

Universidad Nacional Agraria La Molina

Programa Académico de Agronomía



**«Efecto de Enmiendas Orgánicas sobre la
Agregación y Estabilidad de los Agregados,
Porosidad, Humedad Equivalente y CIC
de un Suelo de Costa. La Molina»**

**Tesis para optar el Título de
INGENIERO AGRONOMO**

Julio César Alegre Orihuela

LIMA - PERU

1977

INDICE

	Pág.
RESUMEN	1
I.- INTRODUCCION	3
II.- REVISION DE LITERATURA	5
III.- MATERIALES Y METODOS	20
IV.- RESULTADOS Y DISCUSION	33
V.- CONCLUSIONES	69
VI.- BIBLIOGRAFIA	71
ANEXO	

RELACION DE CUADROS

- 1.- Análisis físico-químicos del suelo en estudio
- 2.- Suministro de humus calculado, nitrógeno total, y relación C/N de las enmiendas orgánicas aplicadas
- 3.- Efecto de las enmiendas orgánicas sobre la fluctuación del carbono total (%) del suelo en el tiempo
- 4.- Efecto de las enmiendas orgánicas sobre la fluctuación del porcentaje de porosidad del suelo en el tiempo.
- 5.- Efecto de las enmiendas orgánicas sobre la fluctuación del índice de inestabilidad estructural del suelo en el tiempo.
- 6.- Porcentaje de agregados reales 2mm y 0.25mm encontrados en los 5 muestreos.
- 7.- Efecto de las enmiendas orgánicas sobre la fluctuación del porcentaje de agregados al agua del suelo en el tiempo.
- 8.- Efecto de las enmiendas orgánicas sobre la fluctuación del porcentaje de humedad equivalente del suelo en el tiempo.
- 9.- Efecto de las enmiendas orgánicas sobre la fluctuación de la CIC del suelo en el tiempo.

RELACION DE GRAFICOS

- 1.- Distribución de las parcelas experimentales en el campo del Departamento de Suelos U.N.A. La Molina
- 2.- Regresión de cada tratamiento mostrando la fluctuación del % de carbono del suelo en el tiempo
- 3.- Regresión total de la fluctuación del % de porosidad del suelo en el tiempo.
 - 3a, 3b y 3c.- Regresión de cada tratamiento mostrando la fluctuación del % de porosidad del suelo en el tiempo.
- 4.- Regresión total de la fluctuación del índice de inestabilidad estructural del suelo en el tiempo.
 - 4a, 4b y 4c.- Regresión de cada tratamiento mostrando la fluctuación del índice de inestabilidad estructural del suelo en el tiempo.
- 5.- Regresión total de la fluctuación del % de agregados del suelo al agua en el tiempo.
 - 5a, 5b y 5c.- Regresión de cada tratamiento mostrando la fluctuación del % de agregados al agua del suelo en el tiempo.
- 6.- Regresión total de la fluctuación del % de humedad equivalente del suelo en el tiempo.

RELACION DE GRAFICOS.- (Cont.)

- 6a, 6b y 6c.- Regresión de cada tratamiento mostrando la fluctuación de la humedad equivalente del suelo en el tiempo.
- 7.- Regresión total de la fluctuación del CIC del suelo en el tiempo.
- 7a, 7b y 7c.- Regresión de cada tratamiento mostrando la fluctuación de la CIC del suelo en el tiempo.

RESUMEN

En un Suelo de Costa ubicado en el campo experimental del Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, se probaron diferentes enmiendas orgánicas con el objetivo de mejorar las condiciones físicas del suelo.

Las enmiendas orgánicas que se ensayaron fueron: Abonos verdes (Crotalaria striata y Frijol vr. Castilla corriente), Compost (dosis baja, media y alta) y estiércol (dosis alta y baja).

Las propiedades físicas que se evaluaron fueron: Porosidad, Índice de Inestabilidad Estructural, Porcentaje de Agregados, Estables (al agua, alcohol y benceno) y Humedad Equivalente.

También se evaluó la CIC del suelo.

El suelo en su estado inicial presentaba su capa arable (0-30 cm), un pH de 7.6, con un contenido bajo de materia orgánica (1.2%), pobre en N (0.06%), alto contenido en P y K. La textura del suelo es franco arenoso.

Los abonos verdes se incorporaron después de 50 días de efectuada la siembra, conjuntamente con las otras enmiendas orgánicas (Compost y Estiércol).

El período de muestreo se inició después de 20 días

de haber incorporado dichos materiales. Se efectuaron en total 5 muestreos (cada 20 días).

Todas las propiedades físicas evaluadas mostraron altos incrementos por acción de las enmiendas orgánicas, siendo el compost (D. alta y media) y el estiércol (D. alta) los que presentaron los mayores valores.

El resto de tratamientos superaron ampliamente al tes
tigo.

Se lograron incrementos de hasta 25% en los agregados, porosidad y humedad equivalente.

El índice de inestabilidad estructural fue reducido hasta en 6 veces su valor inicial.

La CIC del suelo aumentó hasta un 130% del valor inicial. Fue a partir de los 60 días en donde se lograron los mayo
res incrementos para todas las propiedades físicas evaluadas.

I.- INTRODUCCION

En los Suelos de la Costa, los factores más limitantes son el agua, la salinidad y la escasez de materia orgánica. Dichos factores determinan que las propiedades físicas del suelo sea inadecuadas, limitando la productividad de éste.

Es ampliamente conocido que la materia orgánica del suelo tiende a mejorar las propiedades físicas del suelo, permitiendo un mejor aprovechamiento, tanto de nutrientes, como del agua, todo ello en beneficio del cultivo.

La utilización de residuos agrícolas de diversas procedencias es un procedimiento muy antiguo, data posiblemente de muchos siglos atrás. Cuando estos residuos orgánicos son sometidos a un proceso de descomposición, la materia orgánica contnida en ellos, se transforma en un compuesto nuevo, denominado "humus", el cual ejerce un efecto favorable sobre muchas propiedades físico-químicas del suelo, sobre la actividad microbiana como fuente de nutrientes y energía, como parte integrante del coloide del suelo y en general manteniendo el equilibrio ecológico del suelo, razones por las cuales se le debe dar mucha importancia y velar por su conservación.

Una forma de mantener el contenido del humus en un suelo es usando todos los recursos naturales disponibles e incorporándolos ya sea en forma de rastrojos, estiércol, compost, etc.

Los objetivos de este trabajo son:

- 1) Determinar el efecto de las enmiendas orgánicas en el mejoramiento de las condiciones físicas de un suelo de Costa, poniendo énfasis en la estabilidad estructural de los agregados.
- 2) Mejoramiento de la fertilidad del suelo.
- 3) Aprovechamiento al máximo de los recursos naturales disponibles en suelos agrícolas de la Costa.

II.- REVISION DE LITERATURA

1.- Influencia de la Materia Orgánica sobre algunas propiedades físicas del suelo.

1.1 Efecto sobre la estructura

La estructura del suelo es una propiedad muy importante ya que la disposición de las partículas minerales del suelo van a determinar el movimiento del agua, transferencia de calor, aereación, densidad de volumen y porosidad (Buckman, 7).

1.1.1 Formación de agregados

Cuando el suelo está flocculado, las fuerzas de repulsión están suprimidas y la fuerza de atracción cohesiva atrae las partículas. Cuando las partículas se hallan en este estado de atracción, agentes de cementación actúan y los mantienen en este estado, formando así los agregados. En este sentido la materia orgánica actúa como un magnífico agente cementante, sin presentar los inconvenientes de otras materias cementantes tales como el aluminio, sílice, óxido de fierro, etc. (Forsythe, 10, Broad Bent, 5).

La materia orgánica, origina una ligera cohesión en los suelos arenosos, por la acción de los coloides húmicos coagulados en estado de hidrogeles, que

actúan como un aglutinante en ausencia de coloides arcillosos, confiriendo al suelo una buena agregación. (Gross, 13).

La materia orgánica es un excelente agente agregante entre las partículas primarias que no poseen carga eléctrica, tales como el limo y la arena. Además, incrementa las fuerzas de enlace desarrolladas por la arcilla. (Baver, 2).

De acuerdo a experiencias realizadas, la materia orgánica contribuiría a formar principalmente agregados grandes (Browning, 6, Metzger 17, Webber, 25).

En un ensayo experimental, al incorporarse 4 TM/Ha de humus a un suelo que presentaba un contenido original de 2% M.O., 28% de arcilla y un pH de 5, se produjo un incremento de los agregados mayores de 0.25 mm. de 46 a 72% (Browning, 6).

En estudios sobre 18 suelos, los cuales variaron en su textura y en el contenido de óxidos libres de fierro, se encontró que el valor de agregación y el grado de agregación presentaba una alta correlación con el porcentaje de arcilla libre de fierro y con el porcentaje de óxidos de fierro. La influencia de la arcilla disminuyó a medida que se incrementaba el tamaño de partículas mientras que

la relación entre la ocurrencia de agregados y el contenido de óxidos de fierro libre se mantuvo al tamente significativo y constante a todos los tamaños estudiados: 0.1 - 2.0 mm. de diámetro (Arca, 1).

En un suelo degradado de la Comunidad de Agocucho (Cajamarca), con una textura Franco-arenoso, pH 6.2, con un contenido en M.O., de 0.8%, pobre en N y una CIC de 5 meq/100 gr, al incorporarle el equivalente a 11 TM/Ha de compost se logró aumentar el porcentaje de agregados de 10 a 15% (Gaitán 11).

Finalmente, ha sido demostrado que existe una alta correlación entre porcentaje de agregados mayores de 0.5 mm. y el porcentaje de M.O. (Miller, 18).

1.1.2 Estabilidad de los agregados

El incremento del porcentaje de agregados debe ir acompañado con un aumento de la estabilidad de es tos agregados, para que los haga más resistentes a la acción desagregante del agua.

La materia orgánica actúa mullendo los suelos com pactos, por la fijación del humus en la arcilla mediante iones Ca, de ello resulta un aumento de

la porosidad y de la estabilidad estructural.
(Gross, 13).

Experimentalmente se demostró que agregados artificialmente obtenidos del suelo, no disturbado en su composición química y trabajando con 45% de humedad, son los que presentan la mayor estabilidad cuando la determinación de su estabilidad se realiza en soluciones salinas, al aumentar el contenido de calcio cambiante en el complejo coloidal de los suelos. El porcentaje de agregados estables aumenta cuando se les trabaja a un óptimo de humedad. (Rossi, 21).

La floculación y la estabilidad de las suspensiones son procesos importantes en los suelos agrícolas por la formación de agregados estables. Después de la floculación debe ocurrir algún proceso de estabilización o cementación para fijar los agregados, ya que las partículas floculadas, sin estabilización se mantienen unidas con poca energía y fácilmente se vuelven a dispersar. (Sampat, 22).

En suelos con pastos del Norte de Australia con texturas que fluctuaron de franco arenoso a franco arcilloso y con contenidos de 3.6 a 0.8% en ma

teria orgánica, se separaron agregados de 1 - 2 mm y se sometieron a tratamientos con ClNa 0.02 y 0.05 N, encontrándose una buena estabilidad de los agregados solamente en los pastizales más antiguos, altos en materia orgánica.

Se concluyó que los polisacáridos y los poliurónidos acompañados con otros materiales son los que dan mayor estabilidad a los agregados, siendo más efectivos que los ácidos fúlvicos y húmicos. (Greenland, 12).

En investigaciones llevadas a cabo sobre estabilización termal en un suelo "Black Cotton", en el Sur de Oxford, en los cuales se analizó el fenómeno de agregación y resistencia al agua a medida que se incrementaba la temperatura de calentamiento del suelo, no se encontró relación lineal entre la temperatura de calentamiento del suelo y la agregación o la estabilidad al agua. (Gupta, 14).

La estabilidad de los agregados del suelo en el agua (de 5-10 mm. Ø) obtenido de cierto número de suelos fue determinado sobre un rango de valores de pF el cual se extiende desde 0.3 a 6.5. El método usado fue el tamizado en húmedo (Técnica de Yoder) y agitación alternante en un cilindro de

agua. Se encontró que los agregados fueron más es
tables cuando estuvieron a un pF de 2-3 antes del
humedecimiento. (Panobokko, 20).

En un estudio de laboratorio destinado a investi-
gar los efectos de un vigoroso crecimiento de mi-
croorganismos aeróbicos, al cual se le adiciona-
ron nutrientes carbonosos insolubles con altas ca-
lorías, se encontró un gran in remento en la resis
tencia y la estabilidad de los agregados del suelo
por la acción de 3 especies de Fusarium y otros mi
croorganismos no identificados. (Fehl, 9).

Existen numerosos métodos para evaluar la estabili
dad estructural, de ellos cabe mencionar el "Indi-
ce de Inestabilidad Estructural" de Henin (15),
el cual será descrito en los materiales y métodos.
El coeficiente de dispersión de Middleton (19) que
mide la facilidad o dificultad que presenta el a-
gregado a ser desintegrado por acción del agua.
Para la obtención de este coeficiente se relaciona
el porcentaje de sedimentos finos dispersados en
una suspensión simple de agua, previa agitación me
cánica, con el porcentaje de sedimentos finos dis-
persados con ayuda de un dispersante químico. A
medida que ambos valores se aproximan al suelo se-

rá más susceptible a ser erosionado.

El análisis de agregados se hace para medir el porcentaje de partículas estables en el agua y el grado en que las partículas individuales más finas es tán agregadas en conjuntos más gruesos. En general, se emplean tres técnicas para el análisis: Cribado del material seco y húmedo, Elutriación y Sedimentación.

El cribado en seco de los suelos tal como se halla en el campo se usa para evaluar la distribución de los terrones y agregados. (Keen, 1933, Cole 1939).

La técnica del cribado en húmedo de Tuilin (1928) es la más conocida para medir la agregación de los suelos. Por este método el suelo es lentamente humedecido por capilaridad durante 30 minutos y se traslada a un juego de tamices sumergidos en agua.

La elutriación (lavado y decantación) sirve para la separación de los agregados de diámetro entre 1 y 0.02 mm. Este método es de particular importancia cuando se realizan separaciones por debajo de un límite en el que ya no se puede hacer cribado húmedo.

Por sedimentación se determina la distribución de agregados en las fracciones finas en las que no es posible la separación por el cribado. Se emplea para tamaños menores de 1 mm. Para esta separación hay el método de la Pipeta y del Hidrómetro. (Baver, 2).

Se estudiaron cuatro métodos para la determinación de la estabilidad de los agregados del suelo usando muestras de varias fases de un ensayo de rotación para un suelo franco de Urrbrae (Australia). El método de la permeabilidad se mostró más versátil que el método del tamizado en húmedo y el método suspensión-densidad. (Williams, 27).

Una técnica rápida y cuantitativa para la estimación de índice de estabilidad estructural del suelo, basado en las diferencias positivas entre el análisis mecánico y el de agregados, por medio del método del hidrómetro ha sido desarrollado. La relación entre el índice de estabilidad del suelo y la producción del cultivo parece ser similar a la existente entre la fertilidad del suelo y la producción.. (Wilah, 26).

1.2 Efecto sobre la porosidad

La formación de agregados grandes, al añadir M.O. al

suelo, tiende a su vez a incrementar la porosidad total del suelo, en especial, la macroporosidad. Como consecuencia de ello se mejora la aereación y la permeabilidad al agua. (Baver, 2).

Los suelos superficiales arenosos muestran un 35 a 50% de espacio poroso, mientras que los más pesados varían del 40 al 60%, o a veces, aún más en casos de alta cantidad de materia orgánica y mucha granulación. (Buchman, 7).

La aplicación de estiércol influye en la porosidad de aereación de las capas superficiales de arcilla. El estiércol aumentó en grado significativo el porcentaje de grandes poros en los primeros 76 cm. en que fue incorporado de 6 a 17%. (Baver y Farnsworth, 1940).

Se obtuvieron disminuciones del 65% en el crecimiento de las raíces del maíz cuando una marga de Clarión fue comcompactada para disminuir la porosidad de aereación de 37% a 1%. (Lawton, 1945, citado por Baver).

Se encontró una correlación de 0.998 entre la penetración de las raíces del algodonero y el porcentaje de la porosidad de la aereación. (Gardner y Danielson, 1964).

La porosidad de un suelo arcilloso en el Nor-Oeste de Ohio disminuyó entre 16 y 18% por debajo de la de los

suelos en los bosques vírgenes, durante 40 años de cultivo entre líneas.

Una porosidad de 60.3% en los 30 cm. superiores de un suelo que producía su primera cosecha de maíz después de arado el pasto dio un alto rendimiento, siendo muy bajo en otro campo en donde la porosidad fue de 50.5%. (Baver, 2).

1.3 Efecto sobre la capacidad de almacenamiento de agua

Otra de las características físicas del suelo relacionadas con la estructura y porosidad, es la capacidad de almacenamiento de agua. Esta característica no es sólo importante del punto de vista de la economía en agua del suelo, sino que ella está también ligada a la resistencia del suelo al arrastre de sus partículas por acción de la escorrentía.

La capacidad de almacenamiento de agua se halla mediante las curvas de retención de humedad, para la cual se usan los métodos de mesa de tensión, olla de presión y membrana de presión. (Blair, 4).

2.- Efecto de la Materia Orgánica sobre algunas propiedades químicas del suelo.

2.1 Sobre el pH

La materia orgánica tiende a incrementar la acidez del

suelo, por el proceso de descomposición, ya que se forman ácidos tanto orgánicos como inorgánicos. El más sencillo y quizás el hallado más frecuentemente es el ácido carbónico (CO_3H_2) que resulta de la reacción del CO_2 y el agua. Los efectos reiterados de este ácido han sido responsables de la remoción de grandes cantidades de bases por disolución y lixiviación.

■ Sobre la capacidad de intercambio catiónico

El humus aumenta la capacidad de cambio de iones del suelo. Conjuntamente con la arcilla constituye la parte fundamental del complejo adsorbente regulador de la nutrición de la planta (Gross, 13).

Suelos de similar clase textural pero con alto contenido de materia orgánica, presentan mayor capacidad de adsorción catiónica que aquellos de bajo contenido en M.O.

El humus se puede considerar que tiene una organización coloidal similar a la de la arcilla. Una alta carga iónica (micelar) está rodeada por un enjambre de cationes adsorbidos. El complejo micelar del humus está compuesto fundamentalmente de C, H, y O é incluso la capacidad adsorbente de cationes excede en muchos casos a la de la montmorillonita. (Broadbent, 5).

2.3 Sobre el aporte de nutrientes

El humus es fuente y reserva de nutrientes para la planta. Bajo la acción de los microorganismos del suelo, el humus se mineraliza poco a poco, liberando así no sólo el nitrógeno nítrico, sino también el conjunto de elementos fertilizantes o de los oligoelementos que se encontraban integrados en las materias orgánicas.

Por la formación de complejos fosfo-húmicos mantiene el fósforo en estado asimilable por las plantas.

El humus atenúa la retrogradación del potasio. El humus es fuente de gas carbónico: la oxidación lenta del humus libera carbono en forma de CO_2 que contribuye a solubilizar algunos elementos minerales del suelo. (Gross, 13).

3.- Fuentes de Materia Orgánica

Para la mayor parte de los agricultores el único modo económico de tener más materia orgánica en sus suelos es hacer crecer más materia orgánica en sus granjas (Bradfield 1963). Mayores cultivos significaron más raíces, más tallos y rastrojos, más alimento para el ganado y por lo tanto más abono que vuelve al suelo. (Tisdale, 24).

3.1 Estiércol

El estiércol animal bien descompuesto es uno de los tipos

más valiosos de materia orgánica que puede añadirse a un suelo. Reúne un número de cualidades altamente deseables. Las fases preliminares de descomposición se han realizado previamente a la adición del material al suelo, lo que produce la concentración del N y de los elementos nutritivos minerales. Además, el estiércol aporta una flora bacteriana muy activa. (Bear, 3).

En el estiércol el contenido de C y N varía en relación a la naturaleza del estiércol (guano de aves, de vacunos, etc.) y de las condiciones de almacenamiento. Se tiene así que el estiércol de vacuno bien almacenado tiene aproximadamente un 10% de C y un 0.5% de N. (Selke, 23).

3.2 Compost

El compost es un abono orgánico obtenido de la transformación de los residuos vegetales de la chacra: malezas, raíces, tallos, estiércol, guano de corral, etc.

La composición de sustancias nutritivas del compost depende de los materiales empleados. Una pila de compost está formada comúnmente de pisos alternos de estiércol y materia vegetal que luego será descompuesto. Pueden introducirse para mejorar pisos de turba y suelos ricos en materia orgánica. (Bear, 3).

En lo referente al contenido de C y N del compost, no existen referencias precisas, variando dichos valores en relación a los materiales usados para prepararlo.

Una enmienda orgánica preparada a partir de residuos de basura tiene un contenido aproximado de 4 y 7% de C, 0.8% de N. (Selke, 23).

3.3 Abonos verdes

Los abonos verdes son materiales vegetales que se entierran mediante labores de arado, con la finalidad de incorporar materia orgánica al suelo, o sea humus y todos los elementos nutritivos contenidos en los tejidos vegetales.

Las plantas empleadas como abono verde pueden ser simplemente hierbas (pastizal) o bien un cultivo de leguminosas (alfalfa, trébol, etc.). Cualquiera que sea la planta usada como abono verde se obtienen mayores resultados cuando se entierran en la etapa media de la madurez o sea antes de la floración un poco después de ésta. La razón es que a esta edad las plantas se mantienen turgentes y jugosas y se descomponen más fácilmente.

La eficiencia de un abono verde cuando se mide por el rendimiento de la cosecha posterior es inversamente pro

porcional a su estado de madurez cuando se entierra. Por lo tanto, la elección depende en gran parte del intervalo de tiempo que se deja transcurrir entre el enterramiento del abono verde cosechado y la siembra de la siguiente cosecha. (Bear, 3).

Generalmente, se prefieren las leguminosas como abono verde, porque las bacterias asociadas con sus nódulos poseen la capacidad de fijar el nitrógeno gaseoso. Además las leguminosas contienen cantidades relativamente grandes de elementos nutritivos minerales. (Gross, 13).

Las principales leguminosas empleadas como abonos verdes para la Costa son: Soya (Glycini Max L.), Frijol Terciopelo (Stizolobium decringranum), Crotalaria (Crotalaria juncea), Trébol dulce blanco (Melilotus alba Disw), Trébol dulce amarillo (Melilotus officinalis L.), Alfalfa (Medicago sativa).

III.- MATERIALES Y METODOS

1.- Caracterización general del Suelo en estudio

1.1 Ubicación y características generales:

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental del Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria de La Molina desde el 19 de octubre de 1974 al 17 de marzo de 1975.

La ubicación del campo experimental en la Universidad Nacional Agraria es la siguiente:

Latitud: $12^{\circ} 05' 57''$

Longitud: Oeste $76^{\circ} 57'$

Altitud: 251 m.s.n.m.

Clima:

El clima que presente la zona en estudio se puede considerar como moderadamente templado, presentando las siguientes características:

Temperatura promedio: 17.8°C

Temperatura máxima promedio: 21.8°C

Temperatura mínima promedio: 15.4°C

Fisiografía:

Es un valle formado por acumulaciones aluviónicas. El

relieve es plano con pendiente mínima.

Tipo de Suelo:

Es un entisol (7º aproximación)

Vegetación:

El suelo estuvo sembrado con camote, antes del establecimiento del experimento.

1.2 Análisis físico-químicos del suelo en estudio:

El Cuadro 1 resume los resultados del análisis físico-químico realizado en el suelo antes de la instalación del experimento.

De los resultados obtenidos en el análisis físico-químico se puede apreciar que corresponde a un suelo franco-arenoso de pH alcalino, presentando una baja capacidad de intercambio catiónico, debido al bajo porcentaje de coloides inorgánicos y orgánicos. Bajo en materia orgánica así como en nitrógeno total.

El contenido en P y K disponible es alto, debido a que el suelo ha sido trabajado anteriormente y por lo tanto ha sido fertilizado.

En lo que respecta a los demás cationes, éstos se encuentran en cantidades proporcionales.

La humedad equivalente es baja, esto se puede deber al

CUADRO 1.- ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO EN ESTUDIO (Antes de la instalación del experimento)

ANÁLISIS FÍSICOS

Profundidad	Análisis Mecánico %			Clase Textural	Is	Agregados Estables 0.25 mm. %			C. Humedad %		Densidad gr/cc		Porosidad %
	Arena	Limo	Are.			Agua	Alcoh.	Bence.	H.E.	C.C.	D.A.	D.R.	
				Franco									
0-25 cm.	66.4	19.5	14.1	Arenoso	2.95	6.6	23.7	3.2	16.5	16.9	1.5	2.58	39.4

ANÁLISIS QUÍMICOS

Profundidad	C.E. mmhos/cm	CO ₂ Ca %	pH 1:1	M.O. %	N Total %	El. disponibles		CIC meq/100	Cationes Cambiables meq/100			
						P ppm	K ₂ O Kg/Ha		Ca	Mg	K	Ca
0-25	1.30	4.56	7.6	1.20	0.06	21.2	544	10.4	8.65	1.05	0.58	0.12

menor porcentaje de microporosidad, por el bajo porcentaje de arcilla y materia orgánica.

El bajo porcentaje de agregados al agua es debido a las mismas razones anteriormente dichas.

El índice de inestabilidad estructural es alto dentro del rango de suelos con alto contenido de arena y bajo contenido de arcilla y limo.

2.- Fase de campo:

2.1 Diseño de las parcelas experimentales:

Se trazaron 24 parcelas de 3 x 3 m (9 m²), siendo distribuidas al azar.

La distribución de las parcelas con los tratamientos se dan en el Gráfico 1.

2.2 Diseño estadístico usado:

Se utilizó el diseño completamente al azar, con arreglo factorial. Prueba de Duncan.

Se probaron 8 tratamientos con 3 repeticiones, en 5 períodos (muestreos a los 20, 40, 60, 80 y 100 días).

El ANVA fue el siguiente:

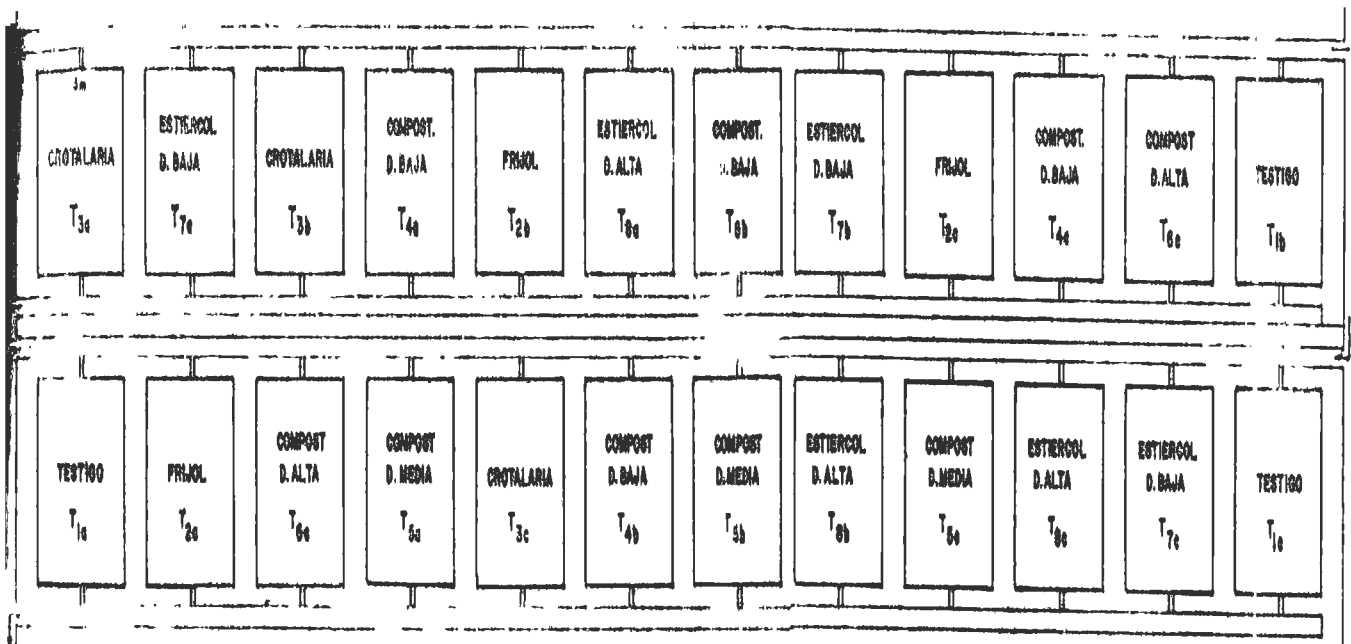
Fuentes de Variación	G.L.
----------------------	------

Tratamientos:

- M.O.

7

GRAFICO N° 1 : DISTRIBUCION DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES EN EL CAMPO DEL DPTO. DE SUZUEN UNA (La Molina)



3 m. 0.5

TREATAMIENTO	REPETICIONES
TESTIGO	T _{1a} T _{1b} T _{1c}
FRIJOL	T _{2a} T _{2b} T _{2c}
CROTALARIA	T _{3a} T _{3b} T _{3c}
COMPOST D. BAJA	T _{4a} T _{4b} T _{4c}
COMPOST D. MEDIA	T _{5a} T _{5b} T _{5c}
COMPOST D. ALTA	T _{6a} T _{6b} T _{6c}
ESTIERCOL D. BAJA	T _{7a} T _{7b} T _{7c}
ESTIERCOL D. ALTA	T _{8a} T _{8b} T _{8c}

- Tiempo	4
- M. O. x tiempo	28
Error	80
TOTAL	119

2.3 Materiales empleados:

- Semillas de abonos verdes:

Frijol vr. Castilla corriente. Crotalaria striata

Rastrojo de frijol

Estiércol de vacuno

Carbonato de calcio; lampa; pico; rastrillo; trinche;
agua de pozo; estacas de madera; balanza de campo.

2.4. Preparación del terreno.

El campo fue removido totalmente, con un arado, haciéndose el muestreo respectivo. Enseguida se trazaron las 24 parcelas en forma independiente, separadas por calles de 50 cm.

2.5. Fuentes de humus empleadas y sus características.

2.5.1 Abonos verdes

a) Frijol vr. Castilla corriente.- Crecimiento rastrero, abundante follaje; 3 meses de período vegetativo; 15.1% de materia seca, 84% de M.O. y 2.94% de N total.

b) Crotalaria striata.- Plantas erectas, perennes

de vida corta, de tallos bastos muy ramificados. Hojas trifoliadas, altura de planta 1.8 a 3 m; se aprovecha como cobertura abono verde y también para forraje. 18.3% de materia seca, 88% M.O. y 3.99% de N total.

2.5.2 Estiércol de vacuno: Fue proporcionado por el Centro de Engorde de la Universidad Nacional Agraria. Tenía un 30% de humedad, con 79.6% de M.O. (Calcinación); 0.98% de N total con una relación C/N = 46.

2.5.3 Compost: Fue preparado 3 meses antes de su aplicación (setiembre a diciembre 1974). El compost tipo Indore (Gross, 13) fue preparado de la siguiente forma:

Se hizo una poza de 2 m de ancho x 3 m de largo, con 1 m de profundidad.

Se introdujo una capa de 30 cm de rastrojo de frijol, enseguida una capa de 10 cm con estiércol de vacuno y una capa de 5 cm de la misma tierra del lugar; luego se espolvoreó con carbonato de calcio, así de la misma forma se hicieron 3 pisos, humedeciéndose cada uno de ellos. Se dejó 1 m² libre para poder voltearlo y 3 huecos para que se aireara.

Cada cierto tiempo se tomaba la temperatura para regular la cantidad de agua que debía agregarse, de esa manera se evitaba una descomposición rápida. El volteo se hizo cada 20 días. El compost una vez preparado presentaba un 40% de humedad, 30.2% de M.O. y 1.35% de N total.

2.6 Aplicación de los tratamientos.

2.6.1 Abonos verdes

Tanto el frijol como la crotalaria fueron sembrados el 19 de octubre de 1974.

Frijol: Distanciamiento: 0.3 x 0.1 m.

Cantidad usada: 120 Kg/Ha

Germinación: a los 5 días

Crotalaria: Distanciamiento: 0.3 m entre surcos, a línea corrida.

Cantidad usada: 50 Kg/Ha

Germinación: a los 7 días.

A los 50 días, cuando el 50% de plantas estaban con botones florales, se cortaron al ras, se pesaron, sacándose muestras para el análisis foliar, enseguida se picaron y fueron incorporados a 25 cm de profundidad. Los rendimientos se dan en el Cuadro 2 de resultados.

2.6.2 Estiércol y Compost

Simultáneamente con la incorporación de los abonos verdes se aplicaron las diferentes dosis de estiércol y compost, las cuales fueron calculadas de acuerdo a la cantidad de humus que se adicionó con los abonos verdes.

Al igual que los abonos verdes, estas materias orgánicas fueron aplicadas a 25 cm de profundidad en el suelo, considerándose las siguientes dosis para el compost:

Dosis baja: Cantidad equivalente de humus a la añadida por los abonos verdes.

Dosis media: Un 50% más de la añadida en la dosis baja.

Dosis alta: El doble (100% más) de la añadida en las dosis bajas.

En el caso del estiércol se usó sólo 1 dosis baja y 1 dosis alta.

Las cantidades usadas para todas las enmiendas orgánicas, en sus diferentes dosis se dan en el Cuadro 2 de resultados.

2.7 Muestreo

Una vez aplicados los tratamientos se hicieron muestreos periódicos cada 20 días, realizándose en total 5 muestreos (100 días).

La toma de muestras se hizo con mucho cuidado, tratándose de no disturbar los agregados en forma manual, para lo cual los muestreos de cada parcela se hacían tratando de eliminar lo que estaba en contacto directo con la lampa, enseguida se ponían en bandejas para su secado y análisis respectivos.

3.- Fase de Laboratorio

3.1 Lugar:

Los análisis se llevaron a cabo en los laboratorios del Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2 Métodos usados en los análisis químicos:

3.2.1 pH: Método del potenciómetro Beckman, usando agua destilada relación 1:1

3.2.2 Calcáreo Total: Método Gaso-volumétrico

3.2.3 Carbono Total: Método de Walkey y Black para suelos y método de calcinación para las enmiendas orgánicas.

3.2.4 Nitrógeno Total: Método de MicroKjeldhal

3.2.5 Fósforo disponible: Método de Olsen

3.2.6 Potasio disponible: Método de Peach

3.2.7 C.I.C.: Método de Acetato de Amonio 1 N
pH 7

3.2.8 Cationes Cambiables: Determinación en ex-
tracto de amonio pH 7

Ca: Método de E.D.T.A.

Mg: Método del amarillo de Thyasol

K : Fotómetro de llama

Na: Fotómetro de llama

3.3 Métodos usados en los análisis físicos:

3.3.1 Textura: Por el método del hidrómetro

3.3.2 Humedad equivalente: Método de centrifugación

3.3.3 Capacidad de campo: Fórmula de Roe

3.3.4 Densidad aparente: Método de la parafina (19)

3.3.5 Densidad real: Método del Picnómetro (Black)

3.3.6 Porosidad: Se obtiene por cálculo a partir de
las densidades real y aparen
te. La fórmula empleada es
la siguiente:

$$\% P = (1 - d_a / d_r) 100$$

3.3.7 Índice de inestabilidad estructural (Is)

Los materiales empleados y el método seguido es el ideado por Hénin (15).

En este método se somete al suelo a un tamizado en húmedo, obteniéndose valores de agregación de 3 pre-tratamientos (agua-alcohol-benceno).

La combinación de estos valores, así como de las fracciones finas dispersadas en dichas suspensiones permiten obtener el índice de inestabilidad estructural de este suelo.

La ecuación del cálculo del Is. es la siguiente:

$$Is = \frac{\% (A + L) \text{ máximo}}{X \text{ Agregados} - 0.9 (X \text{ A.G.})} \times 100$$

Donde:

Is = es el índice de Inestabilidad Estructural

(A + L) Max = es el % de arcilla + limo máximo encontrado en el pre-tratamiento más desfavorable.

X agregados: es el promedio de agregados

en agua, alcohol y benceno. Se da en porcentaje.

X A.G. = es el promedio de arena gruesa en %.

0.9 = es un factor que se multiplica por el % de arena gruesa, para tener en cuenta variaciones posibles en el contenido de elementos gruesos de los suelos pobres en arena.

3.3.8 Porcentaje de agregados en agua

Se obtiene dentro de la metodología seguida para encontrar el índice de inestabilidad estructural. (Hénin, 15).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

1.- Cantidad de humus (teórico) y nitrógeno total adicionado por las diversas enmiendas orgánicas.

El Cuadro 2 resume las cantidades teóricas de humus y nitrógeno total en Kg/Ha en base a materia seca suministrada por las enmiendas orgánicas, así como la relación C/N.

Con respecto al rendimiento de los abonos verdes en base a materia fresca incorporada, se puede observar que el frijol presenta un mayor rendimiento, en comparación con la crotalaria, sin embargo respecto a materia seca, no existe entre ambas especies, diferencias marcadas. En cuanto a la cantidad de humus incorporada, la crotalaria aventaja al frijol en 68 Kg/Ha (Crotalaria 943 Kg/Ha y frijol 875 Kg/Ha). Con referencia a la cantidad de nitrógeno total que se incorpora, la crotalaria también supera al frijol en 35 Kg (Crotalaria 122 Kg/Ha y frijol 87 Kg/Ha). Estas diferencias podrían deberse a una más efectiva asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico por parte de la crotalaria, lo que se comprobó por la presencia de una mayor nodulación en las raíces de esta planta. Por estas mismas razones la relación C/N es menor en la crotalaria.

Considerándose que en el proceso de humificación el 35% de C se fija y el 65% se pierde en forma de CO_2 y de esta canu

CUADRO 2.- SUMINISTRO DE HUMUS CALCULADO, NITROGENO TOTAL Y RELACION C/N DE LAS ENMIENDAS ORGANICAS APLICADAS

Enmiendas Orgánicas	Materia fresca incorporada Kg/Ha	Materia Seca		Carbono		N Total		Humus Kg/Ha	C/N
		%	Kg/Ha	%	Kg/Ha	%	Kg/Ha		
(T ₂) Frijol	19,556	15.1	2,953	49.2	1,453	2.94	87	875	16.7
(T ₃) Crotalaria	16,778	18.3	3,070	51.0	1,566	3.99	122	943	12.8
(T ₄) Compost dosis baja	14,378	60	8,627	17.5	1,510	1.35	117	910	13
(T ₅) Compost dosis media	21,567	60	12,940	17.5	2,265	1.35	175	1,364	13
(T ₆) Compost dosis alta	28,756	60	17,254	17.5	3,020	1.35	230	1,818	13
(T ₇) Estiércol d. baja	4,667	70	3,267	46.2	1,509	0.98	32	910	47
(T ₈) Estiércol d. alta	9,334	70	6,534	46.2	3,018	0.98	64	1,818	47

tividad fijada pasa a formar humus 1.724 veces del total de C fijado, se hicieron los cálculos para aplicar una cantidad equivalente a la de los abonos verdes y dosis mayores tanto para el compost y estiércol (dosis baja, media y alta).

El compost presentó un mayor contenido en Nitrógeno total en comparación con el estiércol (compost 1.35% y estiércol 0.98%). Esto se debe principalmente al empleo de rastrojo de frijol en la preparación del compost, razón por la cual su relación C/N es más baja.

2.- Poder residual de las enmiendas orgánicas

El Cuadro 3 muestra el porcentaje de carbono en el suelo, proporcionado por cada uno de los tratamientos en los 5 muestreos (realizados cada 20 días).

Los valores obtenidos para el porcentaje de carbono total en el suelo mostraron incrementos muy altos que no reflejan la cantidad real incorporada por las enmiendas orgánicas.

Esto puede haberse debido a la metodología usada en la determinación del carbono total, (Método de Walkey y Black) el cual se basa en la oxidación de la materia orgánica mediante el ácido crómico con H_2SO_4 en una calefacción espontánea, esto no permite diferenciar en parte la materia que

CUADRO 3.- EFECTO DE LAS ENMIENDAS ORGANICAS SOBRE LA FLUCTUACION DEL CARBONO TOTAL (%) DEL SUELO EN EL TIEMPO

Tratamiento	% de Carbono Total en el Suelo						\bar{x}	
	Tiempo (días)							
	20	40	60	80	100			
(T ₁) Testigo	0.69	0.66	0.66	0.67	0.66	0.67	(c)*	
(T ₂) Frijol	1.61	1.55	1.10	0.99	1.05	1.26	(a)	
(T ₃) Crotalaria	1.50	1.54	1.15	0.99	0.96	1.23	(a)	
(T ₄) Compost dosis baja	0.85	0.92	0.98	1.00	1.00	0.95	(b)	
(T ₅) Compost dosis media	1.10	1.21	1.39	1.40	1.43	1.31	(a)	
(T ₆) Compost dosis alta	1.24	1.31	1.42	1.44	1.46	1.37	(a)	
(T ₇) Estiércol d. baja	0.84	0.90	0.97	0.93	0.91	0.91	(b)	
(T ₈) Estiércol d. alta	1.34	1.26	1.16	1.19	1.28	1.25	(a)	
\bar{x}	1.15	1.17	1.10	1.08	1.09			
	a	a	a	a	a			

C.V. = 10%

* Entre los promedios con igual letra no hay diferencias significativas

integra el humus del suelo de las fuentes extrañas de carbón orgánico, tales como el gráfíto y el carbón vegetal. Agregado a esto una probable toma de muestras de suelo con materiales vegetales en fase de descomposición, lo cual alteró los valores reales.

Por esto sería recomendable para trabajos futuros de este tipo el uso de la metodología de Scollenger, cuyo fundamento es el mismo al del método de Walkey y Black, con la diferencia que la oxidación de la materia orgánica se hace con el ácido crómico en presencia de un exceso de H_2SO_4 con aplicación de calor externo. En este método no interfiere el contenido de carbono en forma de carbón y también las distintas formas de carbono elemental (gráfíto, carbón vegetal, carbón de hulla, etc.), solamente son atacados en parte y por lo tanto quedan excluidos fundamentalmente de la medida.

Estos métodos dan valores aproximados y que en realidad no reflejan los contenidos verdaderos de los diferentes compuestos orgánicos que forman el humus. Por estas razones lo más apropiado sería un fraccionamiento de la materia orgánica en sus diferentes compuestos transitorios (ácidos húmicos, fúlvicos, etc.).

Según el análisis de variancia, el cual tuvo un C.V. de

10%, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, tanto para el efecto de la M.O., efecto en el tiempo y la interacción M.O. por tiempo.

Aplicando la prueba de Duncan para ver el efecto de los tratamientos en el porcentaje de carbono total promedio en el suelo para los 100 días, se halló que no existen diferencias significativas entre los tratamientos con abonos verdes (Crotalaria y Frijol), compost (dosis media y alta) y estiércol (dosis alta) siendo superiores a los demás tratamientos. Entre el compost dosis baja y estiércol dosis baja no existen diferencias significativas siendo en todos los casos superiores al testigo.

En cuanto al efecto en el tiempo sobre el contenido de carbono total (%) promedio en cada uno de los períodos, no se encontraron diferencias significativas. El coeficiente de correlación para estas dos variables es bajo ($r = 0.14$).

Los Gráficos 2a, 2b y 2c dan las líneas de regresión para cada uno de los tratamientos. La línea de regresión para los abonos verdes es descendente, presentando una mayor pendiente en comparación con los otros tratamientos.

Esto se debe a la gran proliferación de la fauna microbiana del suelo, lo que produce un consumo del material carbo-

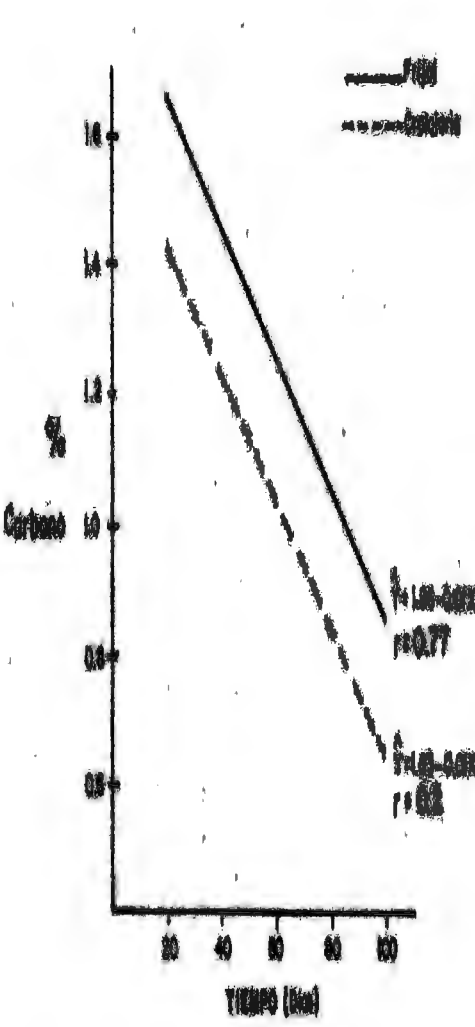


GRAFICO N° 2a ABONOS VERDES

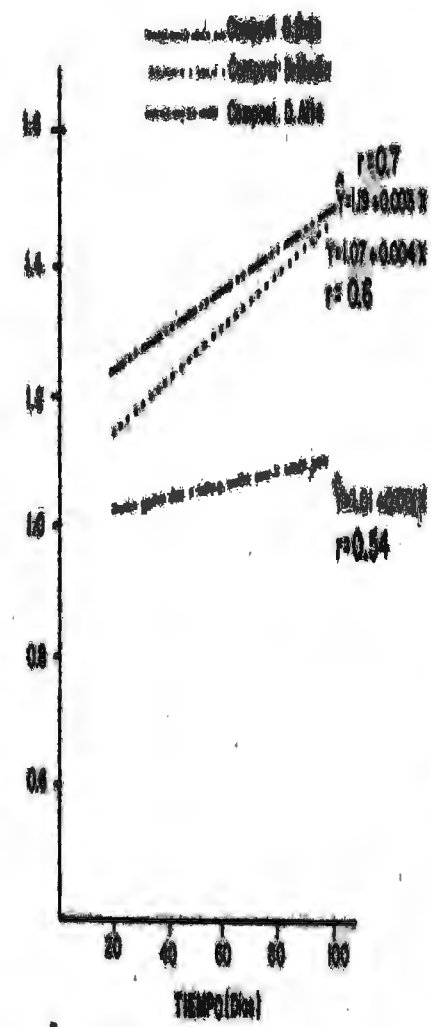


GRAFICO N° 3a COMPOST

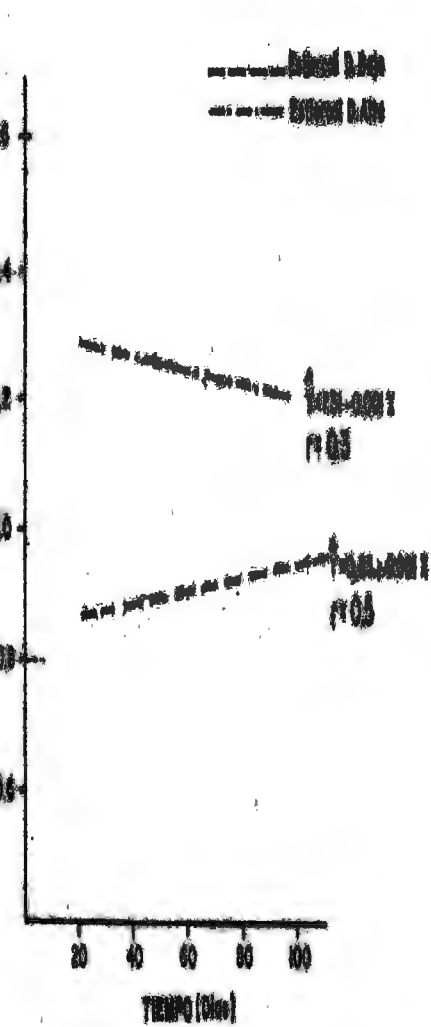


GRAFICO N° 4a ESTERIL

REGRESION DE CADA TRATAMIENTO MOSTRANDO LA FLUCTUACION
 DEL % DE CARBONO DEL SUELO EN EL TIEMPO

noso y formación lenta de compuestos transitorios los que no están todavía fijados o ligados a las partículas del suelo, sino simplemente mezclados.

El compost (3 dosis) y el estiércol (dosis alta) presentan líneas ascendentes, ésto es debido a que los compuestos orgánicos formados están ligados a las partículas del suelo y sometidos a una acción microbiana lenta lo que provoca una mineralización también lenta.

3.- Influencia de las enmiendas orgánicas sobre algunas propiedades físicas del suelo.

Siendo este el objetivo principal del trabajo, se determinaron las siguientes características físicas:

% de porosidad

Índice de inestabilidad estructural

Porcentaje de agregados en agua, alcohol y benceno.

Humedad equivalente

Estas características físicas fueron determinadas para cada período de muestreo (20 días).

3.1 Sobre la porosidad del suelo.

El porcentaje de porosidad del suelo se calculó en base a la densidad aparente y densidad real del suelo. El Cuadro 4 resume el porcentaje de porosidad del suelo pa

CUADRO 4.- EFECTO DE LAS ENMIENDAS ORGANICAS SOBRE LA FLUCTUACION DEL PORCENTAJE DE POROSIDAD DEL SUELO EN EL TIEMPO

Tratamiento	% de Porosidad del Suelo						
	Tiempo (días)						
	20	40	60	80	100	X	
(T ₁) Testigo	37.8	35.4	35.1	34.7	33.3	35.3	(d)
(T ₂) Frijol	45.0	45.5	44.7	47.4	45.9	45.7	(c)
(T ₃) Crotalaria	42.4	45.0	45.5	47.8	49.6	46.3	(c)
(T ₄) Compost dosis baja	43.8	48.1	49.8	50.1	51.5	48.7	(c)
(T ₅) Compost dosis media	55.1	57.2	60.3	68.0	69.1	61.9	(b)
(T ₆) Compost dosis alta	58.1	67.9	68.6	71.2	73.1	67.8	(a)
(T ₇) Estiércol d. baja	42.5	46.7	45.5	48.2	49.7	46.5	(b) (c)
(T ₈) Estiércol d. alta	54.9	56.8	57.9	58.6	62.7	58.2	(b)
X	47.5	50.5	50.9	53.4	54.4		
	b	ab	a	a	a		

C.V. = 9%

* Entre los promedios con igual letra no hay diferencias significativas.

La superioridad está de acuerdo al orden alfabético.

a cada tratamiento en los 5 períodos de muestreo.

El análisis de variancia dio un C.V. de 9%, encontrándose diferencias altamente (**) significativas para el efecto de la materia orgánica sobre el porcentaje de porosidad promedio del suelo en los diferentes tratamientos, lo mismo para su efecto en el tiempo. Para la interacción materia orgánica por tiempo, sólo hubo diferencias significativas (*). Conforme se incrementa el tiempo hay una mayor acción de la materia orgánica sobre la porosidad.

Realizando la prueba de Duncan para evaluar el efecto del tiempo sobre el promedio de porosidad en todos los tratamientos, se encontró que no existen diferencias significativas a los 40, 60, 80 y 100 días, siendo en todos los casos superiores a los 20 días.

Esto quiere decir que la acción de la materia orgánica sobre la porosidad es mayor a los 40 días de incorporada y ésta se mantiene sin variación significativa hasta los 100 días.

En cuanto al efecto de las diversas enmiendas orgánicas sobre el incremento de la porosidad del suelo tomando los valores promedios en los 5 muestreos), se halló por la prueba de Duncan que el tratamiento compost dosis al

ta fue muy superior al resto, siguiéndole el compost dosis media y estiércol dosis alta, los cuales no mostraron diferencias significativas entre sí. Los otros tratamientos no presentaron diferencias significativas, siendo muy superiores al testigo.

La línea de regresión total dada en el Gráfico 3, en la cual la variable independiente es el tiempo y la variable dependiente el porcentaje de porosidad del suelo para todos los tratamientos con enmiendas orgánicas, muestra un coeficiente de regresión positivo, siendo la línea de regresión ascendente. Por cada día, el porcentaje de porosidad se incrementa en 0.182%. El coeficiente de correlación es bajo ($r = 0.3$).

Este incremento de la porosidad en el tiempo se debe a la acción de la materia orgánica la cual se va descomponiendo en compuestos transitorios, los cuales producen ligazón de las partículas del suelo y arreglo de éstas, aumentando tanto la macroporosidad como la microporosidad.

3.2 Sobre el índice de inestabilidad estructural (I_s)

El índice de inestabilidad estructural determinado según la metodología de Hénin (15) engloba una serie de determinaciones físicas, tales como: % de arcilla + % de limo disperso (-20 μ), % de arenas gruesas, % de agregados esta

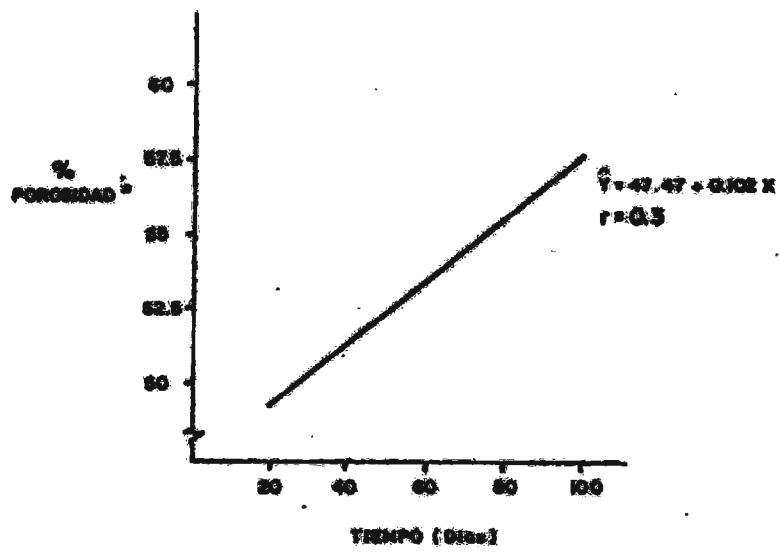


GRAFICO N° 3.- REGRESION TOTAL DE LA FLUCTUACION DEL % DE POROSIDAD DE SUELO EN EL TIEMPO

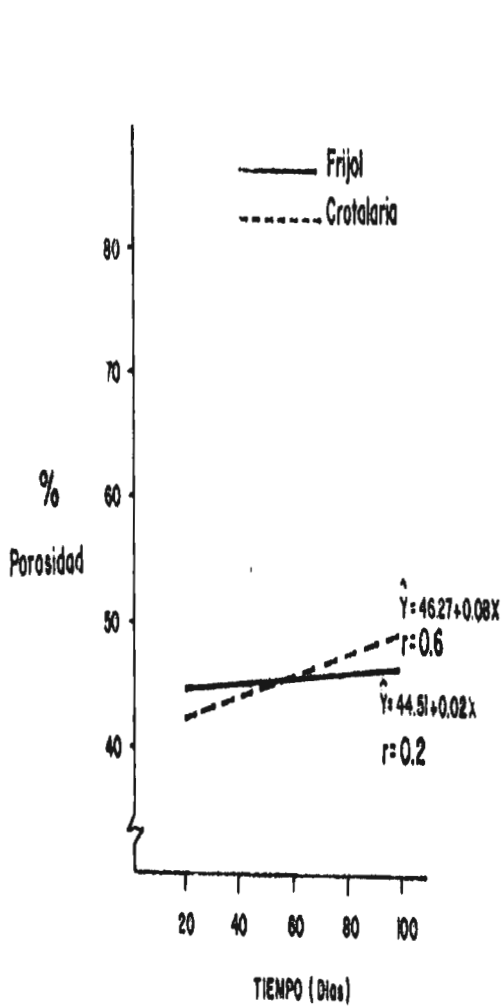


GRAFICO N° 3a. ABONOS VERDES

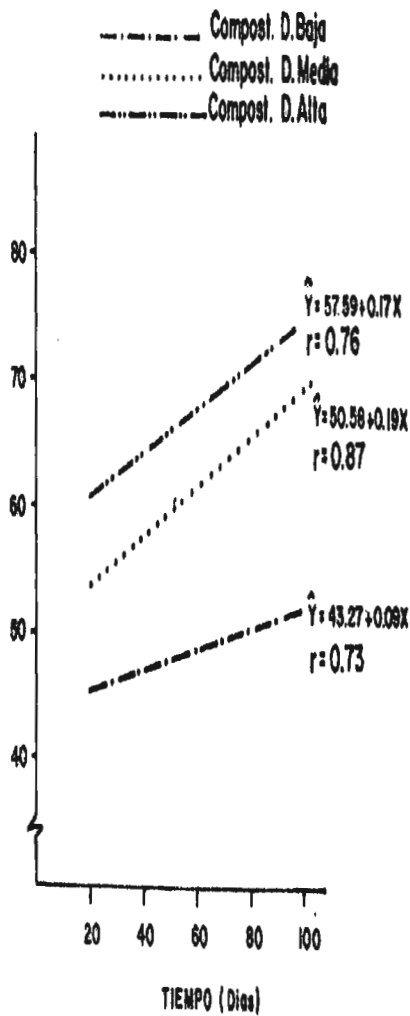


GRAFICO N° 3b. COMPOST

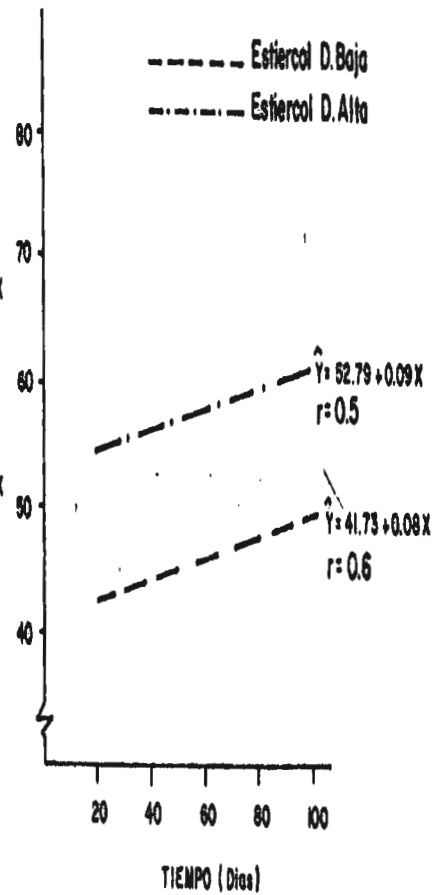


GRAFICO N° 3c. ESTIERCOL

**REGRESION DE CADA TRATAMIENTO MOSTRANDO LA FLUCTUACION
 DE % DE POROSIDAD DEL SUELO EN EL TIEMPO**

bles en agua, alcohol y benceno. Estos valores serán discutidos en forma breve, para después revisar separadamente el % de agregados estables al agua, por reflejar una condición natural del suelo.

Los valores detallados de cada uno de los análisis parciales se presentan en los Cuadros 1 y 2 del Anexo.

El Cuadro 5 resume la fluctuación promedio del índice de inestabilidad estructural en el tiempo. Según el análisis de variancia, el coeficiente de variabilidad fue de 13% (bastante bueno para condiciones de campo). El efecto de la M.O. sobre el Is mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos. El efecto del tiempo también fue altamente significativo, lo mismo que la interacción materia orgánica x tiempo.

Por la prueba de Duncan se encontró que entre los tratamientos con compost dosis alta y dosis media no existen diferencias significativas siendo menores al resto, seguido por el estiércol dosis alta. Los demás tratamientos fueron muy superiores al testigo.

En cuanto al efecto del tiempo sobre el Is promedio para todos los tratamientos, fue menor a los 80 días siendo por lo tanto el período en que se presentó la mayor estabilidad de los agregados.

CUADRO 5.- EFECTO DE LAS ENMIENDAS ORGANICAS SOBRE LA FLUCTUACION DEL INDICE DE INESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL SUELO EN EL TIEMPO.

Tratamiento	Índice de Inestabilidad Estructural Suelo						X̄
	Tiempo (días)						
	20	40	60	80	100		
(T ₁) Testigo	2.96	3.13	3.12	3.13	3.12	3.09	(a)
(T ₂) Frijol	1.45	1.20	0.90	0.70	0.70	0.99	(b)
(T ₃) Crotalaria	1.80	1.21	0.81	0.62	0.61	1.01	(b)
(T ₄) Compost dosis baja	1.61	1.07	0.91	0.79	0.65	1.01	(b)
(T ₅) Compost dosis media	0.95	0.64	0.51	0.45	0.41	0.59	(cb)
(T ₆) Compost dosis alta	0.79	0.59	0.48	0.42	0.35	0.53	(c)
(T ₇) Estiércol d. baja	1.79	1.20	0.76	0.65	0.62	1.00	(b)
(T ₈) Estiércol d. alta	1.17	0.75	0.69	0.53	0.49	0.73	(b)
X̄	1.57	1.22	1.02	0.91	0.87		
	a	b	bc	c	c		

C.V. = 13%

* Entre los promedios con igual letra no hay diferencias significativas.

El Gráfico 4 muestra la línea de regresión total de todas las enmiendas orgánicas donde la variable independiente es el tiempo y la variable dependiente el índice de inestabilidad estructural.

La línea de regresión es descendente, conforme se incrementa el tiempo, disminuye el I_s , esto quiere decir un aumento en la estabilidad de los agregados comprendidos entre 0.25 mm y 2 mm, los cuales por acción de la M.O. forman enlaces entre las partículas del suelo, aumentando la fuerza cohesiva entre éstas, lo que determina una mayor resistencia a la acción degradante del agua, principalmente, evitando el fenómeno de estallido de los agregados.

Los Gráficos 4a, 4b y 4c, presentan las líneas de regresión para cada uno de los tratamientos, mostrando todos una línea descendente, siendo menores para los tratamientos con compost, esto principalmente al mayor contenido de compuestos orgánicos, los cuales mantienen a las partículas del suelo ligados.

8.3 Sobre el porcentaje de agregados del suelo.

3.3.1 Porcentaje de agregados obtenidos con los pre-tratamientos (agua-alcohol-benceno).

En el Cuadro 6 se dan los datos de la agregación ob

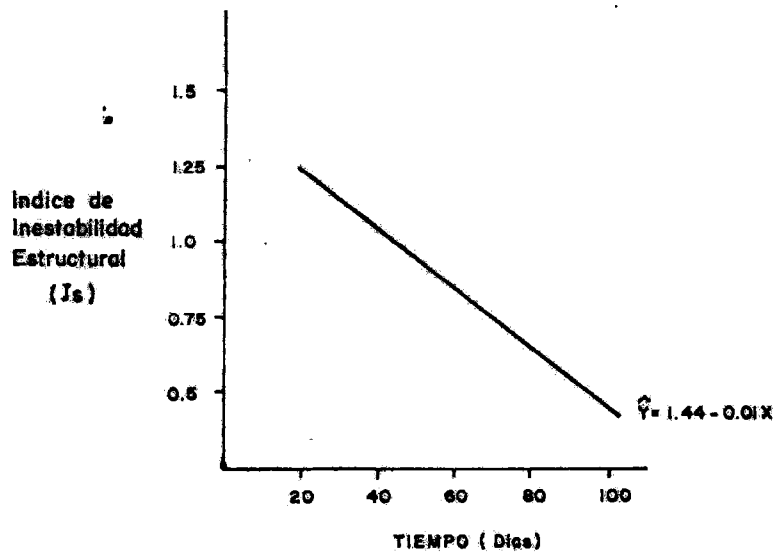


GRAFICO N° 4 _ REGRESION TOTAL DE LA FLUCTUACION DEL INDICE DE INESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL SUELO EN EL TIEMPO

—— Frijol
 - - - - Crotalaria

- · - · - Compost. D.Bajo
 ······ Compost. D. Media
 - · - · - Compost. D. Alto

- · - · - Estiercol D. Bajo
 - - - - Estiercol D. Alto

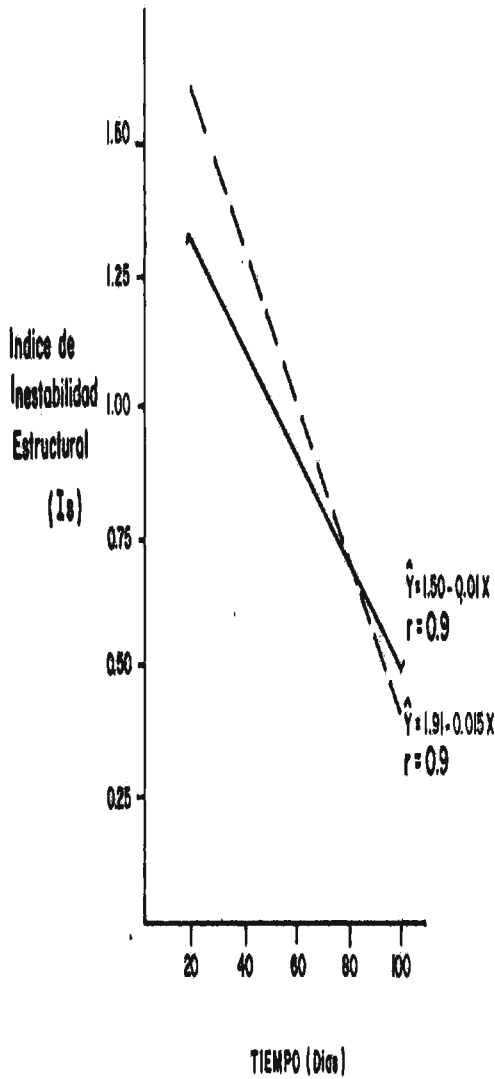


GRAFICO N° 4a... ABONOS VERDES

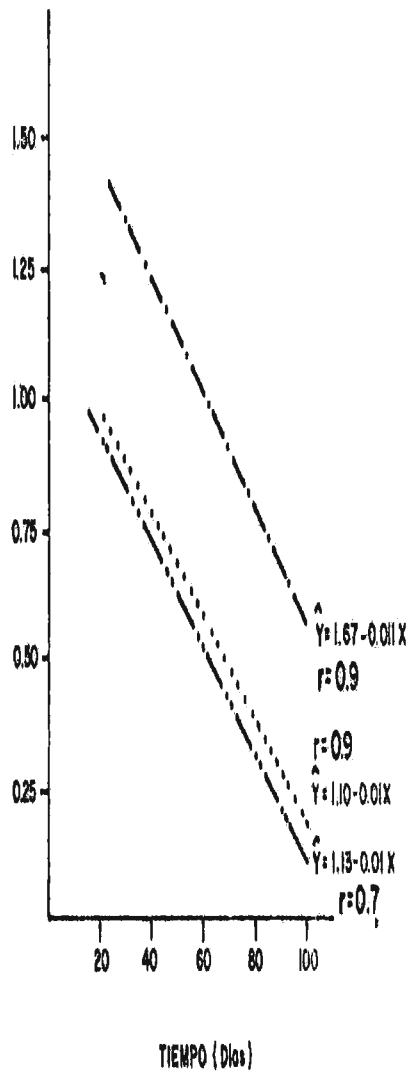


GRAFICO N° 4b... COMPOST

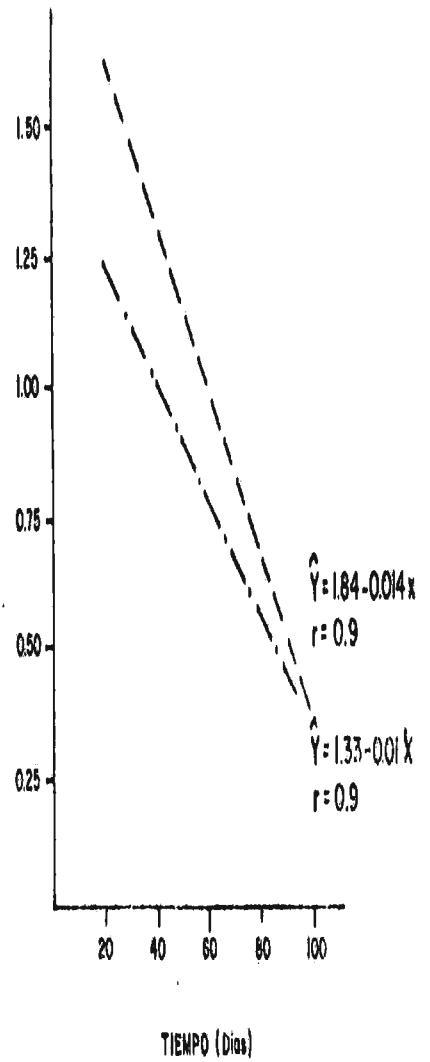


GRAFICO N° 4c... ESTIERCOL

REGRESION DE CADA TRATAMIENTO MOSTRANDO LA FLUCTUACION
 DEL INDICE DE INESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL SUELO EN EL TIEMPO

CUADRO 6.- PORCENTAJE DE AGREGADOS REALES 2 mm Y 0.25 mm ENCONTRADOS EN LOS CINCO MUESTREOS

No. Muestreo	Tratamiento	% Agregados Reales en \bar{x}		
		Agua	Alcohol	Benceno
I (20 días)	Testigo (T ₁)	5.9	23.7	3.2
	Frijol (T ₂)	13.3	34.5	15.2
	Crotalaria (T ₃)	11.6	27.3	9.4
	Compost D.Baja (T ₄)	14.9	21.3	19.4
	Compost D.Media (T ₅)	19.3	37.0	26.2
	Compost D.Alta (T ₆)	22.9	36.5	26.4
	Estiércol D.Baja (T ₇)	10.3	23.9	17.1
	Estiércol D.Alta (T ₈)	17.5	29.9	23.1
II (40 días)	T ₁	5.2	21.5	3.6
	T ₂	15.4	35.3	17.5
	T ₃	18.9	31.5	15.9
	T ₄	17.9	37.5	23.0
	T ₅	30.8	39.4	35.4
	T ₆	34.3	42.3	35.3
	T ₇	17.1	30.4	29.2
	T ₈	15.6	32.1	33.3
III (60 días)	T ₁	5.3	20.0	3.5
	T ₂	24.8	40.8	19.1
	T ₃	27.1	15.2	29.2
	T ₄	24.9	39.1	25.1
	T ₅	36.8	42.2	45.2
	T ₆	37.9	42.2	45.4
	T ₇	29.3	38.2	32.3
	T ₈	30.6	38.1	36.9

CUADRO 6.- Cont.....

No. Muestreo	Tratamiento	% Agregados Reales en \bar{x}		
		Agua	Alcohol	Benceno
IV (80 días)	T ₁	5.5	18.0	3.1
	T ₂	27.0	43.1	24.0
	T ₃	29.8	48.1	34.2
	T ₄	26.6	40.1	27.3
	T ₅	39.2	44.2	48.3
	T ₆	38.6	44.2	50.1
	T ₇	31.8	41.2	35.1
	T ₈	37.2	40.8	44.3
V (100 días)	T ₁	5.5	19.2	3.5
	T ₂	27.9	45.8	26.3
	T ₃	31.9	49.2	36.2
	T ₄	27.1	41.2	31.2
	T ₅	39.9	44.9	50.2
	T ₆	40.8	45.1	51.4
	T ₇	29.8	44.2	39.3
	T ₈	37.5	40.9	46.2

tenidos por los 3 pre-tratamientos a que fue sometido el suelo (agua-alcohol-benceno) durante los 5 períodos de muestréo.

Tomando como referencia al testigo, se puede observar que la mayor agregación corresponde al tratamiento con alcohol, el cual presenta valores fluctuantes entre 23 y 60% de agregados. Los valores más bajos de agregación corresponden a los suelos tratados con benceno, solamente para el caso del testigo en los 5 períodos de muestreo.

Para el resto de tratamientos y demás períodos el % de agregados con benceno, aumentan progresivamente llegando inclusive a superar al alcohol cuando los incrementos de materia orgánica son mayores.

El tratamiento con agua proporciona valores, intermedios, cuando el contenido de materia orgánica es bajo. Cuando hay incrementos de M.O. el porcentaje de agregados presenta valores más bajos en comparación con los otros dos pre-tratamientos (alcohol y benceno). Este tratamiento se asemeja a las condiciones naturales, razón por la que será discutido más adelante.

El efecto del alcohol se explicará del modo siguien-

te: cuando se moja el suelo con agua, ésta entra en los capilares y poros de los agregados comprimiendo el aire que llena dichos capilares contra las paredes de éstos, produciéndose como consecuencia de ello un estallido del agregado. Al mojar previamente el suelo con alcohol, éste desaloja al aire que se halla en los capilares, evitando así el efecto de ruptura de los agregados por acción del aire. (Henin, 15).

Comparando la agregación en agua, con la hallada en alcohol, se concluye que el fenómeno de estallido es responsable de la ruptura del 15% de agregados, en promedio.

La cantidad de agregados en benceno para el testigo es mucho menor a la encontrada en alcohol y en agua. Esto es debido a que el contenido de materia orgánica es bajo no pudiendo fijar al benceno, produciéndose disgregación de los terrones. (Demolon, 1967).

Conforme la materia orgánica se incrementa con las enmiendas orgánicas, el benceno es fijado por las materia orgánicas y forma una película alrededor de los terrones. Esta película protege al suelo de la acción dispersante del agua.

En los tratamientos compost dosis alta y media lo mismo que el estiércol dosis alta, para los 60, 80 y 100 días

de muestreo, el pre-tratamiento con alcohol actúa en este caso como un disolvente de la materia orgánica y en consecuencia disgrega un 5% de agregados (comparando la agregación en alcohol y en benceno).

3.3.2 Porcentaje de agregados estables al agua

El porcentaje de agregados al agua, se calculó en base a la metodología seguida para determinar el índice de inestabilidad estructural (Hénin, 15). Para este índice se necesita hallar los porcentajes de agregados en agua, alcohol y benceno.

Los agregados en agua, son los que reflejan con mayor aproximación las condiciones naturales del suelo, por esta razón son discutidos separadamente.

El Cuadro 7 resume la fluctuación promedio del porcentaje de agregados al agua en el tiempo para cada tratamiento.

El análisis de variancia dio un 8% de C.V. y mostro diferencias altamente significativas entre los tratamientos, tanto para el efecto de la M.O. tiempo e interacción materia orgánica por tiempo, sobre el porcentaje de agregados.

Por la prueba de Duncan se encontró que no existen dife-

CUADRO 7.- EFECTO DE LAS ENMIENDAS ORGANICAS SOBRE LA FLUCTUACION DEL PORCENTAJE DE AGREGADOS AL AGUA DEL SUELO EN EL TIEMPO.

Tratamiento	<u>% de Agregados al Agua del Suelo</u>						
	Tiempo (días)						
	20	40	60	80	100	\bar{x}	
(T ₁) Testigo	5.9	5.2	5.3	5.5	5.5	5.5	(d)*
(T ₂) Frijol	19.3	15.4	24.	27.0	27.9	21.7	(c)
(T ₃) Crotalaria	11.6	18.9	27.1	29.8	31.9	23.9	(c)
(T ₄) Compost dosis baja	14.9	17.9	24.9	26.6	27.1	22.3	(c)
(T ₅) Compost dosis media	19.3	30.8	36.8	39.2	39.9	33.2	(ab)
(T ₆) Compost dosis alta	22.9	34.3	37.9	38.6	40.8	34.9	(a)
(T ₇) Estiércol d. baja	10.3	17.1	29.3	31.8	29.8	23.7	(c)
(T ₈) Estiércol d.alta	17.5	25.6	30.6	37.2	37.5	30.1	(b)
\bar{x}	14.5	20.9	27.1	29.5	31.3		
	d	c	b	ab	a		

C.V. = 8%

* Entre los promedios con igual letra no hay diferencias significativas.

rencias significativas entre los tratamientos con compost dosis alta y media, lo mismo entre el compost dosis media y estiércol dosis alta, siendo todos éstos superiores al resto de tratamientos, los cuales fueron muy superiores al testigo.

En cuanto al efecto del tiempo no se encontraron diferencias significativas entre los valores de agregación a los 80 y 100 días, siendo ellos superiores a los 20, 40 y 60 días.

El mayor porcentaje de agregados se dan a partir de los 60 días, manteniéndose constante hasta los 100 días.

La línea de regresión total dada en el Gráfico 5, en el cual la variable independiente es el tiempo y la variable dependiente el porcentaje de agregados en agua, muestra un coeficiente de regresión positivo, siendo la línea ascendente. Conforme se incrementa el tiempo, el porcentaje de agregados aumenta.

El coeficiente de correlación para estas dos variables fue de 0.7, siendo por lo tanto alto el grado de asociación.

Este mayor porcentaje de agregados en agua se debe principalmente al revestimiento de los agregados por la materia orgánica, evitando por lo tanto el efecto degradante de

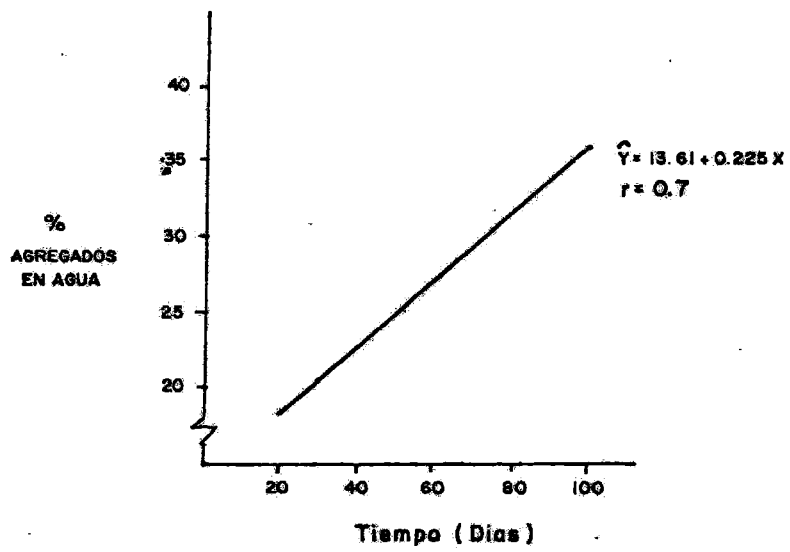


GRAFICO N° 5 — REGRESION TOTAL DE LA FLUCTUACION DEL % DE AGREGADOS AL AGUA DEL SUELO EN EL TIEMPO

agua por estallido. En los Gráficos 5a, 5b y 5c se dan las líneas de regresión para cada tratamiento, presentando todas una línea ascendente, siendo los tratamientos con compost (dosis alta y media) los que presentan un mayor incremento seguidos del estiércol dosis alta.

En presencia de mayor contenido de materia orgánica, la actividad microbiana es mayor. El crecimiento de los microorganismos conduce a la unión de partículas del suelo y consecuentemente a un incremento de la agregación. Por ejemplo se han encontrado que los hongos no únicamente causan una ligadura mecánica de partículas debido al crecimiento extensivo del micelio, sino también producen cementación como un resultado de la síntesis de ciertos compuestos orgánicos. Así en adición a los efectos mecánicos directos y posiblemente otras sustancias insolubles en agua los cuales cubren las partículas del suelo, incrementando la agregación. (Miller, 18).

Otra causa de la mayor agregación es atribuible a la adsorción de cationes. La preponderancia total o parcial de algunos cationes tiende a desarrollar más o menos ciertas características físicas favorables. El calcio favorece la granulación por el fenómeno llamado floculación. Cuando esto ocurre las partículas del suelo se agrupan en flóculos y tienden a favorecer un tipo de estructura muy favo-

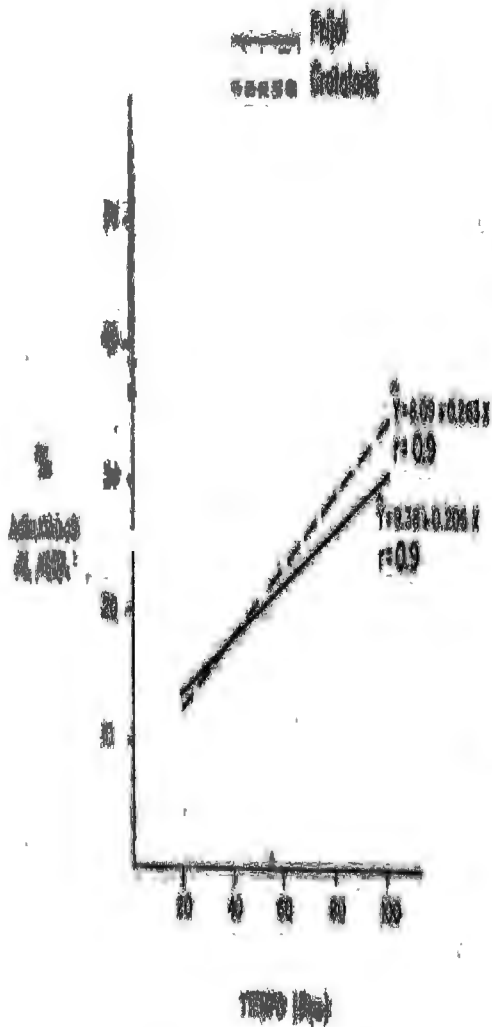


GRÁFICO N° 1. - RESULTADOS

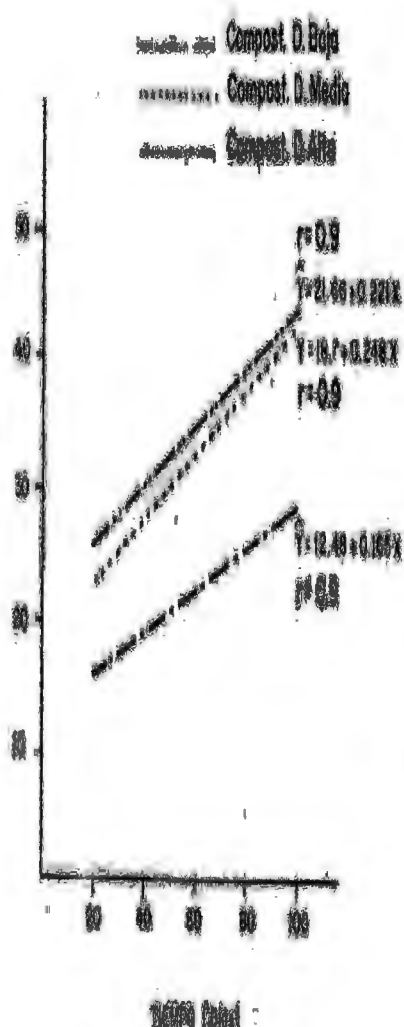


GRÁFICO N° 2. - RESULTADOS

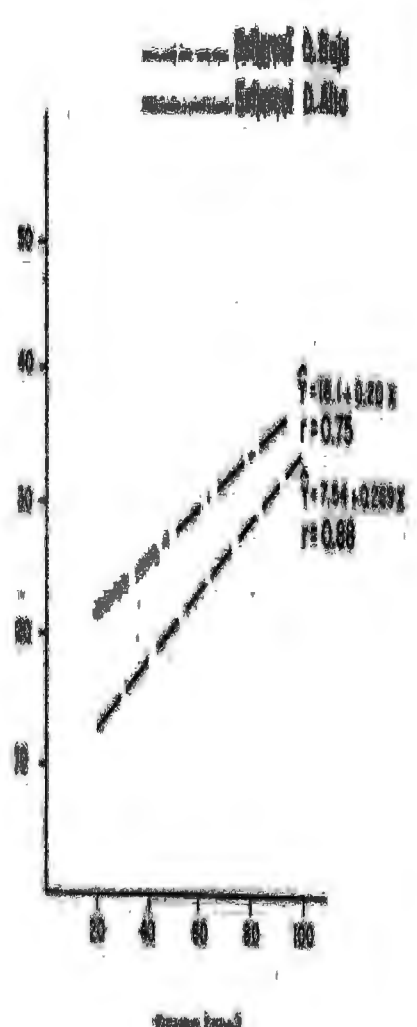


GRÁFICO N° 3. - RESULTADOS

RESULTADOS DE CADA TRATAMIENTO MOSTRANDO LA PRESERVACIÓN
 DEL % DE ACTIVIDAD AL AGUA DEL QUELO A LO LARGO DEL TIEMPO

rable.

3.4 Sobre la humedad equivalente

El Cuadro 8 resume los promedios de humedad equivalente (en %) para todos los tratamientos, durante los 5 períodos de muestreo.

El análisis de variancia con 15% de C.V., mostró diferencias altamente significativas para el efecto de la M.O. y el efecto del tiempo, encontrándose diferencias significativas para la interacción M.O. por tiempo.

De acuerdo a la prueba de Duncan, no se hallaron diferencias significativas para los tratamientos con compost dosis alta, media y estiércol dosis alta, siendo superiores al resto.

El efecto del tiempo sobre la humedad equivalente promedio para todos los tratamientos según la prueba de Duncan, mostró que no existen diferencias significativas a partir de los 40 días. Esto quiere decir que la capacidad de almacenamiento del agua por acción de la M.O. se incrementa hasta los 40 días, a partir del cual permanece constante.

En el Gráfico 6 se da la línea de regresión total en el cual la variable independiente es el tiempo y la variable

CUADRO 8.- EFECTO DE LAS ENMIENDAS SOBRE LA FLUCTUACION DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD EQUIVALENTE DEL SUELO EN EL TIEMPO

Tratamiento	<u>% Humedad Equivalente Suelo</u>						
	Tiempo (días)						
	20	40	60	80	100	\bar{x}	
(T ₁) Testigo	14.7	14.6	12.9	14.0	15.1	14.3	(d)*
(T ₂) Frijol	20.3	26.2	26.7	26.4	25.5	25.0	(cb)
(T ₃) Crotalaria	19.0	24.9	26.0	27.2	26.4	24.9	(cb)
(T ₄) Compost dosis baja	23.9	28.0	29.2	30.5	29.7	28.3	(b)
(T ₅) Compost dosis media	25.6	31.6	33.6	34.4	35.8	32.4	(a)
(T ₆) Compost dosis alta	26.9	37.0	36.9	37.5	37.4	35.1	(a)
(T ₇) Estiércol d. baja	20.4	25.0	26.6	24.7	25.5	24.5	(cb)
(T ₈) Estiércol d. alta	25.6	30.0	32.4	35.3	34.0	31.5	(ab)
\bar{x}	22.2	27.2	28.0	28.8	28.8		
	b	a	a	a	a		

C.V. = 15%

* Entre los promedios con igual letra no hay diferencias significativas.

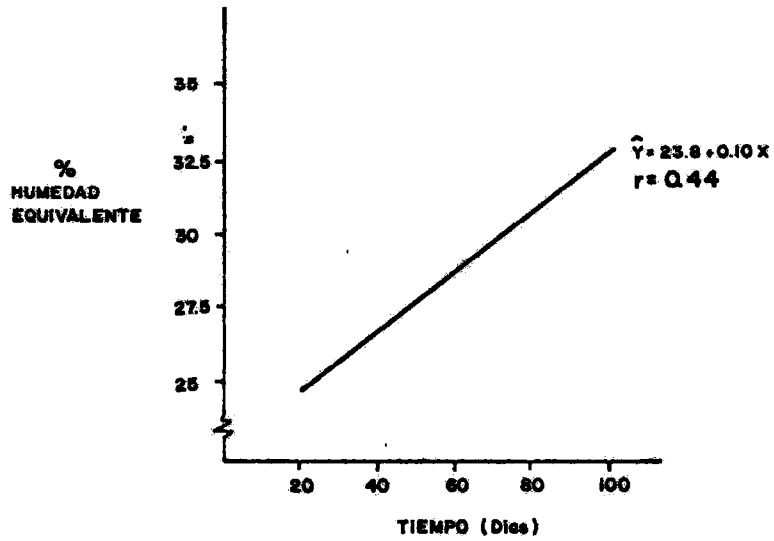


GRAFICO N° 6 _ REGRESION TOTAL DE LA FLUCTUACION DEL % DE HUMEDAD EQUIVALENTE DEL SUELO EN EL TIEMPO

dependiente el porcentaje de humedad equivalente para todos los tratamientos.

El coeficiente de regresión es positivo, siendo por lo tanto ascendente. El coeficiente de correlación es de 0.44 para estas dos variables.

La mayor o menor capacidad de almacenamiento del agua por un suelo depende de sus características físicas tales como textura, porosidad, agregación, etc.

Todas estas características físicas han sido tratadas anteriormente, encontrándose condiciones muy favorables lo que determina una mayor capacidad retentiva para el agua.

Los Gráficos 6a, 6b y 6c muestran la línea de regresión para cada tratamiento, siendo ascendente en todas.

4.- Influencia de las enmiendas orgánicas sobre la capacidad de intercambio catiónico.

El Cuadro 9 resume la fluctuación promedio de la CIC para cada tratamiento en 3 períodos de muestreo (20, 60 y 100 días).

Se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, tanto para el efecto de la M.O. y el tiempo, no hallándose diferencias significativas

—— Frijol
 - - - - Crotonaria

— · — · Compost. D. Bajo
 · · · · · Compost. D. Medio
 - · - · - Compost. D. Alto

- - - - - Estiercol D. Bajo
 - · - · - Estiercol D. Alto

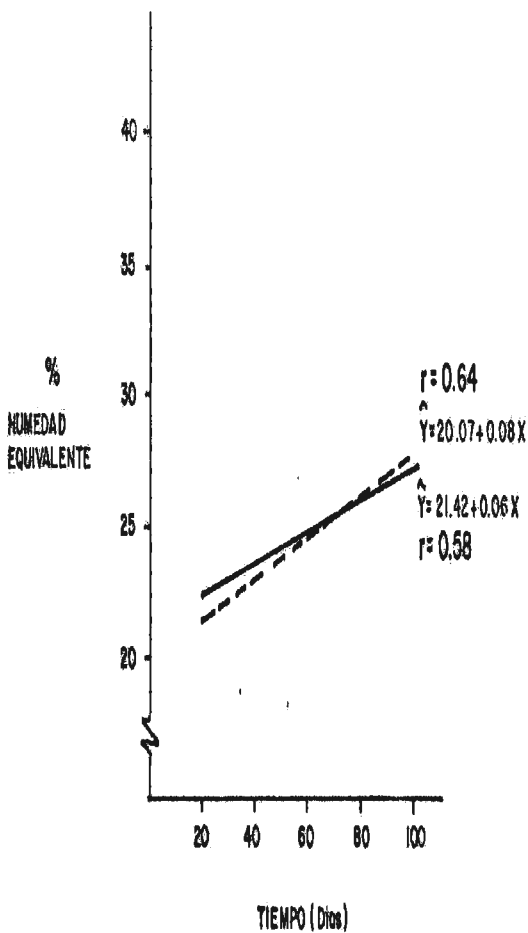


GRAFICO N° 6a — ABONOS VERDES

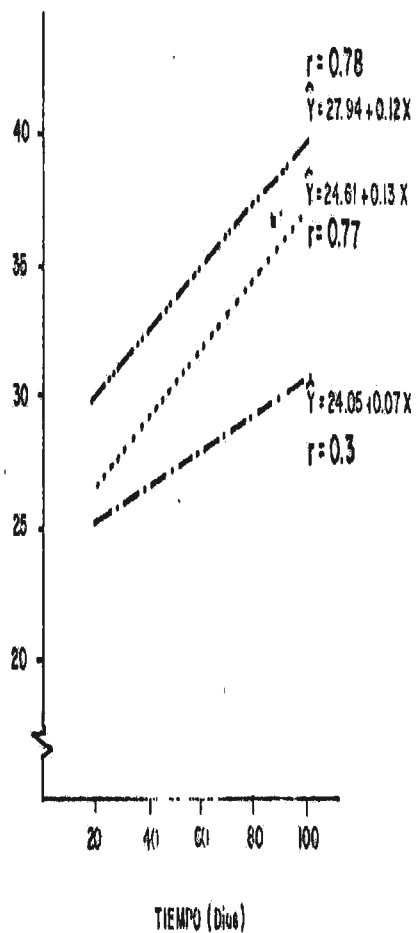


GRAFICO N° 6b — COMPOST

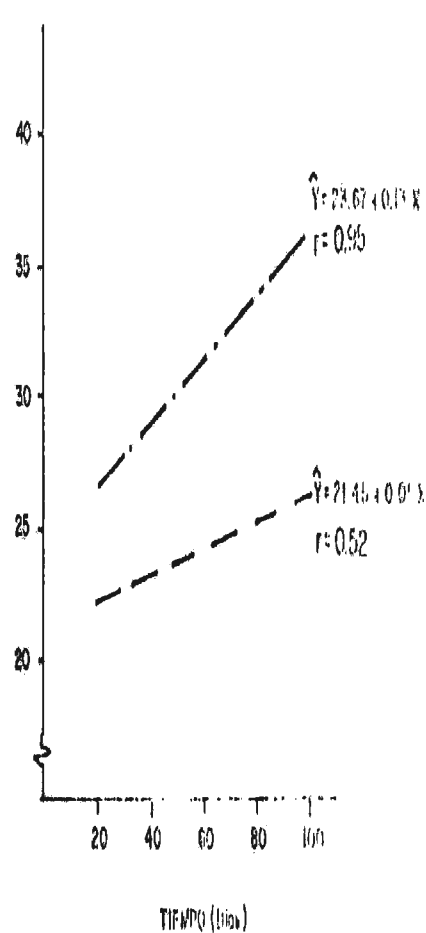


GRAFICO N° 6c — ESTIERCOL

REGRESION DE CADA TRATAMIENTO MOSTRANDO LA FLUCTUACION DE LA
 HUMEDAD EQUIVALENTE DEL SUELO EN EL TIEMPO

CUADRO 9.- EFECTO DE LAS ENMIENDAS ORGANICAS SOBRE LA FLUCTUACION DE LA CIC DEL SUELO EN EL TIEMPO

Tratamiento	CID DEL SUELO (meq/100 gr)				
	Tiempo (días)				
	20	60	100	X	
(T ₁) Testigo	10.5	10.1	9.7	10.1	(e)*
(T ₂) Frijol	12.5	13.5	13.4	13.1	(d)
(T ₃) Crotalaria	11.6	14.6	14.5	13.6	(d)
(T ₄) Compost dosis baja	16.2	16.8	17.4	16.8	(c)
(T ₅) Compost dosis media	18.7	20.3	22.3	20.4	(b)
(T ₆) Compost dosis alta	20.9	21.8	24.0	22.3	(ab)
(T ₇) Estiércol d. baja	15.6	16.5	17.1	16.4	(c)
(T ₈) Estiércol d. alta	23.3	24.3	24.4	23.9	(a)
X	a	a	a		

C.V. = 12.5

* Entre los promedios con igual letra no hay diferencias significativas.

para la interacción M.O. por tiempo.

Los tratamientos que mostraron un mayor incremento del CIC fueron. aplicación de compost (dosis alta y media) y estiércol (dosis alta) no existiendo diferencias significativas entre ellos pero sí con respecto al resto de tratamientos.

Para el efecto del tiempo sobre la CIC promedio de todos los tratamientos, no se encontraron diferencias significativas en los 3 períodos (20, 60, y 100 días).

La línea de regresión total dada en el Gráfico 7 en la cual la variable independiente es el tiempo y la variable dependiente la CIC, se puede observar una tendencia siendo muy bajo el coeficiente de regresión. No existe correlación entre estas dos variables (0.2). La CIC del suelo presenta un incremento promedio de 6 meq/100 gr a los 20 días y se mantiene hasta los 100 días. Esto se debe a la acción del humus el cual tiene una organización coloidal similar a la de la arcilla. Una alta carga iónica (micelar) que está rodeada por un enjambre de cationes adsorbidos, los que aumentan la CIC del suelo.

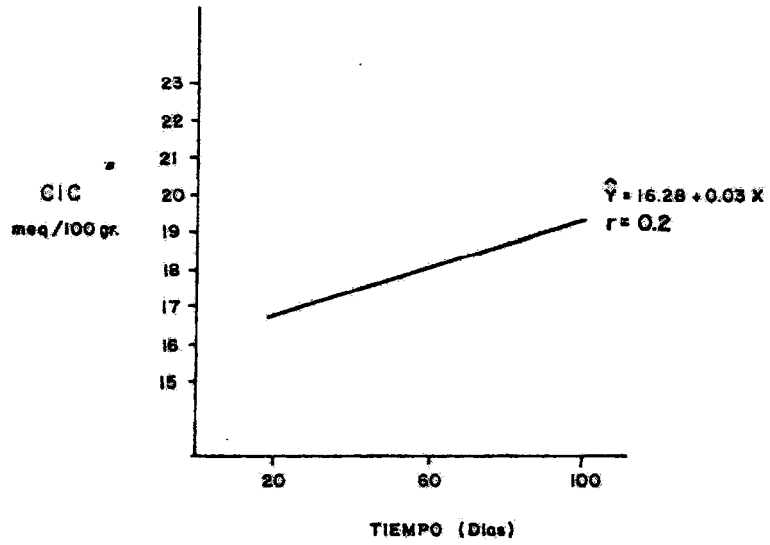
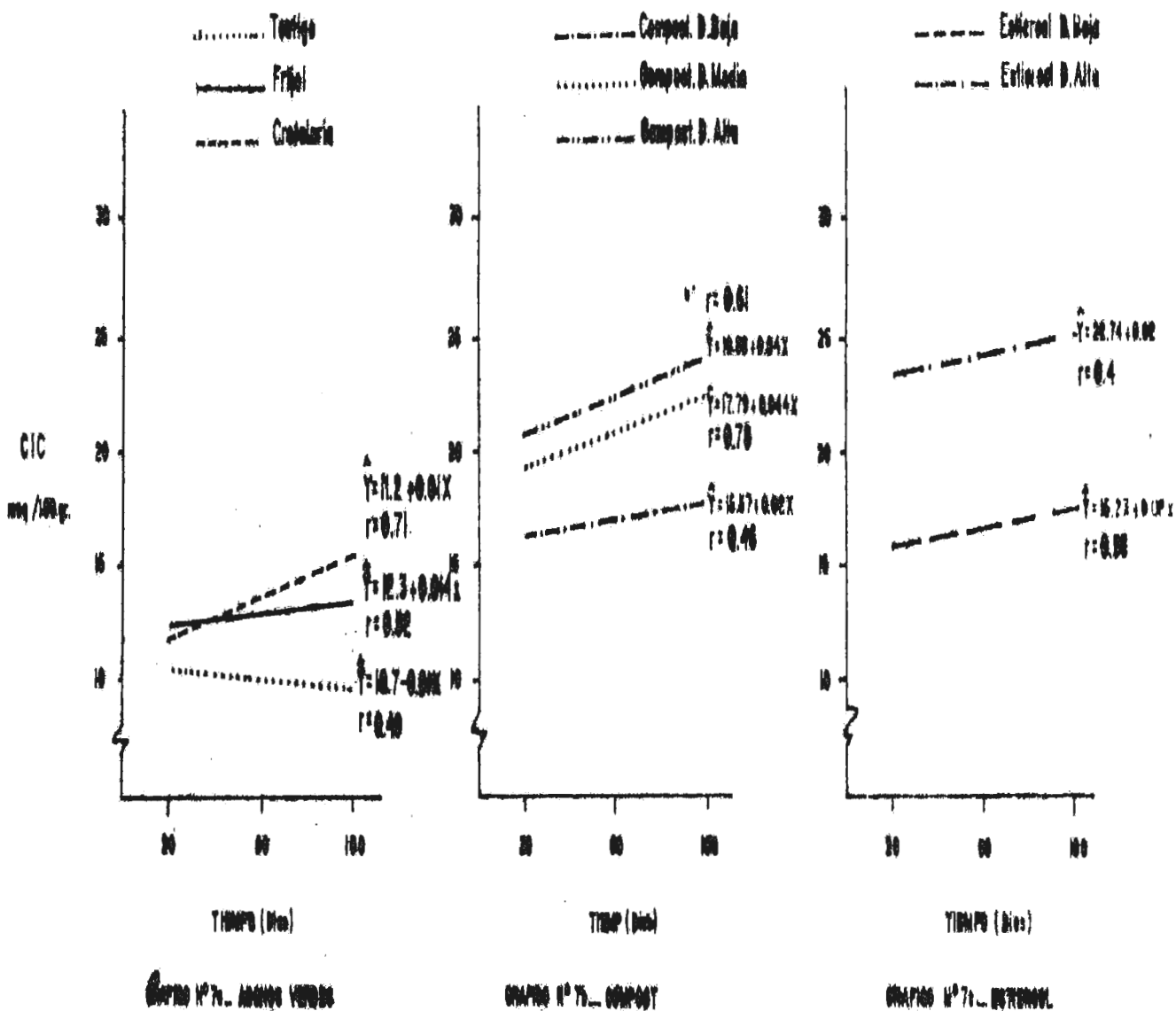


GRAFICO N° 7_ REGRESION TOTAL DE LA FLUCTUACION DEL CIC DEL SUELO EN EL TIEMPO



REGRESION DE CADA TRATAMIENTO MOSTRANDO LA FLUCTUACION
DE LA CIC DEL SUELO EN EL TIEMPO

V.- CONCLUSIONES

1.- En cuanto al rendimiento de los abonos verdes, la *Crotalaria* supera al frijol en cantidad de materia seca incorporada así como en un mayor contenido de nitrógeno total. Siendo una especie muy rústica y de fácil adaptación y más económica, es recomendable su utilización.

2.- La influencia de las enmiendas orgánicas sobre ciertas características físicas del suelo, son muy remarcables, comparativamente con el testigo. Todos los tratamientos mostraron incrementos para la porosidad, agregación, estabilidad de los agregados y humedad equivalente.

Los tratamientos compost (dosis alta y media) y estiércol (dosis alta) superaron al resto de tratamientos para todas estas propiedades físicas.

3.- En cuanto a la influencia sobre la CIC, los tratamientos de compost y estiércol superaron a los abonos verdes, produciéndose incrementos en el suelo de hasta 130% del valor inicial.

4.- El mayor efecto de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas, se dan a los 60 días de aplicado.

5.- Dada la deficiencia de M.O. propia de los suelos de Costa y a las respuestas encontradas para todos los tratamientos

con enmiendas orgánicas sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo, se recomienda su aplicación en forma regular, para aumentar la capacidad productiva del suelo.

- 6.- Se recomienda hacer pruebas con estas dosis de enmiendas orgánicas, para ver su efecto sobre el rendimiento en cultivos.

VI.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- ARCA, M. N. y S. B. WEED. 1966. Soil aggregation and porosity in relation to contents of free iron oxide and clay. Soil Sci. 101 (3):164-170.
- 2.- BAVER, L. D. y W. M. GARDNER. 1973. Física de suelos. Ed. U.T.E.H.A. México 529 pp.
- 3.- BEAR, F. E. 1958. Suelos y fertilizantes. Ed. OMEGA Barcelona. 458 pp.
- 4.- BLAIR, E. 1974. Manual de riegos y avenamiento. Ed. U.N.A. La Molina-Perú. 363 pp.
- 5.- BROADBENT, F. E. 1953. The soil organic fraction advances in agron. 5:153-183.
- 6.- BROWNING, G. M. 1937. Changes in the erodability of soil brought by the application of organic matter. Soil Sci. Soc. Proc. 2. 85-96.
- 7.- BUCKMAN, H. y N. PRADY. 1966. Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. U.T.E.H.A. México. 589 pp.
- 8.- ESTRADA, J., F. ZAPATA F. y R. BAZAN. Manual de análisis de suelos y plantas. Ed. U.N.A. Lima-Perú.
- 9.- FEHL, A. J. and W. LUNGE. 1965. Soil stabilization induced by growth of microorganisms on high-calorie mold nutrients. Soil Sci. 100 (5):368-374.

- 10.- FORSYTHE, W. 1965. Copias mimeografiadas de física de suelos.
- 11.- GAITAN, L. M. 1976. Efecto de enmiendas orgánicas sobre algunas propiedades físicas de un suelo desarrollado sobre arenisca. Comunidad de Agocucho-Cajamarca. Tesis Ing.Agr. U.N.A. Lima-Perú. 102 pp.
- 12.- GREENLAND, D. J., G. R. LINDSTROM and J. P. QUIRF. 1961. Role of polys-chlorides in stabilization of natural soil aggregates. Reprint from Nature. Vol.191 No.4795. pp.1283-1284.
- 13.- GROSS, A. 1971. Abonos. Guía práctica de la fertilización. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 526 pp.
- 14.- GUPTA, G. C. and A.K. BUFFA. 1966. Water stability of aggregates in a heated black cotton soil. Soil Sci. 104 (3):210-216.
- 15.- HENIN, S. y R. GRAS. 1972. El perfil cultural. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 341 pp.
- 16.- JACKSON, M. L. 1970. Análisis químico de suelos. Ed. OMEGA. S. A. Barcelona. 662 pp.
- 17.- METZGER, W. 1938. Effect of certain crops and soil treatments on soil aggregation and distribution of organic carbon in relation to aggregate size. J. Am. Soc.Agron. 30:833-843.

- 18.- MILLAR, C. E., L. M. TURK, H. D. FOTH. 1965. Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. CECSA. 531 pp.
- 19.- ORSTOM. Methodes de analysis physique des sols. Publication ORSTOM Bondy-France. 30 pp.
- 20.- PONOBOKKO, C. R. and S. P. QUIRK. 1966. Effect of initial water content on stability of soil aggregates in water. Soil Sci. 83(3):185-195.
- 21.- ROSSI, R. 1951. Efecto de la relación de los iones calcio: Sodio cambiabile en la estabilidad de la estructura de los suelos. Revista Agronomía. Ed. U.N.A.
- 22.- SAMPAT, A. GAVANDE. 1972. Física de suelos. Principios y aplicaciones. Ed. LIMUSA. México. 351 pp.
- 23.- SELKE, W. 1968. Los abonos. Ed. Academia. pp. 441.
- 24.- TISDALE, S. L. y W. L. NELSON. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Ed. Montaner y Simon S. A. Barcelona. 760 pp.
- 25.- WEBER, L. 1964. Soil physical properties and erosion control. J. Soil and water cons. 19:28-30.
- 26.- WILAH, W. M. 1963. A rapid method for estimating structural stability of soils. Soil Sci. 96(5) pp. 347-350.

- 27.- WILLIAMS, B. G., D. J. GREENLAND, G. R. LINDSTROM, and S. R. QUIRK. 1965. Techniques for the determination of the stability of soil aggregates. Soil Sci. 101 (3):157-163.

ANEXO

CUADRO 1.- VALORES DE DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD EN LOS
5 MUESTREOS

No. Muestreo	Tratamiento	Densidad Aparente gr/cc	Porosidad %
I (20 días)	Testigo (T ₁)	1.65	37.8
	Frijol (T ₂)	1.46	45.0
	Crotalaria (T ₃)	1.53	42.4
	Compost D. Bajo (T ₄)	1.49	43.8
	Compost D. Media (T ₅)	1.19	55.1
	Compost D. Alta (T ₆)	1.11	58.1
	Estiércol D. Baja (T ₇)	1.52	42.5
	Estiércol D. Alta (T ₈)	1.20	54.9
II (40 días)	T ₁	1.71	35.4
	T ₂	1.44	45.5
	T ₃	1.46	45.0
	T ₄	1.38	48.1
	T ₅	1.13	57.2
	T ₆	0.85	67.9
	T ₇	1.41	46.7
	T ₈	1.14	56.8
III (60 días)	T ₁	1.72	35.1
	T ₂	1.47	44.7
	T ₃	1.44	45.5
	T ₄	1.33	49.8
	T ₅	1.05	60.3
	T ₆	0.83	68.6
	T ₇	1.44	45.5
	T ₈	1.12	57.9

CUADRO 1.- Continuación....

No. Muestreo	Tratamiento	Densidad Aparente gr/cc	Porosidad %
IV (80 días)	T ₁	1.73	34.7
	T ₂	1.39	47.4
	T ₃	1.38	47.8
	T ₄	1.32	50.1
	T ₅	0.85	68.0
	T ₆	0.76	71.2
	T ₇	1.37	48.2
	T ₈	1.10	58.6
V (100 días)	T ₁	1.77	38.3
	T ₂	1.48	45.8
	T ₃	1.34	48.6
	T ₄	1.28	51.5
	T ₅	0.82	69.1
	T ₆	0.72	73.1
	T ₇	1.33	48.7
	T ₈	0.99	62.7

CUADRO 2.- VALORES DE INESTABILIDAD ESTRUCTURAL OBTENIDOS EN LOS 5 MUESTREOS DE SUELOS

No.Muestreo	Tratamiento	% Agregados			Is	
		Agua	Alcohol	Bençeno		
I (20 días)	Testigo (T ₁)	21.5	39.2	16.9	37.3	2.96
	Frijol (T ₂)	27.5	49.3	29.3	30.2	1.45
	Crotalaria (T ₃)	21.3	40.3	24.9	33.0	1.80
	Compost D.Baja (T ₄)	35.3	42.7	39.7	34.2	1.61
	Compost D.Media (T ₅)	32.6	48.6	39.7	25.5	0.95
	Compost D.Alta (T ₆)	37.2	52.7	41.3	25.2	0.79
	Estiércol D.Baja (T ₇)	23.4	37.7	29.9	31.1	1.79
	Estiércol D.Alta (T ₈)	28.0	40.8	33.1	30.2	1.17
II (40 días)	T ₁	20.4	37.4	16.9	38.4	3.13
	T ₂	30.4	48.0	32.2	29.2	1.20
	T ₃	38.7	47.9	27.2	31.7	1.21
	T ₄	27.5	48.1	33.6	30.3	1.07
	T ₅	45.1	53.9	49.6	22.2	0.64
	T ₆	45.7	59.9	53.7	29.8	0.59
	T ₇	29.5	41.6	42.3	30.8	1.20
	T ₈	40.4	47.0	47.4	25.2	0.75
III (60 días)	T ₁	16.6	38.4	15.0	37.4	3.12
	T ₂	39.9	59.1	34.9	27.2	0.90
	T ₃	30.4	52.9	38.3	26.2	0.81
	T ₄	23.6	52.3	36.6	29.4	0.91
	T ₅	50.3	55.7	61.8	20.0	0.51
	T ₆	54.9	61.0	61.0	20.3	0.48
	T ₇	43.4	50.0	45.1	24.2	0.76
	T ₈	40.9	51.6	48.9	23.9	0.69

CUADRO 2.- Continuación

No.Muestreo	Tratamiento	% Agregados			Is	
		Agua	Alcohol	Benceno		
IV (80 días)	T ₁	15.2	35.4	10.5	39.4	3.13
	T ₂	39.2	57.7	38.6	26.1	0.70
	T ₃	37.8	58.9	45.6	25.1	0.62
	T ₄	37.3	54.6	39.8	26.4	0.79
	T ₅	51.9	59.3	62.8	19.1	0.45
	T ₆	53.7	57.4	63.8	18.3	0.42
	T ₇	45.0	54.4	47.6	24.7	0.65
	T ₈	50.4	53.7	57.7	21.8	0.53
V (100 días)	T ₁	16.0	35.0	10.2	35.6	3.12
	T ₂	38.7	60.0	40.5	26.0	0.70
	T ₃	42.9	56.7	45.6	24.2	0.61
	T ₄	37.5	55.9	43.9	21.1	0.65
	T ₅	54.4	60.2	67.5	19.1	0.41
	T ₆	56.5	58.5	68.8	18.1	0.35
	T ₇	43.6	58.2	51.6	23.9	0.52
	T ₈	45.6	54.5	58.8	20.2	0.49

CUADRO 3.- RESUMEN DE LOS ANALISIS DE VARIANCIA

F.V.	G.L.	% C C.M.	% P C.M.	Is C.M.	% agregd. al agua C.M.	% H.E. C.M.
Tratamiento						
M.O.	7	0.91**	1657.98**	10.13**	1266.66**	631.18**
Tiempo	4	0.84**	174.14**	1.95**	1054.86**	185.40**
M. O. x tiempo	28	0.08**	22.02*	0.07**	33.32**	8.99*
Error	80	0.01	12.61	0.82	3.60	4.93
Total	119	0.08	117.06	0.69	120.22	48.79
	C.V.	10%	9%	13%	8%	15%

F.V.	G.L.	CIC meq/100 gr C.M.
Tratamientos		
M.O.	7	208.67**
Tiempo	2	17.67**
M.O. x tiempo	14	1.91
Error	48	1.57
Total	71	22.51
	C.V.	12.5%