*

Los aspectos negativos de la presión demográfica en las laderas, que se traducen por campos muy pequeños, tienen, como aspecto positivo, la construcción de un mosaico de barreras semi-naturales en todos los vertientes.

Arbustos y árboles no serán únicamente útiles como proveedores de materiales frescos, sino que también asegurarán una protección general de la cuenca contra las degradaciones de los flujos hídricos superficiales (aspecto tratado en los párrafos 1.2. y 3.) y contra los riesgos de deslizamientos porque los arbustos y árboles extraen por evapotranspiración una parte del agua de los suelos saturados donde las tensiones tangenciales, que resultan de los efectos conjugados de una sobrecarga hídrica estacional y de la pendiente, pueden superar la cohesión interna de este tipo de suelo particularmente suelto. El anclaje proveído por las raíces interviene también en este mismo sentido.

Finalmente se debe evocar el problema más particular de la conservación de los pre-suelos volcánicos sobre cenizas muy porosas, poco cohesivos y en situación de pendiente por los cuales la pregunta es la siguiente: ¿favorecer la infiltración o favorecer el escurrimiento? La respuesta no puede darse sin argumentos evaluando seriamente las causas y sus efectos probables dentro de numerosas situaciones naturales o mejoradas dadas. En este orden de idea hay, en el estado actual de la cuenca, algunos riesgos de deslizamiento en las zonas equipadas por canales de absorción sin cobertura arbustiva suficiente, por lo menos río abajo de cada una de las obras de absorción. Es un

ejemplo donde medios de protección mecánicos y biológicos deberían haberse implementado simultáneamente.

Hablando, antes, del problema particular de la conservación de estos tipos de suelos, no se puede terminar sin una confesión de modestia incluso si se debe empañar la aureola del "sabio" que, para los campesinos, "no tiene el derecho a equivocarse" diciendo: el mejor conocimiento posible de los procesos edafológicos, hidrológicos, agronómicos, económicos, la mejor modelización de estos procesos combinados nunca permitirán abstenerse de los estudios físicos y humanos del terreno . En efecto no existen, y nunca existirán, leyes, reglas, fórmulas "dichas universales" en conservación o rehabilitación de los suelos, hay, y siempre habrá, respuestas sectoriales a problemas sectoriales.

---0---