

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



"EVALUACION DEL ABONADO CON COMPOST BAJO DOS  
MODOS DE APLICACION EN CUATRO FECHAS DE  
INCORPORACION ANTES DE LA SIEMBRA CON CUATRO  
DOSIS EN EL CULTIVO DEL SORGO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]  
BAJO RIEGO EN LA REGION DE MARIN, N. L."

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

JOSE ESPINOSA FLORES

MARIN, N. L.

JULIO DE 1988

T

S639

E8

c.1



1080062537

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



"EVALUACION DEL ABONADO CON COMPOST BAJO DOS  
MODOS DE APLICACION EN CUATRO FECHAS DE  
INCORPORACION ANTES DE LA SIEMBRA CON CUATRO  
DOSIS EN EL CULTIVO DEL SORGO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]  
BAJO RIEGO EN LA REGION DE MARIN, N. L."

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

JOSE ESPINOSA FLORES

MARIN, N. L.

JULIO DE 1988

8180

T  
5639 -  
E8

040.633  
FA 12  
1988.  
C.5



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

T E S I S

"Evaluación del abonado con Compost bajo dos modos de aplicación en cuatro fechas de incorporación antes de la siembra con cuatro dosis en el cultivo del sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench] bajo riego en la región de Marín, N.L."

Elaborada por:

JOSE ESPINOSA FLORES

Aceptada y aprobada como requisito parcial  
para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMITE SUPERVISOR DE LA TESIS

Ph.D. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO  
Asesor Principal

ING. M.C. NAHUM ESPINOZA MORENO  
Asesor Estadístico

ING. M.C. CECILIO ESCAREÑO RODRIGUEZ  
Asesor Auxiliar

## DEDICATORIAS

### A TI PADRE CELESTIAL

Porque me das vida y haces que disfrute de los colores,  
de las cosas grandes y pequeñas, hermosas y maravillosas.  
Gracias por aletear sobre mi alrededor y guiarme con la  
luz de tu presencia, deseo siempre dialogar contigo en  
el camino.

Srita. Julieta Sánchez Garza y Fam.  
Padrinos: Rosario y Agustín

Porque de ustedes he percibido el  
sagrado misterio de la bendición,  
bondad y amor de Jesucristo.

A mis padres:

Sr. Angel Espinosa Contreras  
Sra. Flavia Flores de Espinosa

Porque hemos recorrido uno y otro camino; por la vida que me brindan y por ese andar he aprendido a admirarles y a quererles. Por tí mamá por tí papá.

A mis tíos:

Sr. Horacio Cortina Mtz.  
Sra. Ana María Espinosa de Cortina

Porque me permitieron pasar a su lado los años de mi preparación, recibiendo ayuda cuanto he necesitado. Gracias eternamente.

A mis hermanos:

Cuya presencia siempre va conmigo y, porque han sido un fuerte motivo para culminar mis estudios. Que juntos apoyemos el bienestar de las pequeñas -- Maribell y Blanca Shugey.

A mis sobrinas:

Adriana y  
Marianna

Por su hermosa sonrisa infantil hoy, porque mas tarde estaré con ustedes, porque siempre reciban educación.

A mis amigos y compañeros que intervinieron en la realización del presente trabajo. Especialmente a la Biol. Elizabeth Guevara Lara y a los Ingenieros Arturo Carrillo Rodríguez, José Luis Guzmán Ocaña y Sergio M. Peralta Ramírez.

Al Sr. Máximo Villarreal Garza, mi gran amigo. Por su tremenda carga de enseñanza. Por tu sencillez y dedicación que me has brindado.



## AGRADECIMIENTOS

Al Ph.D. Rigóberto E. Vazquez Alvarado, por su valiosa guía en el desarrollo de la presente investigación y su gran amistad.

Al Ing. Nahúm Espinoza Moreno, cuya asesoría en el estudio estadístico ha sido de mucho valor.

Al Ing. Cecilio Escareño Rodríguez, por su auxilio en la revisión del presente trabajo.

Al Ing. José Luis Meza Guerra, que con su enseñanza en Maquinaria Agrícola he ampliado mi conocimiento.

Al Ing. Antonio Durón Alonso, por su amistad, colaboración y dedicación en el análisis estadístico de esta tesis.

Al Lic. Eskandar Jezzini Gnz. por la oportunidad de colaborar en su proyecto agrícola y por el apoyo dado a esta investigación.

A los Señores Mario Mireles y Rafael Rodríguez Cruz, por su amistad y asesoría en el análisis de suelos.

A la Sra. Yolanda Díaz, por su agradable amistad; el esfuerzo y bien realizado escrito del presente trabajo.

A todo el personal trabajador y docente de la Facultad de Agronomía.

A Todos Gracias.-

# C O N T E N I D O

	Página
LISTA DE TABLAS . . . . .	ix
LISTA DE FIGURAS. . . . .	xii
ABREVIATURAS DEL TEXTO. . . . .	xiv
RESUMEN. . . . .	xvi
SUMMARY. . . . .	xvii
I. INTRODUCCION. . . . .	1
II. LITERATURA CONSULTADA. . . . .	3
2.1. El Cultivo del Sorgo. . . . .	3
2.1.1. Origen e Importancia. . . . .	3
2.1.2. Distribución y Adaptación . . . . .	4
2.2. Propiedades Físicas del Suelo y sus Efectos en la Emergencia y Desarrollo de las Plantas. . . . .	6
2.2.1. Textura. . . . .	7
2.2.2. Estructura. . . . .	7
2.2.3. Densidad Aparente. . . . .	9
2.2.4. Densidad Real. . . . .	10
2.2.5. Infiltración. . . . .	10
2.2.6. Permeabilidad. . . . .	12
2.2.7. Capacidad de Campo (CC) . . . . .	14
2.2.8. Punto de Marchitez Permanente (PMP). . . . .	14
2.3. Propiedades Químicas del Suelo y sus Efectos en la Emergencia y Desarrollo de las Plantas. . . . .	16
2.3.1. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) . . . . .	16
2.3.2. Reacción del Suelo (pH). . . . .	18
2.3.3. Conductividad Eléctrica (CE) . . . . .	20

	Página
2.3.3.1. Suelos Salinos y Sódicos. . . . .	21
2.3.3.2. Control de Salinidad. . . . .	22
2:4. Materia Orgánica (MO). . . . .	24
2.4.1. Acumulación y Constitución de la MO . . .	24
2.4.2. Funciones de la MO en el Suelo . . . . .	25
2.4.3. El Ciclo del Carbono. . . . .	27
2.4.4. Descomposición de la Materia Orgánica. .	28
2.4.4.1. Humificación. . . . .	29
2.4.4.2. Mineralización del Nitrógeno. .	30
2.4.4.2.1. Ciclo del Nitrógeno. . . .	30
2.4.4.2.2. Nitrificación. . . . .	32
2.4.4.2.3. Desnitrificación. . . . .	33
2.4.4.2.4. Inmovilización del N. . . .	35
2.5. Investigación de Fertilizantes Orgánicos. . . .	38
2.5.1. Estiércol. . . . .	38
2.5.2. Abonos Verdes. . . . .	42
2.6. Aprovechamiento de COMPOST como fertilizante y	
Acondicionador del Suelo para el Crecimiento <u>Ve</u>	
getal. . . . .	43
2.6.1. Introducción. . . . .	43
2.6.2. Aguas Negras. . . . .	44
2.6.3. Basuras Urbanas. . . . .	48
2.6.3.1. Obtención y Preparación. . . . .	48
2.6.3.2. Características Químicas. . . . .	49
2.6.3.3. Efectos en Algunas Propiedades	
Físicas y Químicas del Suelo. .	50
III. MATERIALES Y METODOS. . . . .	53
3.1. Descripción del Area Experimental . . . . .	53
3.1.1. Localización. . . . .	53
3.1.2. Características Climáticas. . . . .	53
3.1.3. Características del Suelo. . . . .	54
3.2. Descripción del Experimento. . . . .	54

	Página
3.2.1. Factores a Evaluación. . . . .	54
3.2.1.1. Modo de Aplicación del COMPOST. . . . .	54
3.2.1.2. Fechas de Incorporación del COMPOST antes de la Siembra. . . . .	55
3.2.1.3. Dosis de COMPOST. . . . .	55
3.2.2. Diseño Experimental. . . . .	55
3.3. Cultivo Estudiado. . . . .	59
3.4. Desarrollo Experimental. . . . .	60
3.4.1. Antecedentes del Area Experimental. . . . .	60
3.4.2. Preparación del Terreno, Aplicación e Incorporación del COMPOST. . . . .	60
3.4.3. Siembra de Sorgo. . . . .	63
3.4.4. Manejo del Cultivo. . . . .	63
3.4.5. Cosecha. . . . .	64
3.4.6. Muestreo de Suelo. . . . .	64
3.5. Registro de Información. . . . .	65
3.5.1. Variables del Cultivo. . . . .	65
3.5.2. Variables del Suelo. . . . .	66
3.6. Materiales y Aparatos. . . . .	69
3.7. Análisis Estadístico. . . . .	73
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES. . . . .	75
4.1. Efectos del Factor Modos de Aplicación sobre Materia Orgánica ( $2M_0$ ) y Módulo de Ruptura ( $MR_1$ ) . . . . .	75
4.2. Efecto de Tratamientos sobre Dureza de Costra del Suelo (DC). Modalidad VOLEO. . . . .	79
4.3. Efecto de Tratamientos sobre Materia Seca (MS), Densidad Aparente (DA) y Conductividad Eléctrica (CE). Modalidad BANDA. . . . .	85
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. . . . .	98

VI. BIBLIOGRAFIA CITADA.. . . . .	101
VII. APENDICE. . . . .	107

## LISTA DE TABLAS

<u>Tablas del Texto</u>	Página
1    Porcentaje promedio de algunos elementos químicos de estiércol (Engorda y Lechero) y gallinaza en tres regiones. . . . .	41
2    Selección de tratamientos de la matriz experimental Plan Puebla I. . . . .	57
3    Dosis de aplicación VOLEO y BANDA de acuerdo a la relación de volumen suelo-compost. Evaluación a tres años. . . . .	58
4    Modelo explicativo de preparación de parcelas bajo orden conológico. . . . .	62
5    Cronología de manejo del cultivo. . . . .	63
6    Resumen de análisis de varianza para las variables estudiadas considerando la interacción modalidad (M)-tratamiento (T) . . .	76
7    Prueba de comparación de medias para la variable Materia Orgánica 0-15 cm. Efecto de modalidades BANDA-VOLEO. . . . .	78
8    Prueba de comparación de medias para la variable Módulo de Ruptura 0-15 cm. Efecto de modalidades BANDA-VOLEO. . . . .	78
9    Resumen de análisis de varianza para las variables estudiadas; Tratamientos en Modalidad VOLEO. . . . .	81
10   Prueba de diferencia de medias por el Método Duncan para Dureza de Costra del Suelo (DC) Modalidad VOLEO. . . . .	82
11   Análisis de Regresión y Falta de Ajuste para la variable Dureza de Costra (DC). Modalidad VOLEO. . . . .	82
12   Modelos de Regresión ajustados para variables correlacionadas. Modalidad VOLEO. . . . .	84

Tabla		Página
13	Resumen de análisis de varianza para las variables estudiadas Tratamientos en Modalidad BANDA. . . . .	93
14	Prueba de diferencia de medias por el método Duncan para Mate <u>ria</u> Seca (MS), Densidad aparente 15-30 cm (DA <sub>2</sub> ) y Conductivi- dad eléctrica 0-15 cm (CE <sub>1</sub> ). Modalidad BANDA . . . . .	94
15	Valores de Betas (B) estimadas, obtenidas del análisis de re- gresión para las variables DC, MS, DA <sub>2</sub> y CE <sub>1</sub> . . . . .	95
16	Análisis de regresión y falta de ajuste para la variable Mate <u>ria</u> Seca (MS). Aplicación BANDA. . . . .	95
17	Análisis de regresión y falta de ajuste para la variable Den- sidad aparente 15-30 cm (DA <sub>2</sub> ). Aplicación BANDA. . . . .	96
18	Análisis de regresión y falta de ajuste para la variable Con- ductividad eléctrica 0-15 cm (CE <sub>1</sub> ). Aplicación BANDA . . . . .	96
19	Modelos de Regresión ajustados para variables correlacionadas Modalidad BANDA. . . . .	97

Tablas del Apéndice

20	Medias generales de variables evaluadas. Aplicación VOLEO Y BANDA. . . . .	108
21	Medias de tratamientos en variables evaluadas. Considerando ambas modalidades (VOLEO y BANDA). . . . .	109
22	Medias de tratamientos en variables evaluadas. Aplicación VOLEO. . . . .	110
23	Medias de tratamientos en variables evaluadas. Aplicación BANDA. . . . .	111
24	Resumen de variables correlacionadas en el presente experimen <u>to</u> . Modalidad VOLEO. . . . .	112

Tabla		Página
25	Resumen de variables correlacionadas en el presente experimento. Modalidad BANDA. . . . .	113
26	Fechas de incorporación de COMPOST y precipitación <u>media</u> <u>se</u> <u>manal</u> (mm) correspondiente al intervalo de Mayo a Agosto de 1986. . . . .	114



## LISTA DE FIGURAS

<u>Figuras del Texto</u>	Página
1 Forma de representar la permeabilidad y la infiltración. . .	13
2 Relaciones entre el punto de saturación, capacidad de campo (CC) y el porcentaje de marchitamiento permanente (PMM) en la zona de raíces del suelo. . . . .	15
3 Esquema de arcilla montmorillonita. . . . .	17
4 Ciclo del Nitrógeno. . . . .	34
5 Relación de Carbono-Nitrógeno (C/N) y disponibilidad de Nitrógeno durante la descomposición de residuos de la planta.	34
6 Inmovilización y liberación de Nitrógeno y la proporción de formación de CO <sub>2</sub> al aplicar paja húmeda al suelo añadiendo Nitrógeno (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ). . . . .	36
7 Cambios en los niveles de nitrato en el suelo, durante la descomposición de residuos de cosecha pobre en Nitrógeno. .	37
8 Espacio de exploración de tratamientos seleccionados, de acuerdo a la matriz experimental Plan Puebla I. . . . .	57
9 Distribución de tratamientos bajo arreglo de parcelas divididas en bloques al azar. Matriz experimental Plan Puebla I	61
10 Vista lateral y anterior del aparato ideado para hacer las determinaciones del Módulo de Ruptura. . . . .	72
11 Efecto de tratamientos sobre la Dureza de Costra del Suelo Aplicación VOLEO. . . . .	83
12 Efecto de tratamientos (tiempo-dosis) sobre materia seca. Aplicación BANDA . . . . .	87

Figura		Página
13	Efecto de tratamiento (tiempo-dosis) sobre Densidad Aparente 15-30 cm. Aplicación BANDA. . . . .	89
14	Representación gráfica de los datos observados en conductividad eléctrica a 0-15 cm de profundidad, días a incorporación antes de la siembra y dosis del compost. Modalidad BANDA . .	92

Figura del Apéndice

15	Precipitación pluvial (cm) y Temperatura (°C) registrados durante el año 1986 en la región de Marín, N.L. . . . .	115
----	---	-----

## ABREVIATURAS DEL TEXTO

- AM : Altura de planta al estado de grano masoso
- AC : Altura de planta a cosecha de grano
- NP : Número de plantas por parcela útil
- PC : Número de panojas cosechadas por parcela útil
- RG : Rendimiento de grano
- MV : Materia verde proveniente del peso de cinco plantas de la parcela útil
- MVT : Materia verde proveniente del peso de todas las plantas de la parcela útil
- MS : Materia seca
- HS<sub>1</sub> : Humedad del suelo a 0-15 cm de profundidad
- HS<sub>2</sub> : Humedad del suelo a 15-30 cm de profundidad
- DA<sub>1</sub> : Densidad aparente a 0-15 cm de profundidad
- DA<sub>2</sub> : Densidad aparente a 15-30 cm de profundidad
- 1MO<sub>1</sub> : Materia orgánica a 0-15 cm de profundidad. Primera fecha de muestreo
- 1MO<sub>2</sub> : Materia orgánica a 15-30 cm de profundidad. Primera fecha de muestreo
- 2MO<sub>1</sub> : Materia orgánica a 0-15 cm de profundidad. Segunda fecha de muestreo
- 2MO<sub>2</sub> : Materia orgánica a 15-30 cm de profundidad. Segunda fecha de muestreo
- 2MO<sub>3</sub> : Materia orgánica a 30-60 cm de profundidad. Segunda fecha de muestreo
- CE<sub>1</sub> : Conductividad eléctrica a 0-15 cm de profundidad

CE<sub>2</sub> : Conductividad eléctrica a 15-30 cm de profundidad

CE<sub>3</sub> : Conductividad eléctrica a 30-60 cm de profundidad

pH<sub>1</sub> : Reacción del suelo a 0-15 cm de profundidad

pH<sub>2</sub> : Reacción del suelo a 15-30 cm de profundidad

MR<sub>1</sub> : Módulo de ruptura a 0-15 cm de profundidad

MR<sub>2</sub> : Módulo de ruptura a 15-30 cm de profundidad

DC : Dureza de costra del suelo

PU. : Parcela útil

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en un suelo arcilloso, calcáreo, sedimentáreo y alcalino, localizado en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la UANL en la región de Marín, N.L. El tiempo requerido por este estudio se definió por el transcurso de Mayo de 1986 a Agosto de 1987, teniendo como finalidad el someter a evaluación el compost de basuras urbanas, utilizándose como abono orgánico para suelos con deficiencias nutrimentales. El cultivo indicador de los efectos producidos fue el sorgo para grano [Sorghum bicolor (L.) Moench] y, como objetivos planteados los siguientes:

1. Determinar los efectos que el compost puede causar sobre el suelo y su influencia sobre el cultivo.
2. Evaluar dos sistemas de aplicación de compost al suelo en función de las características físicas y químicas producidas en éste.
3. Determinar la mejor fecha de incorporación del compost para su mejor utilización por parte del cultivo.
4. Determinar la mejor dosis de compost en función del mejoramiento del suelo y la respuesta del cultivo.
5. Determinar la mejor interacción de los factores aplicados en base a las respuestas de las variables evaluadas.

El experimento se realizó utilizando un Bloques al Azar, bajo arreglo de parcelas divididas. Los tratamientos fueron seleccionados de acuerdo a la matriz experimental Plan Puebla 1. Los tratamientos seleccionados mediante la matriz resultaron por la combinación de niveles de los factores tiempo y dosis y, divididos para los dos métodos de aplica

ción (Voleo y Banda). Para cuantificar los efectos de los factores involucrados, se analizaron variables en suelo y cultivo.

De acuerdo al análisis estadístico se encontró que la mejor modalidad de aplicación fue en Banda; este resultado se determinó por los valores registrados en Materia Orgánica (2.6 a 2.8%) y Módulo de Ruptura del Suelo ( $1.03 \text{ kg/cm}^2$ ), los cuales reflejan en grado significativo el efecto de dicha modalidad.

Al evaluar los tratamientos aplicados al voleo, sólo la dureza de costra mostró significancia (1.00 Bares). Los mejores resultados fueron entre 20 y 40 días antes de la fecha de siembra y la dosis óptima fue de 27 toneladas de compost/ha.

Los tratamientos evaluados bajo la modalidad Banda, tuvieron efectos más marcados en comparación con Voleo; dichos efectos se manifestaron en las variables Materia Seca, Densidad Aparente y Conductividad Eléctrica. Los tratamientos que correspondieron con eficiencia en esta modalidad fueron la dosis de 18 a 27 ton/ha del compost incorporado en un intervalo de 40 a 60 días antes de la siembra del cultivo.

Así, esta investigación arrojó resultados satisfactorios de los niveles del compost, de acuerdo a los factores evaluados. No existieron efectos significativos de las interacciones estudiadas.

## SUMMARY

This present research has been conducted in a clayish calcareous sedimentary and alkaline soil in the experimental station of Facultad de Agronomía, UANL in Marín, Nuevo León. The study has been undertaken during the period of May 1986 to August 1987 with an objective to evaluate the use of city garbage (compost) as an organic manure in nutrient deficient soil. The indicator crop grown to see its effect was grain sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench] to achieve the following objectives:

1. To determine the compost effects on soil properties and its influence on crop.
2. To evaluate two systems of compost application on soil physical and chemical characteristics.
3. To select better date of compost incorporation for its optimum utilization by the crop.
4. To find the better compost level in order to improve soil properties and crop response.
5. To determine the optimum interaction of these factors on the basis of the variable responses.

This experiment has been realized utilizing a Randomized Complete Block Design with a arrangement in a Split Plot Design. The treatments were chosen according to the Experimental Matrix Plan Puebla 1. The treatments chosen from the PP1 were with the combination of different levels of factors: Time, levels and two methods of application (Spreading and Band). In order to quantify the effects of these factors invol

ved, the variables of the soil and crop were analyzed.

On the basis of Statistical Analysis it was observed that the better method of application was in form of Banded Pattern (Band); this result was determined on the basis of the registered values of Organic Matter (2.6 to 2.8%) and Module of Soil Rupture ( $1.03 \text{ kg/cm}^2$ ) which reflected in a significative grade the effect of this method of application.

In order to evaluate the treatments effect of Spreading just the soil crust was significant at 1 Bar. The better results were observed between 20 and 40 days before the planting date. The optimal level was 27 ton of compost/ha.

The evaluated treatments under banded pattern of application showed remarcable effects on Dry Matter, Bulck Density and Electric Conductivity. The treatments corresponding to efficient mode of application were the levels of 18 to 27 ton/ha of compost incorporated at an interval of 40 to 60 days before planting date.

Therefore this research produced satisfactory results, related to the levels of compost, according the evaluated factors. There was not significative effect of the studied interactions.



## I. INTRODUCCION

Los programas de apoyo agropecuario que han sido creados en el transcurso de las dos últimas décadas han remarcado y reforzado el carácter prioritario de la producción de granos básicos y oleaginosas de extrema demanda, indicando la necesidad del mejoramiento de tierras abiertas al cultivo, siguiendo lineamientos que conduzcan a la optimización del uso de los fertilizantes.

En nuestro país, las cifras que muestran el proceso de empobrecimiento de los suelos, han sido alarmantes; por ello, la fertilización orgánica intenta el rescate de áreas afectadas por la continua deficiencia nutrimental y física a que son expuestos los suelos laborables, así como el incremento de la producción agrícola como una medida primordial y económica. Por tanto, el tema central de esta investigación es señalado como un insumo de imprescindible importancia y reconocido factor para lograr elevar el potencial productivo de los recursos agrícolas.

Por lo anterior, la presente investigación se proyecta en el manejo y aprovechamiento del compost de basuras urbanas que confluyan a perspectivas técnicas y operativas para el logro de los objetivos propuestos. Dicha estrategia se fundamenta no sólo en las condiciones agroecológicas de la región donde se permita la utilización del compuesto mencionado, sino también se estudia la posibilidad de que los resultados obtenidos en este trabajo reflejen un carácter de innovación productiva aceptable por parte de nuestro personaje medular: "el agricultor".

Por otra parte, el interés mostrado por el autor, concierne a circunstancias de redituabilidad económica, por ello se buscaron resultados

que confirmen la reducción de costos de producción y aumenten la productividad del campo en futuros establecimientos de cultivos.

De acuerdo a las necesidades descritas anteriormente y, en compromiso por encontrar respuestas a la aplicación del material orgánico, se formularon los siguientes objetivos:

1. Determinar los efectos que el compost puede causar sobre el suelo y su influencia sobre el cultivo.
2. Evaluar dos sistemas de aplicación de compost al suelo en función de las características físicas y químicas producidas en éste.
3. Determinar la mejor fecha de incorporación del compost para su mejor utilización por parte del cultivo.
4. Determinar la mejor dosis de compost en función del mejoramiento del suelo y la respuesta del cultivo.
5. Determinar la mejor interacción de los factores aplicados en base a las respuestas de las variables evaluadas.

## II. LITERATURA CONSULTADA

### 2.1. El Cultivo del Sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench]

#### 2.1.1. Origen e Importancia

El origen histórico del cultivo del sorgo se desconoce; sin embargo, probablemente fue una de las principales plantas que se domesticaron. Se cree que dicho cultivo tuvo su origen en el Centro Oriente de Africa (36).

El sorgo granífero se encuentra entre los cinco cereales más importantes del mundo, en México cobra importancia ya que ocupa el tercer lugar en superficie sembrada y la segunda posición en producción global, precediéndole el maíz actualmente. Tal relevancia se explica por la gran demanda de este grano por la industria pecuaria como componente básico de los alimentos balanceados, así como también es usado en la industrialización.

El cultivo del sorgo en México, empezó a adquirir importancia aproximadamente en 1958, en la zona norte de Tamaulipas (Río Bravo) al iniciarse el desplazamiento del algodón en dicha región.

Algunas propiedades que le confieren importancia al sorgo, es dada por la gran resistencia potencial del cultivo a la sequía, y su tolerancia a ciertas concentraciones de sales que se presentan en algunas regiones semiáridas del país (13).

En la Primera Reunión Nacional sobre Sorgo, se enlistan argumentos tanto de limitación del cultivo como puntos que le dan el carácter de una perspectiva en la economía mexicana. Algunas menciones hablan del

cultivo como una rentabilidad mayor en lo económico y más productivo en volumen por unidad de superficie, tendiéndose a alcanzar más fácilmente la autosuficiencia nacional. La tecnología en nuevas siembras es mucho más dinámica que la del maíz y permite incrementar la producción más rápidamente. Así, el maíz se destina en mayor proporción al consumo humano.

### 2.1.2. Distribución y Adaptación

El sorgo granífero se cultiva en toda Africa y extensamente en la India, China, Manchuria y los Estados Unidos; también se desarrolla en Asia Menor, Irán, Turkestán, Pakistán, Korea, Japón, Australia, Sur de Europa, América Central, Sur de América y algunas islas situadas al Este y Oeste de la India. Este cultivo se distribuye generalmente desde los trópicos hasta 45° de latitud (Karpe y Quinby, citados por Leonard y Martin, 1963).

En México, las áreas productoras de sorgo están distribuidas ampliamente por las zonas subhúmedas del país, particularmente en las llanuras costeras del Golfo de México y del Pacífico, en amplias extensiones de la zona meridional del Altiplano, fundamentalmente en el Bajío Guanajutense y muchas de las llanuras michoacanas y jaliscienses; en los valles y llanuras de Morelos y Michoacán, a lo largo de la cuenca del río Balsas y en algunas porciones de Yucatán.

El sorgo es cultivado en mayor proporción en las regiones de la Laguna, en Coahuila y Durango, la llanura costera de Sonora y Sinaloa y el norte de Tamaulipas (13).

En cuanto a adaptación, el sorgo puede crecer con éxito en todo ti

po de suelos, como: pesados, medios arcillosos, ligeros, calcáreos, así como los orgánicos, estando provistos de la suficiente fertilidad y buen manejo (5).

Temperatura. Aunque el sorgo es de origen tropical, ha sido adaptado mediante cruzamientos a regiones con temperaturas elevadas, siendo suficientemente altas y largas durante la estación de crecimiento.

La temperatura mínima para germinación es de 7-10°C y 15°C para el crecimiento. Las temperaturas óptimas para el desarrollo son de 27-30°C (Quinby et al., mencionado por Leonard y Martin, 1963).

El sorgo es más apto que la mayoría de los cultivos de grano para resistir altas temperaturas, pero la producción se ve seriamente afectada cuando las temperaturas medias exceden los 26°C durante el período de espigamiento (Karper et al., citado por Arnon, 1972).

Fotoperíodo. El sorgo es una planta de día corto, pero existen variedades que difieren en su respuesta al fotoperíodo muchas de ellas que han sido introducidas desde los trópicos hacia regiones templadas, no han prosperado debido a que los días son demasiado largos en estas últimas.

Régimen de humedad. El sorgo es bien adaptado a regiones semiáridas con un promedio mínimo de precipitación anual de 350 a 400 mm. La resistencia a la sequía se debe a su sistema radical extenso y a la profusión de las raicillas (5), así como al material ceroso de que están cubiertas las hojas y tallos; y a la superficie relativamente pequeña que reducen las pérdidas de agua, siendo capaces de permanecer latentes durante los períodos cálidos y secos para luego crecer de nuevo cuando las condicio-

nes son favorables (16).

El sistema radical es casi dos veces más activo que el maíz en absorber el agua del suelo; asimismo, el abastecimiento del área de la hoja es considerablemente mayor (Martin, citado por Leonard y Martin, 1963). El sorgo no es solamente capaz de absorber agua con más efectividad que muchos otros cultivos, sino que también es mucho más apto para regular la pérdida de humedad en la atmósfera (5).

Aunque el sorgo es muy resistente a la sequía, la cosecha puede perderse en períodos de extremo calor y falta de agua; y las zonas de mayor precipitación como la faja maicera producen rendimientos de grano menores que el maíz. Así pues, su cultivo extenso está limitado a las regiones más cálidas y secas, donde el cultivo del maíz, de granos pequeños y forrajes más importantes es riesgoso e incierto (16).

De acuerdo a las condiciones de suelo, el rango de pH en que se desarrolla bien este cultivo es de 5.5 a 8.5, pudiendo tolerar considerable salinidad y alcalinidad sin problemas (36).

## 2.2. Propiedades físicas del suelo y sus efectos en la emergencia y desarrollo de las plantas

Las propiedades físicas (comportamiento mecánico) de un suelo influye en su empleo y comportamiento hacia el desarrollo de la planta. La fijación que proporciona a las plantas, la penetración radicular, el drenaje, la aereación, la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes para las plantas dependen esencialmente de las condiciones físicas del suelo.

A su vez, las propiedades físicas de un suelo están determinadas por la cantidad, tamaño, estructura, disposición y composición mineral de sus partículas; de la clase y cantidad de materia orgánica; del volumen y configuración de sus poros y de la proporción en que éstos son ocupados por el agua y el aire en un momento dado (60). Enseguida, se proporciona la descripción de algunas de las propiedades físicas del suelo.

### 2.2.1. Textura

La textura del suelo se refiere al porcentaje relativo de arena, limo y arcilla presente en el mismo. Esta propiedad ayuda a determinar la facilidad de abastecimiento no solo de nutrientes, sino también de agua y aire, tan importantes para la vida de las plantas. La textura es difícil que se altere y se le considera propiedad fundamental del suelo porque determina en alto grado su valor económico.

Con fines de estudio, las partículas minerales del suelo se han clasificado en grupos o fracciones. El procedimiento de separación se conoce como análisis mecánico o granulométrico, el cual consiste en determinar la distribución de los tamaños de las partículas.

Para la determinación del nombre textural de un suelo a partir de los resultados del análisis mecánico, se ha adaptado un triángulo equi-látero. El ángulo izquierdo representa 100% de arena, el derecho 100% de limo y el ángulo superior 100% de arcilla (29).

### 2.2.2. Estructura

Desde el punto de vista morfológico, la estructura del suelo se de

fine como la disposición de las partículas elementales (arena, limo y arcilla) para formar partículas compuestas (agregados), separadas de las contiguas y con propiedades diferentes a las de una masa equivalente de partículas sin agregación (58).

Desde el punto de vista del crecimiento de las plantas, la propiedad estructural del suelo se define como su capacidad tanto para formar terrones como para que éstos se dividan en pequeños pedazos, granos o agregados sin la intervención del hombre (29).

– Esta característica física del suelo influye sobre factores como: la penetración del agua, el drenaje, la aereación y desarrollo de las raíces, afectando así la productividad del suelo y las facilidades de labranza. La estructura, especialmente en el suelo superficial, puede ser alterada por las labores de cultivo, mientras que la textura no cambia por técnicas de labranza. El tipo de estructura se determina por la forma general de los agregados, mientras que la clase se define por el tamaño de dichos compuestos y el grado de la misma depende de la estabilidad o cohesividad de los agregados.

Algunos tipos de estructura, los cuales por lo general presentan diferente localización en el perfil edáfico, se muestran a continuación (42).

Tipo de estructura	Horizontes
Granular	Horizonte A
Migajosa	Horizonte A
Laminar	Horizonte A <sub>2</sub> (suelos de bosques y estratos arcillosos)
Bloques	Horizonte B
Prismática	Horizonte B
Columnar	Horizonte B (suelos alcalinos)



La estructura del suelo no afecta directamente a las plantas, sino a través de uno o más de los cuatro factores siguientes: aereación, compactación, relaciones de agua y temperatura. Las raíces penetran más fácilmente y con mayor rapidez en suelos compuestos de agregados estables, de unos 2 a 6 mm de diámetro que en el mismo suelo molido finamente.

En conclusión, una inadecuada estructura puede significar efectos dañinos para las plantas, ya sea por exceso o deficiencia de agua, falta de aire, incidencia de enfermedades, poca actividad microbiana, impedimento al crecimiento de raíces, cambios químicos perjudiciales, etc. (58).

### 2.2.3. Densidad aparente

La densidad aparente del suelo es el peso por unidad de volumen del mismo, secado en estufa; esta característica se expresa en gramos por centímetro cúbico (24). El volumen considerado incluye las partículas sólidas del suelo y el espacio poroso.

La densidad aparente de la mayoría de los suelos va de  $1,0 \text{ g/cm}^3$  para arcillosos hasta  $1,8 \text{ g/cm}^3$  para los arenosos. Las densidades aumentan con la profundidad en el perfil del suelo; esto se debe a más bajos niveles de materia orgánica, menor agregación y más compactación. La compactación resulta cuando el material sólido fuerza a ocupar los poros del suelo, reduciéndose así el espacio poroso total y aumentando en consecuencia, la densidad aparente. Las labores de cultivo usualmente aumentan el espacio poroso y disminuyen la densidad aparente (42).

En general, los suelos con bajas densidades de masa poseen condicioo

nes físicas favorables, mientras que aquellos con densidades elevadas de masa poseen inconvenientes para la emergencia y desarrollo de las plantas (60).

#### 2.2.4. Densidad real

Una forma de expresar el peso del suelo es en términos de la densidad de las partículas sólidas del mismo. Dicha característica se define generalmente como la masa (o peso) de sólidos del suelo por unidad de volumen y es llamada densidad de partícula. En el sistema métrico, esta característica generalmente se expresa en gramos por centímetro cúbico (11).

Las interrelaciones entre porosidad, densidad de volumen, espacio poroso y tasa de sedimentación de partículas en fluidos, dependen de la densidad de partícula (8). El tamaño y arreglo de éstas, no afectan su densidad; sin embargo, la materia orgánica sí influye en tal propiedad, ya que pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales. La densidad de partículas de muchos suelos es aproximadamente  $2.65 \text{ g/cm}^3$  (48).

#### 2.2.5. Infiltración

Infiltración es el movimiento del agua a través de la superficie del suelo, teniendo una cierta velocidad de entrada (14). Los factores que controlan la magnitud de dicho movimiento son (42):

1. Porcentaje de arena, limo y arcilla en el suelo. Las arenas gruesas favorecen el incremento de la infiltración.
2. Estructura del suelo. Suelos con grandes agregados estables al agua

tienen proporciones de infiltración más altas.

3. Cantidad de materia orgánica en el suelo. Altas proporciones de MO sin descomponer propician que una mayor cantidad de agua entre en el suelo.
4. La profundidad del suelo limitada por alguna capa impermeable influye en la infiltración. Los suelos delgados almacenan menos agua que los profundos.
5. Cantidad de agua en el suelo. En general, los suelos mojados tienen menos infiltración que los suelos secos.
6. Temperatura del suelo. Los suelos calientes permiten mayor infiltración que los suelos fríos.

Desde el punto de vista práctico, son de interés los siguientes factores: 1) el movimiento del agua a través del suelo; 2) la capacidad de almacenamiento de humedad de los suelos y 3) la disponibilidad de humedad del mismo para las plantas. Cada uno de estos factores se relaciona directa o indirectamente con el tamaño y distribución de los poros del suelo, así como la atracción de humedad por parte de los sólidos de éste.

La velocidad de infiltración en los suelos arenosos excede los 25 centímetros por hora, mientras que en los arcillosos puede descender hasta cero, en el caso de que la estructura del suelo haya sido prácticamente destruida.

Collis (1971) menciona que el proceso de infiltración no es diferente al de difusión, en lo referente a que el agua se mueve bajo un gradiente de concentración, almacenándose y desplazándose. Dicho autor

concluye que la cantidad de agua que avanza hacia el frente (infiltración horizontal) es proporcional a la raíz del tiempo requerido.

En el momento en que la velocidad de infiltración se va aproximando a un valor constante, se puede presumir que el agua se mueve libremente en sentido descendente. Por el contrario, cuando la velocidad disminuye constantemente con el tiempo, sin situarse en las proximidades de un valor constante, se puede asegurar que el flujo es lateral, debido a capas que modifican la dirección del mismo (33).

#### 2.2.6. Permeabilidad

Las características que determinan la rapidez con la cual el aire y el agua fluyen a través del suelo constituyen lo que se conoce como permeabilidad.

La permeabilidad depende básicamente de la distribución y tamaño de los poros del suelo. Cuanto mayor es el número de macroporos (poros no capilares), mayor es la permeabilidad. Esta característica generalmente disminuye con la profundidad; a medida que las capas del subsuelo son más compactas, la porosidad se reduce y por lo tanto, la permeabilidad también.

El contenido de materia orgánica es un factor importante que afecta la permeabilidad de los horizontes superficiales; las propiedades de la arcilla se vuelven más dominantes en relación directa con la profundidad, limitando la permeabilidad a mayores profundidades. Dicha propiedad aumenta en relación con el grosor de la textura del suelo, normalmente disminuye con la mayor finura del mismo.

La concentración y composición de las sales disueltas en el agua de riego también influyen sobre la permeabilidad. Si el agua es rica en contenido de sodio, produce una dispersión rápida del suelo, reduciendo la condición permeable (60).

El agua se mueve en el suelo bajo la influencia de la gravedad, de la acción capilar y de los gradientes de temperatura. Se dice que el suelo está saturado cuando el agua es abundante y los poros están casi todos ocupados por la fase líquida, denominándose en este caso al movimiento del agua, de flujo saturado. El movimiento capilar del agua ocurre en respuesta a un gradiente de tensión. La tensión resulta de la atracción de las moléculas de agua a la superficie de las partículas de suelo (adhesión), y entre partículas (cohesión); a esta fuerza se le llama tensión de humedad. Entre más delgada sea la película de agua alrededor de las partículas de suelo y más pequeños los poros que están llenos de agua, mayor será la tensión de humedad del suelo (42).

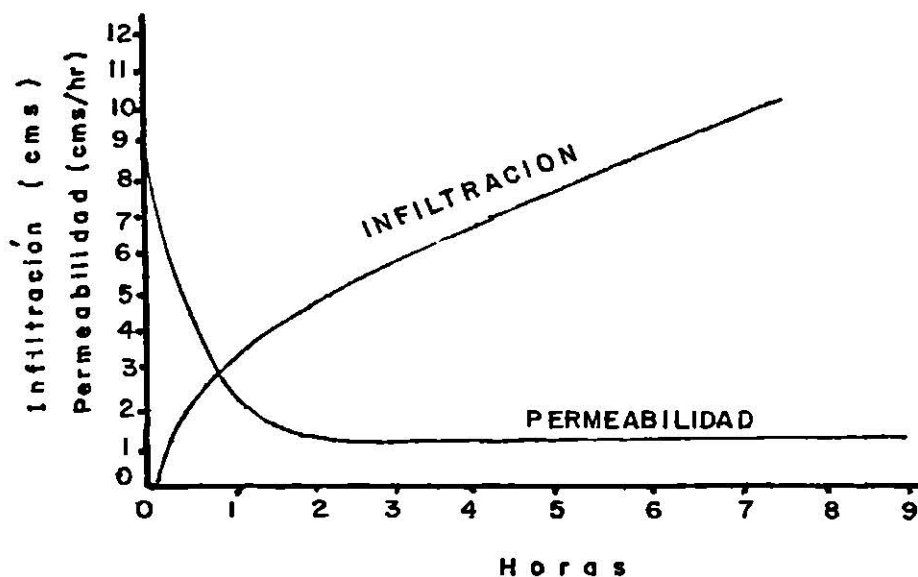


Figura 1. Forma de representar la permeabilidad y la infiltración (Rebour, 1971).

### 2.2.7. Capacidad de campo

Capacidad de campo es la cantidad de agua retenida en el suelo una vez drenado el exceso; la velocidad del movimiento descendente del agua ha desaparecido prácticamente. Esto, por lo general ocurre a los dos o tres días después de una lluvia o riego en suelos permeables con textura y estructura uniformes (37).

Black citado por Thompson (1966) señala que el porcentaje de agua en suelos a la capacidad de campo puede variar de menos de 10 en suelos con textura gruesa a más de 30 para los de textura fina. Asimismo, considera dos principios para explicar dicho fenómeno: primero, los gradientes de succión en el agua del suelo descienden a medida que transcurre el tiempo después de agregada el agua y segundo, la conductividad del agua entre suelo seco y húmedo disminuye con rapidez a medida que aumenta la succión.

Un elevado contenido de agua requiere menos cantidad de energía para reducirla. Esta energía se expresa en función de presión negativa; así, la presión necesaria para reducir la humedad correspondiente a la capacidad de campo de un suelo es del orden de 0.33 atmósferas, o sea, una tensión de unos 340 cm de agua.

### 2.2.8. Punto de Marchitez Permanente (PMP)

Es el contenido de humedad del suelo a partir del cual las plantas se marchitan en forma permanente (45). Saint-Fouic (1975) lo explica como el momento en el cual las fuerzas de succión de la planta son iguales a la fuerza de retención capilar de las partículas, no habiendo más agua disponible para la planta.

En este punto (PMP), la tensión de humedad del suelo es aproximadamente de unas 15 atmósferas. La diferencia de contenido de humedad del suelo entre CC y PMP, se denomina humedad utilizable y puede ser almacenada en el terreno para su aprovechamiento por las plantas (33).

Cuando se sobrepasa el PMP se alcanza el punto de higroscopicidad, siendo entonces el agua retenida por una fuerza de tensión de 31 atmósferas y por lo tanto, no obtenible por las plantas (Figura 2) (60).

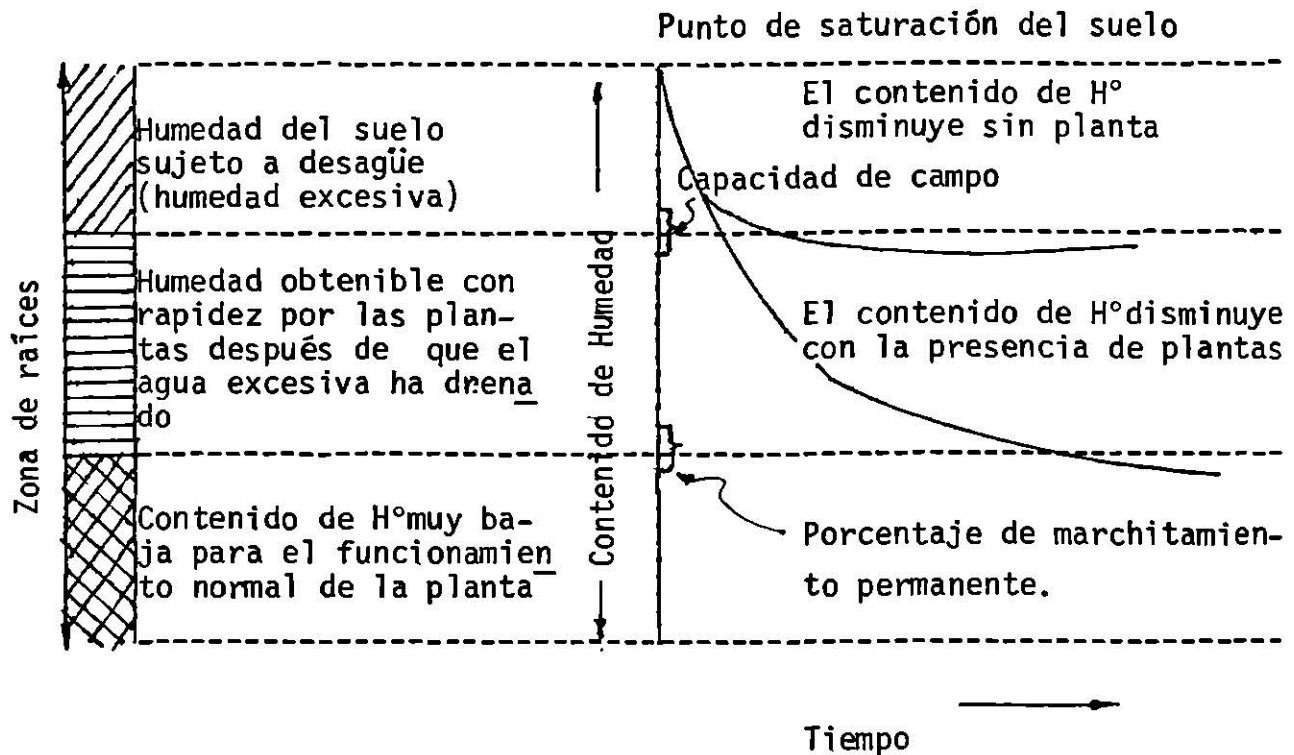


Figura 2. Relaciones entre el Punto de Saturación, Capacidad de Campo (CC) y el Porcentaje de Marchitamiento Permanente (PMP) en la zona de raíces del suelo (Edleisen y Anderson, citados por Tamhane, 1978).

## 2.3. Propiedades químicas del suelo y sus efectos en la emergencia y desarrollo de las plantas

### 2.3.1. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Una de las características más importantes de la arcilla es su cantidad total de iones intercambiables. Las cargas negativas de las superficies de dichas partículas son neutralizadas por las cargas positivas de los cationes intercambiables. Esta propiedad química se expresa en número de miliequivalentes capaces de neutralizar las cargas de 100 gramos de suelo seco a un pH de 7.

Estudios realizados por Shaw y Ambert en 1941 y por Marshall y otros en 1942, citados por Bonnet (1960), establecen que las partículas de arcilla tienen forma de lámina que varían en anchura y longitud. Según reportan Lyon y Buckman, estas láminas presentan superficies amplias y entre más internas se encuentren son aún más amplias.

La Capacidad de Intercambio de Cationes más elevada corresponde a la montmorillonita y según lo reportado por Mielenz y King, citados por Bonnet (1960), varía de 60 a 160 miliequivalentes; el de illita varía de 20 a 40 y el de la caolinita de 2 a 15. En el caso del humus, puede variar de 200 a 300 me por cada 100 gramos de humus seco (10).

La energía de absorción de cationes por el complejo coloidal varía considerablemente. El orden de absorción de los iones principales es  $H^+ > Ca^{++} > Mg^{++} > K^+ > Na^+$ . El reemplazamiento mutuo de los cationes asociado con partículas coloidales está relacionado según Wiegner y colaboradores, con la hidratación iónica y por consiguiente, con sus radios iónicos.



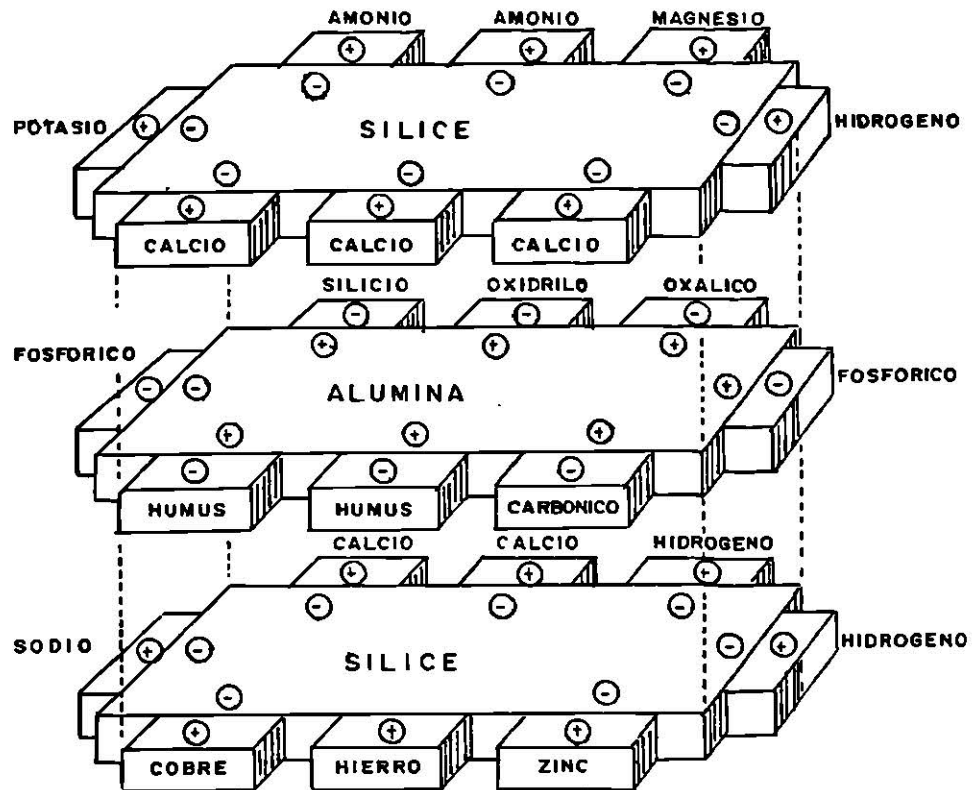


Figura 3. Esquema de arcilla de Montmorillonita, rodeada de cationes en las Láminas de Sílice y de aniones en las de alúmina (García, F.J., R. García del C., 1982).

La gran energía de absorción del hidrógeno se debe probablemente al hecho de que, mientras cationes metálicos forman enlaces electrovalentes, el H forma enlaces covalentes (49). Mela Mela (1954) explica que el poder de sustitución de cationes varía según el clima en la forma siguiente:

Suelos húmedos	$H \geq Ca > Mg > K \geq Na$
Suelos secos	$Ca \geq Mg > Na > K > H$

Tanto en suelos ácidos como calcáreos, el Ca es usualmente el catión intercambiable predominante (42).

Los iones nutritivos se mueven del complejo de intercambio de la arcilla a la solución del suelo y de aquí, a las raíces de las plantas. La explicación del mecanismo de absorción y acumulación de nutrientes por la planta consiste en el movimiento osmótico a través de la entrefa se que separa al suelo de las raíces y la penetración de dichos elementos a la estructura celular de la planta. Este gasta energía en el proceso, pues su metabolismo tiene que estar activo para poder absorber dichos nutrientes (10).

### 2.3.2. Reacción del suelo (pH)

Se dice que un suelo es ácido si su pH es menor que 7, neutro si es 7 y alcalino o básico, si es mayor que 7. Así, al aumentar los iones  $H^+$  de una solución, el pH disminuye; por otro lado, a medida que aumenta la concentración de iones  $OH^-$ , el pH aumenta proporcionalmente (11).

La condición de acidez y alcalinidad se determina en gran medida por las condiciones climatológicas y por la topografía al influir en el

drenaje; la relativa estabilidad del pH se debe a fenómenos de interacción que en muchas ocasiones suelen ser muy complejos.

Esta propiedad afecta notablemente la asimilación de los nutrientes y ejerce una fuerte influencia en la estructura del suelo. Cuando el pH del suelo es bajo (reacción ácida), los compuestos de hierro, manganeso y aluminio se solubilizan fácilmente, y por este hecho sus iones se tornan activos. Por el contrario, a medida que el pH se eleva por arriba del punto neutro, el Fe y Mn aun existiendo en forma disponible no son asimilables tan fácilmente (11, 55, 59, 62).

El pH influye en la vida biológica del suelo; si la reacción es ácida, las bacterias de Azotobacter, bacterias noduladoras de leguminosas y nitrificantes, no encuentran un ambiente favorable para su desarrollo. Mientras que en un suelo neutro-alcalino, la vida bacteriana se activa; por el contrario, los hongos se desarrollan a pH bajos (54).

En cuanto a procesos microbiológicos, la amonificación se realiza a un pH de 3.5 a 7.0 con un óptimo de 4.5 a 5.5; siendo así, un proceso activo en suelos ácidos. Por otra parte, la nitrificación es propia de suelos neutros, tomando valores de 4.5 a 11.9 con un óptimo de 6.5 a 7.1. Ambos procesos ocurren a la misma velocidad, a un pH entre 6.0 y 6.5, realmente a ello se atribuye que la mayoría de los cultivos desarrollen mejor a pH de 6.0 a 7.0; y mediante correcciones de deficiencias nutrimentales pueden prosperar muy bien a valores de 7.5 o próximos (59).

Teuscher y Adler (1965) mencionan la clasificación de los valores del pH del suelo.

Valores encontrados	Interpretación agronómica
< 4.3	Extremadamente ácido
4.3 - 4.9	Muy fuertemente ácido
5.0 - 5.4	Fuertemente ácido
5.5 - 5.9	Moderadamente ácido
6.0 - 6.5	Ligeramente ácido
6.6 - 7.3	Neutro
7.4 - 8.0	Alcalino
8.1 - 9.0	Fuertemente alcalino
> 9.0	Muy fuertemente alcalino

### 2.3.3. Conductividad Eléctrica (CE)

Las sales en solución tienen propiedades electrolíticas, esta conduc  
ción consiste en movimiento de iones en solución, lo cual produce reac-  
ciones químicas en los electrodos. En base a ello, en 1897 Whitney y  
Briggs recomendaron emplear las medidas de resistencia eléctrica para  
la determinación de sales solubles en el suelo, debido a su rapidez y  
precisión en dicha tarea.

Se diseñó un aparato (puente de Wheatstone) con escala adecuada pa  
ra medir la salinidad en extractos de suelo y agua. Las medidas de sali  
nidad registradas se expresan en milimohos por centímetro (mmhos/cm)  
(10).

Los suelos salinos y salino-alcalinos, con pH relativamente bajo  
(menos de 8.5) influyen desfavorablemente en las plantas, debido princí  
palmente a su alta concentración de sales solubles, las que al ponerse  
en contacto con la célula vegetal producen una disminución del conteni-

do protoplásmico llamada plasmólisis; este fenómeno es debido al movimiento osmótico de agua que pasa de la célula hacia la solución salina más concentrada, teniendo como consecuencia el rompimiento celular (11).

### 2.3.3.1. Suelos salinos y sódicos

Suelos salinos. El término salino se aplica a suelos cuyo extracto de saturación posee una conductividad mayor de 4 mmhos/cm a 25°C con una cantidad de sodio intercambiable menor de 15%. Hilgard en 1906 nombra a dichos suelos como "álcali blanco", siendo "Solonchaks" el término empleado en la literatura rusa.

Estos suelos se reconocen por la presencia de costras blancas de sal en su superficie, constituidas por cloruro sódico y una fuerte proporción de sales de Ca, Mg y K en forma de sulfatos, bicarbonatos y nitratos. Los suelos salinos casi siempre se encuentran floculados (coagulación de partículas dispersas), su pH es superior a 7.3 e inferior a 8.5. Se presentan principalmente en regiones áridas, semiáridas y subhúmedas (19, 48, 49, 61).

Suelos salino-sódicos. La conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/cm a 25°C; y algo más del 15% de la capacidad total de cambio de estos suelos está ocupado por Sodio, su pH está por abajo de 8.5. Este tipo de suelos se forma como resultado de los procesos combinados de salinización y acumulación de Sodio. Si el exceso de sales es lavado, las propiedades del suelo cambian tornándose más sódicos; o bien, a medida que la concentración de sales disminuye en la solución, parte del Sodio intercambiable se hidroliza para formar hidróxido de  $So$

dio que, a su vez puede cambiar a carbonato de sodio; en ambos casos el lavado puede hacerlo más alcalino.

Suelos sódicos. Están caracterizados por la presencia de carbonato sódico, el porcentaje de sodio intercambiable para estos suelos es mayor de 15 y la conductividad del extracto de saturación es menor de 4 mmhos/cm a 25°C. El pH varía de 8.5 a 10 y el suelo se encuentra desfloculado, pudiendo observarse un descenso en el estado poroso como resultado de la estructura.

El desarrollo de un suelo alcalino a partir de uno de tipo salino, se denomina solonización, requiriéndose el lavado y drenaje del mismo. Los suelos alcalinos ejercen efectos desfavorables para las plantas en tres formas: 1) la influencia cáustica de la alta alcalinidad inducida por el carbonato y bicarbonato sódico; 2) toxicidad del bicarbonato y otros aniones y 3) efectos adversos de los iones de Sodio activos sobre el metabolismo de las plantas y su nutrición (48, 49, 61).

#### 2.3.3.2. Control de salinidad

Tamhane (1978) menciona algunas formas generales en que las tierras salinas y alcalinas pueden utilizarse evitando, por lo menos parcialmente efectos desfavorables en las plantas. Dichas formas son las siguientes:

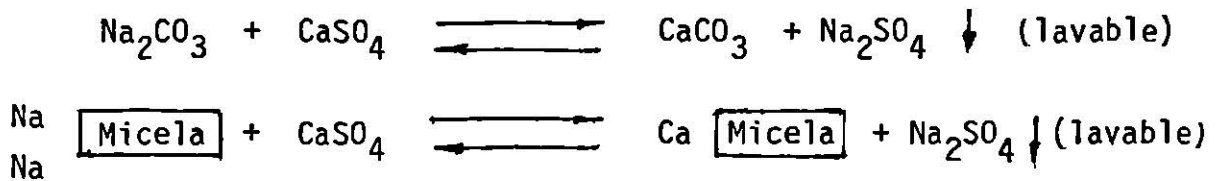
Extirpación. Consiste en liberar el suelo del exceso de sales, siendo los métodos más comunes por subdrenaje y mediante lavado o inundación.

Todo programa de drenaje para tierras de riego debe integrarse en forma continua, además de ser simultáneo al desarrollo del sistema de

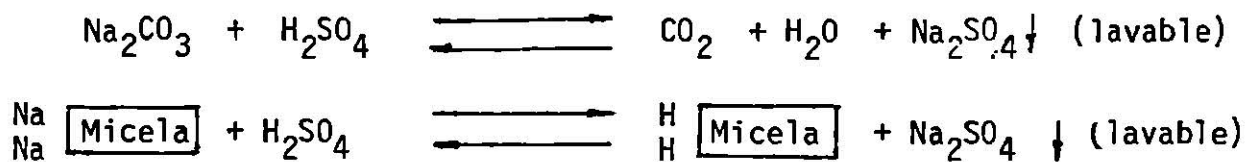
riego, ya que la eliminación del exceso de agua y sales es lo primero que debe considerarse en dicho proyecto.

El lavado puede llevarse a cabo almacenando cantidades considerables de agua en el suelo superficial mediante diques o bordos, con lo cual se logra un movimiento del agua hacia abajo a través del suelo, éste es el procedimiento más efectivo para eliminar el exceso de sales solubles.

Conversión. El uso de yeso con tierra alcalina se recomienda con el propósito de cambiar parte de los carbonatos salinos cáusticos en sulfatos. El yeso reacciona con el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y con el sodio absorbido de la siguiente manera:



También el azufre puede usarse principalmente cuando abunda el carbonato sódico. Dicho elemento, después de su oxidación, retiene ácido sulfúrico, el cual no sólo cambia al carbonato sódico en sulfato, sino que también tiende a reducir la intensa alcalinidad.



Control. Un aspecto importante en el control de un suelo salino es el retardo en la evaporación. Ello ayuda a conservar la humedad y retardar la transformación de las sales solubles en la zona radical. Los terrenos con nivel freático alto o cercano a la superficie deberán ser dotados de

un drenaje eficiente que mantenga dicho nivel abajo de 1.50 mt. Existen mejoradores para la recuperación de suelos salinos, en presentaciones de polvos que son aplicados superficialmente en el terreno, seguidos de su incorporación. La utilización de éstos es necesaria cuando hay excesos de Na intercambiable (48, 49).

## 2.4. Materia Orgánica (MO)

La materia orgánica consiste en una serie de productos de tejidos vegetales y animales no descompuestos, propensos a la descomposición y material estable amorfo llamado humus. La MO ejerce influencia en la capacidad de intercambio catiónico, esta propiedad de intercambio catiónico es considerada por muchos investigadores como la más importante después de la fotosíntesis. Por su importancia, se le atribuye a la MO como un factor indicativo de la fertilidad del suelo (43, 60).

### 2.4.1. Acumulación y constitución de la MO

Jenny en su estudio publicado por Kalpagé (1975), encontró como factores responsables de acumulación de la MO en suelos tropicales, a las condiciones climatológicas favorables, así como a las altas tasas anuales de fijación de Nitrógeno realizada por leguminosas, estos factores propician una alta producción de MO.

Birch y Friend mencionados por Kalpagé (1975) concluyeron a través de estudios llevados a cabo en Africa Oriental que el principal factor que influye en el contenido de MO del suelo es la precipitación dando una alta significancia; esta investigación dió resultados similares al ser desarrollada en Norteamérica. Asimismo, dichos autores mencionan que el



efecto de la temperatura sobre la MO fue mayor comparado con el ejercido por la precipitación. En dicho estudio realizado en Africa oriental, la altitud también fue significativa, encontrándose por cada 300 mt un incremento de MO de 0.8%.

El régimen hídrico es un factor limitante en la producción vegetal, determinando en parte el tipo de ecosistema y la materia orgánica del suelo (21).

La MO del suelo es una sustancia muy compleja, constituida por residuos vegetales y animales cuyo porcentaje varía según el tipo de material y su grado de descomposición. Dichos materiales son los siguientes (60):

- Carbohidratos
- Lignina
- Taninos
- Grasas, aceites y ceras
- Resinas
- Proteínas
- Pigmentos
- Minerales

#### 2.4.2. Funciones de la MO en el suelo

1. La materia orgánica en la superficie del suelo reduce el impacto de las gotas de lluvia, permitiendo la infiltración lenta del agua. La escorrentía y la erosión se reducen habiendo más agua disponible para el desarrollo de las plantas.
2. La descomposición de la MO produce sustancias y aglutinantes microbianos que ayudan a estabilizar la estructura deseable del suelo, ligando

- do las partículas en unidades estructurales llamadas agregados; éstos promueven un estado granular suelto y abierto. Así, el agua fluye con más facilidad; dicha condición favorece la aereación y permeabilidad.
3. Las raíces de las plantas al descomponerse dejan conductos, permitiendo la difusión de gases y penetración del agua afectando positivamente el desarrollo de los cultivos.
  4. La materia orgánica incrementa la capacidad de retención de humedad, una parte del agua es transmitida por los poros hacia abajo, mientras que la almacenada es absorbida posteriormente por las plantas.
  5. La MO fresca suministra alimento para los organismos del suelo. Esta fuente de energía derivada de la descomposición de la MO es empleada por los microorganismos para llevar a cabo la fijación de Nitrógeno.
  6. Los residuos orgánicos gruesos que son descompuestos a largo plazo, evitan la erosión al reducir las pérdidas de la capa superficial; así mismo, dichas cubiertas bajan la temperatura del suelo en verano y lo conservan caliente en invierno (32, 42, 60).
  7. La MO sufre transformaciones dando lugar a minerales solubles o gaseosos tales como:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HNO}_3$  y  $\text{CO}_2$ . Una gran parte del Nitrógeno se presenta en combinación orgánica, siendo el mismo caso para el Fósforo y el Azufre. Así, cuando las condiciones son propicias para la liberación de nutrientes a la solución del suelo, existe un rápido desarrollo vegetal (19, 42, 60).
  8. La MO en el proceso de descomposición produce ácidos orgánicos que

ayudan a disolver minerales como el Potasio, haciéndolos más accesibles para ser aprovechados por las plantas.

9. El humus constituye una fuente de cationes intercambiables y aprovechables tales como K, Ca y Mg. Impide la lixiviación de algunos fertilizantes amoniacales, reteniendo el amonio en forma intercambiable y obtenible por los vegetales.
10. En suelos ácidos, la MO libera citratos, exalatos, tartratos y lactatos, los cuales presentan mayor tendencia a combinarse con Fe y Al que con P. Lo anterior trae por consecuencia la disminución de Fe soluble y fosfato de amonio, además, de una mayor disponibilidad de P.
11. La MO reduce las pérdidas de agua por evaporación mediante capas protectoras aplicadas a la superficie como residuos.
12. Los ácidos orgánicos liberados por la descomposición de la MO reducen la alcalinidad de los suelos (42, 60).

#### 2.4.3. El Ciclo del Carbono

En sus formas más simples, el ciclo del Carbono gira en torno al  $\text{CO}_2$ , tanto en su fijación como en su regeneración. Esta reducida fuente de Carbono representa sólo el 0.03% de la atmósfera terrestre.

El proceso natural de descomposición del anhídrido carbónico atmosférico, es la síntesis clorofiliana. A partir de este proceso se realiza la síntesis de materias hidrocarbonadas vegetales, al ser convertido el  $\text{CO}_2$  en carbono orgánico.

La liberación de  $\text{CO}_2$  se lleva a cabo mediante la respiración animal

y vegetal, combustiones de materias orgánicas por vía química y descomposición microbiana de la MO del suelo y de materias fermentables. Los tejidos muertos son descompuestos y transformados a un amplio conjunto heterogéneo de compuestos carbonados, que se conocen como humus o fracción orgánica del suelo.

El carbono se hace disponible nuevamente con la descomposición final y la producción de  $\text{CO}_2$  a partir del humus y tejidos en descomposición (3, 28, 67).

#### 2.4.4. Descomposición de la MO

La descomposición de la MO consiste en un proceso de digestión enzimática en el que se liberan como productos: 1) energía en forma de calor utilizada por los microorganismos; 2) compuestos finales simples y 3) humus (11, 55).

La descomposición oxidante de la MO tiene como resultado la liberación de grandes cantidades de anhídrido carbónico, siendo realizado por los microorganismos principalmente. La actividad de dichos organismos se ve favorecida por la temperatura, bajo un rango de 21 a 38°C, con niveles de humedad entre 50 y 70% de la capacidad de retención del suelo (6, 21, 49).

Estudios de Róvira y Greacen, citados por Allison (1965), han demostrado que la oxidación de la MO se incrementa cuando los agregados son destruidos por efectos de labranza. El humedecimiento y secado, la congelación y descongelamiento y cualquier otro agente o proceso que destruya los agregados tendrán efectos similares.

En conclusión, la descomposición de materiales orgánicos se realiza fundamentalmente bajo dos procesos: humificación y mineralización (35, 42).

#### 2.4.4.1. Humificación

La humificación es un proceso de descomposición de la MO en el que ocurren cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo, sintetizándose nuevos compuestos conocidos como humus. Esta transformación del material orgánico es muy compleja, dando como resultado la liberación de nutrientes de las plantas (23, 56).

El humus, según estudios de Sprengel citado por Russell (1968), es un coloide con carga eléctrica negativa cuando está en solución alcalina y es retenido por los puntos cargados positivamente en las partículas de arcilla (Figura 3) presentes en el suelo o precipitados como flóculos, por intercambio de la acción de cationes como Al, Ca y Fe. El humus no posee una composición química definida, tratándose de una sustancia en continuo cambio; está constituido principalmente de C, H, O, N, S y P, presentando además una elevada capacidad de intercambio catiónico (28, 45).

Dentro de sus propiedades físicas importantes, el humus puede absorber una cantidad de agua equivalente a varias veces su propio peso, exhibiendo características cohesivas muy fuertes; lo anterior suele tener importancia sobre todo en suelos conformados por arenas finas y limos, donde el espacio poroso es excesivo. También tiene un marcado efecto amortiguador al reducir daños a las raíces de las plantas causados por exceso de acidez o alcalinidad (22).

Aquellos residuos vegetales y animales con mayor proporción de Nitrógeno son, por lo común, los que se descomponen más rápidamente. Bajo condiciones de buena aereación, la humificación es rápida; se favorece la pronta destrucción de la estructura original de los detritos, los ácidos orgánicos se queman, el pH aumenta y los productos húmicos adquieren coloraciones oscuras.

En general, en suelos neutros o ligeramente alcalinos (pH 7 a 8), la humificación requiere menos tiempo que en el caso de los suelos calcáreos, donde este proceso es lento, los productos son ácidos y tienden a presentar colores claros. La humedad interviene directamente sobre la microflora, e indirectamente limitando la aereación del suelo, creando condiciones de anaerobiosis, lo cual lleva a una disminución en la humificación (28).

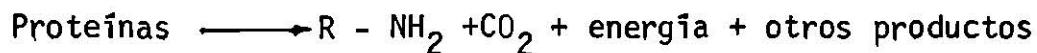
La descomposición del humus puede efectuarse a temperaturas por debajo del punto de congelación y se acelera al aumentar dicha temperatura. La tasa de liberación de  $\text{CO}_2$  es más intensa si en el suelo se presenta un ciclo de sequía y humedad a corto plazo. Esta condición de nivel de humedad ocurre cerca de la superficie del suelo donde existe la mayor concentración de restos vegetales, tales ciclos estimulan notablemente la actividad de los organismos (3).

#### 2.4.4.2. Mineralización del Nitrógeno

2.4.4.2.1. Ciclo del Nitrógeno. El nitrógeno contenido en fertilizantes inorgánicos es cada vez más importante dentro del ciclo del Nitrógeno en cualquier cultivo intensivo, siendo absorbido por las plantas en forma de  $\text{NH}_4$  y  $\text{NO}_3$  generalmente.

La mineralización del Nitrógeno comprende el estado de Nitrógeno orgánico y su conversión a la forma mineral ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ). Para que ocurra esta transformación se requieren tres reacciones esenciales: aminización, amonificación y nitrificación. Las dos primeras son realizadas por organismos heterótrofos y la tercera por bacterias autótrofas.

La primera fase del ciclo del Nitrógeno es la conversión de N gaseoso a proteína, siguiendo la etapa de aminización que consiste en la descomposición hidrolítica de las proteínas y la liberación de aminas y aminoácidos. Dicha reacción puede representarse de la siguiente forma:



La amonificación o mineralización prosigue como la siguiente reacción generada por microorganismos, y consiste en el proceso que da lugar a la formación de amonio. Cuando la relación C:N es aproximadamente 30:1, cualquier molécula de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) producida puede ser reasimilable tan rápidamente como cuando se formó y, ser convertida a proteína por los microbios.

Don Kirkham y Bartholomew, citados por Broadbent (1957), desarrollaron ecuaciones matemáticas encaminadas a evaluar las tasas de mineralización e inmovilización del Nitrógeno; las investigaciones mostraron que am los procesos ocurren al mismo tiempo. Concluyeron que si el tiempo requerido por la inmovilización es mayor que el de la mineralización, no habrá Nitrógeno disponible en el suelo, si sucede lo contrario, el Nitrógeno puede incrementarse (Figura 5).

Winogradski y Warrington, citados por Broadbent (1957), demostraron que la amonificación implica la síntesis gradual de compuestos complejos

Proteínas  $\longrightarrow$  Polipeptidos  $\longrightarrow$  Aminoácidos  $\longrightarrow$  Amoniac

Dicho proceso es el resultado de reacciones de tipo hidrolítico y oxidante (60).

Cuando la relación C:N de la proteína localizada en residuos orgánicos es estrecha, aproximadamente 15:1, el amonio resultante de la descomposición de dicha proteína entra a formar parte de la reacción llamada nitrificación. El amonio se oxida a nitrato a través de las actividades de grupos de bacterias especializadas, siendo una forma que puede ser asimilable rápidamente por las plantas y así convertirse a proteína.

El nitrato también puede reducirse a nitrógeno gaseoso y óxido nítrico en el proceso de desnitrificación, de tal modo que el Nitrógeno retorna a la atmósfera completando el ciclo (57, 67).

2.4.4.2 2. Nitrificación. La nitrificación es un proceso aeróbico que implica la producción de nitratos a partir de sales de amonio, realizado por bacterias autotróficas. Esta fase consiste mínimamente en dos etapas: la transformación de amoniaco a nitrito ( $\text{NO}_2$ ) y, posteriormente se convierte en nitrato ( $\text{NO}_3$ ). La formación de nitratos se realiza especialmente por bacterias autótrofas obligadas del género Nitrosomonas mediante una reacción representada por la siguiente ecuación (45):



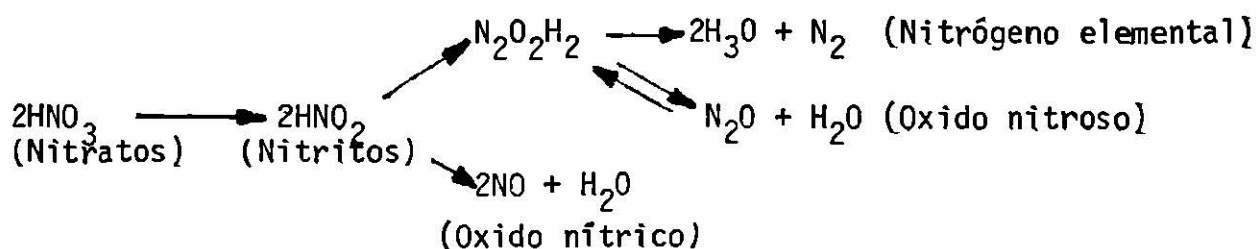


La conversión de nitrito a nitrato se efectúa por el grupo de bacterias autótrofas denominadas Nitrobacter, la reacción se representa como sigue (53, 67):



Russell y Russell (1968) mencionan que la acumulación de nitratos mediante barbecho se cumplen bajo cuatro condiciones: 1) suministro de iones amonio dado por la MO mineralizada en el suelo; 2) que el suelo se presente libre de vegetación; 3) no excesos de lluvia; 4) que en el suelo se presenten ciclos de humedecimiento y sequía alternos. Estos autores mencionan que Birch encontró un incremento en la cantidad de Nitrógeno mineralizado a medida que la temperatura es mayor para desecar un suelo.

2.4.4.2.3. Desnitrificación. La desnitrificación o denitrificación, es el proceso de conversión que da origen al nitrato gaseoso y/u óxido nítrico a partir del nitrato del suelo, dado por las condiciones anaeróbicas originadas por encharcamientos acuosos. Dicho proceso consiste en una reducción biológica del nitrato realizado por bacterias del género Pseudomonas para obtener el Oxígeno requerido en su proceso metabólico. Esta reducción bioquímica de nitratos a compuestos gaseosos es el principal tipo de volatilización de Nitrógeno, siendo el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) el que se pierde en grandes cantidades. Buckman y Brady (1970) muestran el esquema de dichos cambios.



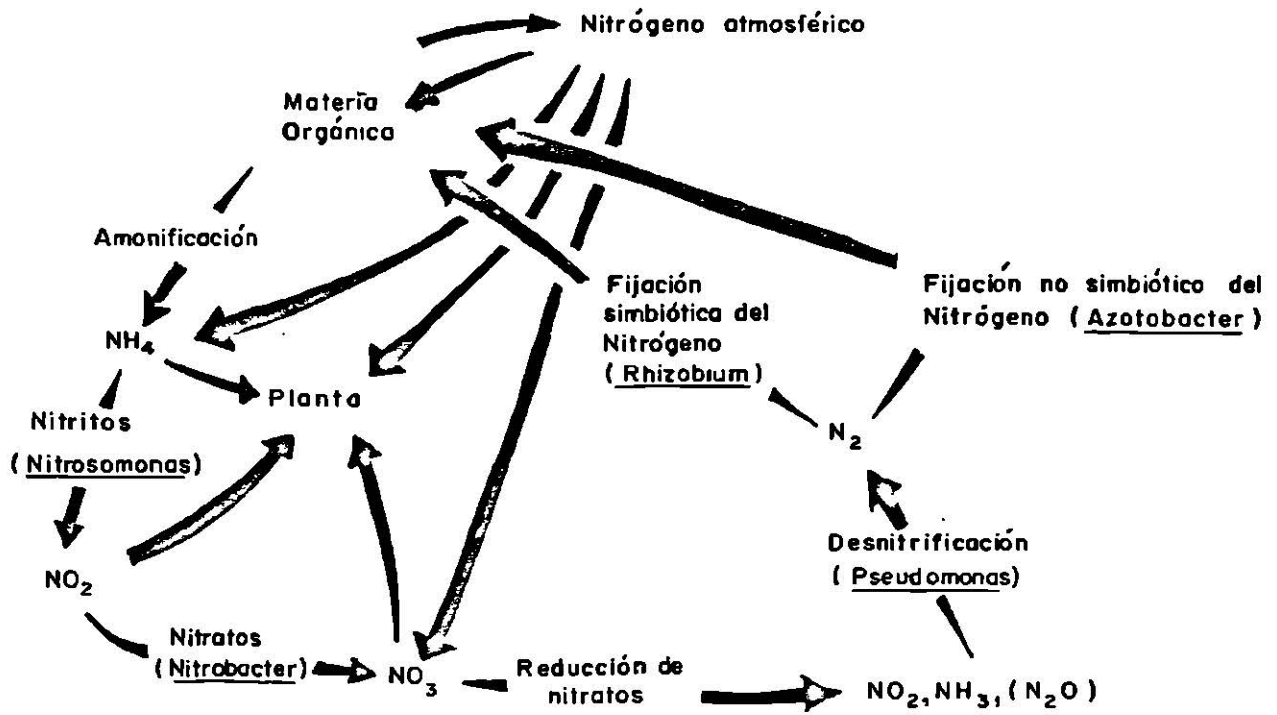


Figura 4. Ciclo del Nitrógeno (Towsend, W., N. 1973; Walter, C.G.; R.H. Mc Bee, K.L. Temple, 1980).

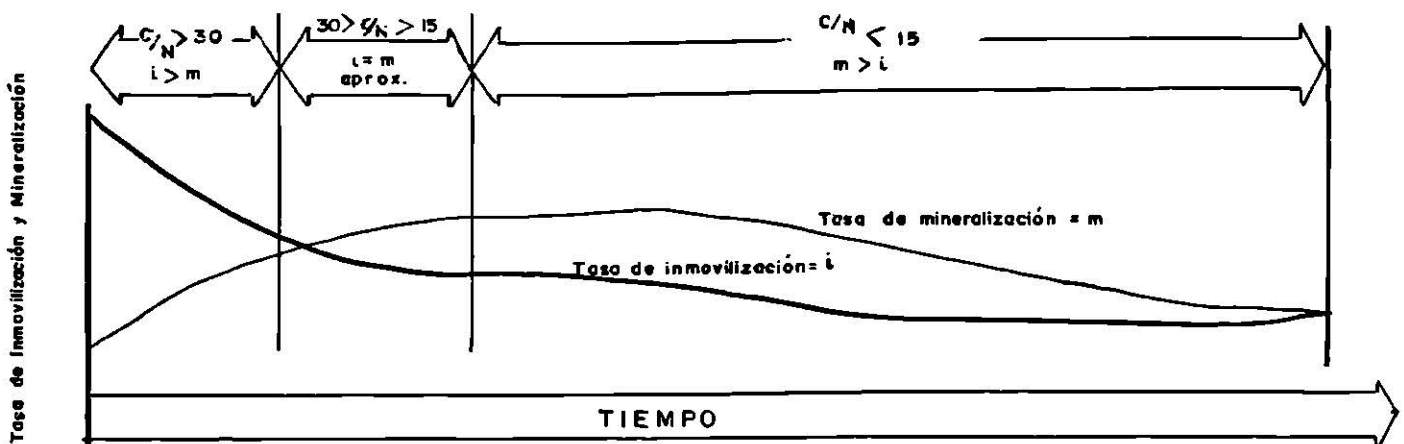


Figura 5. Relación de Carbono-Nitrógeno (C/N) y disponibilidad de Nitrógeno durante la descomposición de residuos de la planta (Taft, B.E., 1957).

El índice de desnitrificación varía en suelos distintos de acuerdo fundamentalmente con el contenido de humedad, materia orgánica, pH del suelo y la estructura del mismo; dicha fase se favorece con un aumento en la condición anaeróbica del suelo (4, 41, 45, 50, 60, 62, 63).

La desventaja de la desnitrificación es la pérdida de Nitrógeno al presentarse inundación o lluvia excesiva. Esta etapa de conversión del Nitrógeno no ocurre cuando el suelo contiene menos del 60-70% de agua de su máxima capacidad de retención. A pH elevado, el proceso aumenta; siendo la temperatura óptima de 60-70°C (60, 62, 63, 67).

Los mecanismos del proceso desnitrificante son realizados por especies del género Pseudomonas, Micrococcus, Achromobacter y Bacillus, aunque también poseen tal capacidad algunos autótrofos como el Thiobacillus y Denitrificans.

2.4.4.2.4. Inmovilización del Nitrógeno. La inmovilización del Nitrógeno consiste en la conversión del Nitrógeno inorgánico o mineral a la forma orgánica.

Como regla general, Tisdale y Nelson (1982) describen el comportamiento de la relación C:N y la inmovilización del Nitrógeno; mencionan que al incorporar materiales orgánicos al suelo con una relación C:N mayor de 30, se presenta inmovilización del Nitrógeno durante el proceso de descomposición inicial; relaciones entre 20 y 30 se minimiza dicha inmovilización y liberación del Nitrógeno mineral. Con relaciones menos de 20, generalmente se libera dicho elemento.

Durante las etapas iniciales de la descomposición de los materiales orgánicos, hay un rápido aumento en el número de organismos heterótrofos,

liberándose al mismo tiempo grandes cantidades de dióxido de carbono. Si la relación C:N del material orgánico reciente es amplia, existirá una inmovilización neta del Nitrógeno (Figura 6); por el contrario, si la relación es pequeña, el número de organismos disminuye y por lo tanto, no hay inmovilización, la causa se debe a la reducción de Carbono, la cual es la fuente de requerimiento energético de los microorganismos.

Asimismo, dichos autores describen como regla general, que la capa superior del suelo en descanso, posee una relación C:N aproximadamente 10-12:1, mencionando que la mayoría de los casos esta relación disminuye en el sub-suelo, debido en mayor parte a la predominancia del  $\text{NH}_4^+$  y la disminución de Carbono.

El Nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) como de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) es inmovilizado por la microflora del suelo; en este estado de inmovilización orgánica, el Nitrógeno no se pierde por filtración (3, 42, 60, 62).

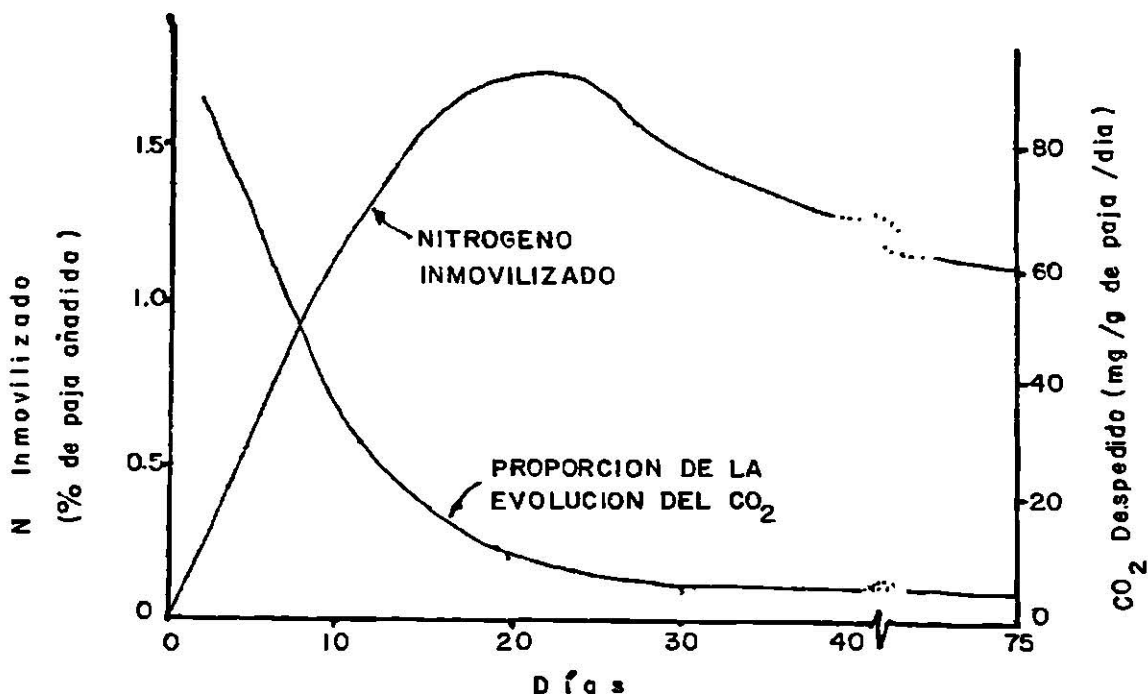


Figura 6. Inmovilización y liberación de Nitrógeno y la proporción de formación de  $\text{CO}_2$  al aplicar paja húmeda al suelo añadiendo Nitrógeno ( $\text{NO}_3^-$ ) (Tisdale, S.L.; W.L. Nelson, 1970).

Estudios sobre aplicación de nitratos en paja húmeda incubada durante 75 días, demostraron una proporción de 2% de inmovilización de Nitrógeno al inicio de la descomposición; el Nitrógeno agregado se inmovilizó rápidamente, al disminuir la actividad microbiana, dicho elemento se liberó gradualmente (Figura 7) (62).

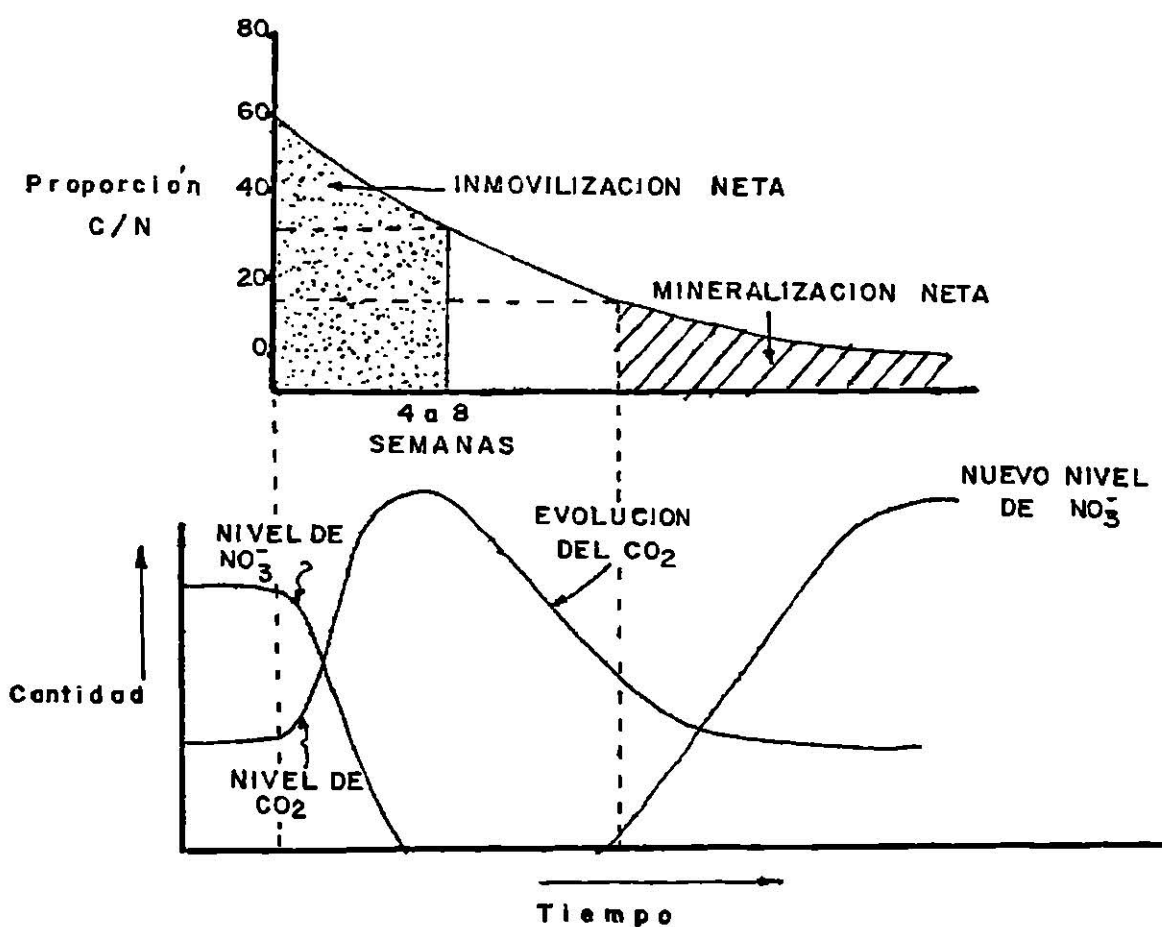


Figura 7. Cambios en los niveles de nitrato en el suelo, durante la descomposición de residuos de cosecha pobres en Nitrógeno (Tisdale, S.L., W.L. Nelson, 1970).

## 2.5. Investigación de Fertilizantes Orgánicos

### 2.5.1. Estiércol

El estiércol es el producto de desecho de animales bovinos, cerdos, borregos y aves que proporcionan durante su crecimiento. Estos materiales constituyen una fuente de recursos, ya que se ocupan como fertilizantes orgánicos y como acondicionador de los suelos. Su importancia radica en el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo y como consecuencia, en la disponibilidad de macronutrientes, elementos menores y material orgánico para el buen desarrollo de las plantas. Entre una de las características físicas que se adquieren, se encuentra la facilidad de laboreo, aunque existen evidencias de tal efecto, es casi imposible cuantificarlo.

Los desechos orgánicos difieren grandemente en su capacidad para mejorar el laboreo del suelo y éstos también responden en diferente grado al mismo material orgánico.

A continuación se mencionan algunos efectos que produce el estiércol en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo al incorporarlo adecuadamente.

Propiedades físicas. La velocidad de infiltración, conductividad hidráulica y retención de humedad normalmente se incrementan y la densidad aparente se reduce. Unger y Stewart en 1974 mencionados por Castellanos y Reyes (1982), muestrearon suelos tratados con 0, 22, 67, 134 y 268 ton/ha de estiércol de bovino por cuatro años consecutivos. Los tratamientos con cantidades altas tuvieron efectos significativos en el contenido de agua a saturación y las densidades aparentes fueron significativamente menores.

El contenido de sales se incrementó al aumentar la cantidad de estiércol, así como los valores de materia orgánica y agregación.

Mathers et al., citados por Castellanos y Reyes (1982), utilizaron 22 y 66 ton/ha de estiércol y amoníaco anhidro, encontraron que el efecto de tratamientos con estiércol sobre el avance de agua en un suelo migajón arcilloso fue menor, mientras que la infiltración del agua y rendimiento del cultivo se incrementaron con la aplicación de dicho material.

Los cambios que ocurren en las propiedades físicas son generalmente pequeños y en muchos casos difícil de registrar. Aún así, Russell (1961) estableció que las aplicaciones de estiércol pueden tener efectos benéficos en la estructura del suelo, atribuible a un incremento en la cohesión entre partículas de arena, aumentando la resistencia del suelo al arrastre por el viento y el sellado por las lluvias.

Sweeten dá una referencia cuantitativa de aplicaciones de estiércol bovino en suelos migajones arcillosos, mencionando que varían desde 11 ton/ha cada dos años para algodón, hasta 45 ton/ha anuales para maíz. Mathers y Steward desarrollaron un experimento en Texas en 1980, aplicando para un caso 198 ton con fracciones de 22 ton/ha/año por espacio de nueve años; encontraron que el incremento de materia orgánica en el suelo fue similar al aplicar 670 ton con dosis de 134 ton/ha durante cinco años (12).

Investigaciones realizadas para evaluar la residualidad del estiércol bovino con adiciones de Nitrógeno, mostraron como mejores tratamientos 50 ton/ha de estiércol + 25 kg/ha de N, produciendo los más altos rendimientos de grano y materia seca; mientras que 100 ton/ha de estiércol registró el más alto porcentaje de MO en el suelo (39).

Propiedades químicas. En comparación con los fertilizantes comerciales (inorgánicos), el estiércol posee una baja concentración de nutrientes; sin embargo, la disponibilidad de ellos es muy alta; existen evidencias de que este material hace más disponibles algunos elementos del suelo para el aprovechamiento por las plantas. Los estiércoles contienen todos los elementos requeridos para el crecimiento de los cultivos y se caracterizan por tener baja densidad.

Los rangos de concentración de N, P y K son relativamente grandes (Tabla 1). El estiércol de gallina (gallinaza) contiene más del doble en Nitrógeno y cerca de cinco veces más rico en Fósforo que el de bovino, lo cual lo hace un producto muy valioso como fuente de nutrientes. El Nitrógeno de los estiércoles se encuentra en forma orgánica y se mineraliza antes de estar disponible para la planta. Entre más fresco esté el estiércol, mayor será el porcentaje de mineralización.

En la Comarca Lagunera (Coahuila), se evaluó el porcentaje de mineralización de 25 estiércoles de bovino y 12 de gallinaza bajo condiciones de laboratorio por 2 1/2 meses; se encontró que el estiércol bovino proporciona un promedio de 2.12 kg de N mineral para un período de dos y medio meses y 3.64 kg para un período de 10 meses; mientras que la misma cantidad de gallinaza proporciona 14.8 y 20.1 kg de N mineral para dichos períodos respectivamente.

La información muestra una gran variabilidad en los componentes químicos de los estiércoles; para una mejor comprensión, se incluyen registros de investigación para estiércol bovino (engorda y lechero) y gallinaza en tres regiones.



Tabla 1. Porcentajes promedio de algunos elementos químicos de estiércol bovino (engorda y lechero) y gallinaza en tres regiones (12).

	Engorda		Lechero		Gallinaza
	Texas	Arizona	Comarca Lagunera	Arizona	Comarca Lagunera
N	2.05	2.37	1.42	2.13	3.47
P	1.86	0.87	0.51	0.82	2.36
K	2.75	1.56	3.41	1.96	2.05
Ca	1.98	1.46	3.68	1.81	6.12
Mg	0.76	0.55	0.71	0.61	0.83
Na	1.13	0.72	0.51	0.44	0.56
Sales Solubles	--	--	5.0	4.74	5.6
Cenizas	--	--	48.6	33.9	30.0

(\*) Porcentaje en base a peso seco.

Los factores que controlan la disponibilidad de Nitrógeno en los estiércoles son: 1) la cantidad de N en el estiércol; 2) la distribución de N entre las formas orgánicas y 3) la velocidad de mineralización del N orgánico.

Cuando el estiércol es excretado, existe un 50% de N en forma de Urea y ácido úrico y un 50% de N orgánico. Las formas inorgánicas se volatilizan rápidamente al ser convertidos a forma amoniacal. Así, los estiércoles acumulados por varios meses, comúnmente pierden el 50% o más de Nitrógeno.

Rodríguez y Fernández mencionados por Castellanos y Reyes (1982), realizaron aplicaciones de estiércol en el Valle de México, las cantidades de este material variaron de 60 hasta 300 toneladas y los tiempos desde la última aplicación fueron de uno hasta cuatro años. Dosis de 60 ton/ha incrementaron un 2.04% de MO; de 120 a 150 ton/ha un 2.85%; de 200 a 220 ton/ha un 3.39% y de 300 ton/ha hasta 5.8%. La aplicación más alta registró un contenido de materia orgánica de 9.39%.

De acuerdo con Castellanos y Reyes (1982), el estiércol también se ha usado para ayudar en la recuperación de suelos con problemas de compactación y de Sodio, observándose en algunos estudios una mejor penetración de agua, entre otros efectos favorables que han hecho de este material una fuente accesible muy importante.

### 2.5.2. Abonos verdes

El abonado con determinadas plantas en estado verde que favorecen la fertilidad del suelo, se entendía como la incorporación de dichos materiales para enriquecer la condición nutricional del suelo. Hoy en día, este término implica la devolución de raíces y tallos segados, puesto que la parte aérea se destina a la alimentación del ganado. Sin embargo, puede adicionarse al suelo una proporción de materia verde cuando existan casos de extrema pobreza. Algunas plantas que funcionan como abonos verdes son: la alfalfa, trébol húbam, veza, trébol blanco, haba, esparceta, cavalia, frijol terciopelo, etc.

Algunos beneficios que aporta el abono verde y que le confieren importancia son los siguientes: la fijación de Nitrógeno, mejora la estructura del suelo permitiendo una mayor profundidad en la capa arable,

facilita el almacenamiento de agua, modifica el pH del suelo, se logra una cubierta viva que impide la erosión, fomenta la actividad biótica del suelo y mejora el drenaje del mismo (54. 39).

Las leguminosas se han utilizado como abono verde debido a su gran aportación de Nitrógeno al suelo, se han estimado de 60 a 100 kg de N por hectárea como resultado de la agregación de tales materiales, cuya presencia en los suelos es impedir la inmovilización del N, al poseer una relación muy estrecha (42, 60).

La adición de residuos de cosecha y abonos verdes, ejercen un apreciable efecto al ser descompuestos por microorganismos con la formación posterior de grandes cantidades de polisacáridos y otros polímeros orgánicos que pueden servir como agentes activos de ligamiento para dar al suelo una característica de estabilidad de agregación.

## 2.6. Aprovechamiento de COMPOST como Fertilizante y Acondicionador del Suelo para el Crecimiento Vegetal

### 2.6.1. Introducción

La elaboración de Compost consiste en un proceso que convierte los desperdicios (desechos) orgánicos en un material cuyas propiedades se asemejan al humus, el cual puede utilizarse como fertilizante y acondicionador del suelo. Así, se han construido y desarrollado plantas procesadoras tanto de basuras como de aguas negras urbanas, cuyo interés es emplear dichos materiales de buena calidad para obtener Compost con propiedades deseables en su uso agrícola (1, 59).

Las fuentes de MO citadas, implican diferentes métodos de elaboración

de Compost, la disponibilidad comercial de ambos se encuentran como pilas (montones) y algunos tipos de recipientes cerrados o sistemas de reactor, aunque en este último, el proceso de conversión no se lleva a cabo por completo. En la mayoría de los casos, la biomasa parcialmente convertida en Compost se extrae del reactor después de cierto tiempo, finalizando su procesado en pilas aereadas o en hileras. Se considera efectivo el monitoreo de temperaturas en ciertos lugares del interior de la biomasa en procesamiento, con el fin de asegurar que el Compost ha alcanzado las temperaturas necesarias para matar a los organismos patógenos; en el caso de aguas negras, se requiere por lo menos un mes para estabilizarlo.

La constitución y calidad del Compost dependen del origen de la fuente, control del procesado, así como la selección del material que le dará consistencia y mayor volumen (caso de aguas negras). La estimación del valor de un Compost para su uso agrícola, radica en el contenido de N, P y K que afectan el rendimiento y calidad de los cultivos, así como los resultados obtenidos en las propiedades físicas, químicas y biológicas cuando han sido aplicados al suelo.

### 2.6.2. Aguas Negras

Las materias excrementicias humanas son el constituyente esencial de las aguas negras, y mediante un proceso se obtiene el Compost; a este material se le agregan algunos otros como: viruta o corteza de madera, paja, etc., lo cual adquiere un mayor volumen proporcionándole consistencia a dicha masa. Este nuevo producto puede utilizarse en cultivos básicos, hortalizas, césped y el mejoramiento de tierras marginales sometidas a disturbios. Sin embargo, también se aplican dichas aguas como sedimentos.

Las características y recomendaciones de este artículo (1) están basadas en una serie de investigaciones a nivel laboratorio, invernadero y campo realizada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Los sedimentos de aguas negras difieren en cuanto a constituyentes; Los contenidos de N, P y K varían de 3 a 7; 1 a 3 y 0.2 a 3% respectivamente. Dadas estas diferencias, las tasas de aplicación deben ajustarse de acuerdo a la procedencia del Compost para asegurar resultados benéficos. El uso y venta de este compuesto está regulado por leyes establecidas a nivel local, estatal y federal; esto obedece a la acumulación de Cadmio y otros metales pesados en cultivos que forman parte de cadenas alimenticias. La concentración de dichos elementos disminuye por dilución al adicionar material acompañante; éste también ejerce efectos sobre los contenidos de N, P y K al ocasionar una reducción de 33 a 50%, 40 a 66% y 50% respectivamente. La proporción de material acompañante (viruta, basuras, etc.) y sedimento de aguas negras en el Compost, afecta la mineralización de nutrientes en este último, después de incorporarse al suelo y según estudios de Sikora et al., se pierde un 10% de N por volatilización y lixiviación.

Tester et al., encontraron que el 10% de N total es tan disponible en el Compost como el N de un fertilizante mineral; reportaron tasas de mineralización de N de 3.8 a 4.7% para Compost nuevo y de 7.0 a 9.3% para aquellos digeridos.

De acuerdo a investigaciones, se estima que una tonelada de Compost contiene cerca de 0.9 kg de N disponible, esto se calculó sobre una base de peso húmedo.

La disponibilidad de Fósforo en Compost o sedimento de aguas negras se ve disminuida según aumenta el contenido de Fe y Al; esta relación in-

versamente proporcional fue investigada por Pastene y Corey en 1980. Así, entre mayor sea la proporción de estos elementos, menor será la cantidad de P disponible para la planta.

El Compost generalmente contiene 1.5% de P (3.5% de  $P_2O_5$ ) sobre una base de peso seco, esto es aproximadamente 0.8 kg de P total por tonelada de Compost.

Dadas ciertas características de calidad del Compost estudiadas para un área y cultivos específicos, se recomienda emplear 2.5 veces más Compost con respecto al fertilizante comercial. Sin embargo, los reportes indicen que el mayor valor potencial de este tipo de compuesto se obtiene al emplear el Compost en combinación con fertilizantes orgánicos.

La ventaja real de utilizar este tipo de combinado, varía en función de la calidad de éste, el proceso del mismo comparado con sustitutos, el valor del cultivo, así como la facilidad de esparcirlo.

Los beneficios de incorporar dicho compuesto a suelos de hortalizas, se denota en el mejoramiento de las propiedades físicas del mismo (mayor agregación, baja densidad, aumento en la retención e infiltración de agua, así como una mayor capacidad de intercambio catiónico).

La desventaja del uso de este producto está en que algunos de ellos pueden contener sales solubles, metales tóxicos o tener una propiedad alta de C:N. En algunas hortalizas de hoja (lechuga y acelga en particular), tienen el inconveniente de acumular Cadmio y Zn.

Los sedimentos de aguas negras o bien, elaborado de Compost, pueden utilizarse con las siguientes restricciones: concentraciones de contaminantes limitadas a 25 mg/kg de Cadmio, 1000 mg/kg para Plomo y 10 mg/kg para

diferentes policlorinados; aplicaciones acumulativas máximas de 800 kg/ha, aplicar sedimentos al suelo y nunca a cultivos en crecimiento, el procesamiento de productos cultivados en suelos que han sido modificados por sedimentos o compost (particularmente hortalizas y frutos frescos) de acuerdo con prácticas industriales establecidas.

Las tasas de aplicación del Compost de sedimentos de aguas negras utilizado como fertilizante y acondicionador del suelo para cultivos o pastos, se determinarán de acuerdo a los requerimientos de N ó P específico para el cultivo. Por ejemplo, una variedad de avena que requiere aproximadamente 45 kg de N/ha, necesitará 50 mt<sup>3</sup>/ha de dicho compost, una variedad de maíz con necesidades de 157 kg de N/ha necesitará 174 mt<sup>3</sup>/ha.

Los análisis económicos han demostrado que las aplicaciones anuales son más provechosas que una cantidad grande en una misma dosis, una excepción a esto son los proyectos de mejoramiento a suelos en zonas marginadas y sometidas a disturbios, pues se requieren aplicaciones voluminosas y únicas del orden de 100 a 200 mt<sup>3</sup>/ha, con el fin de eliminar condiciones físicas y químicas adversas que impiden el establecimiento y crecimiento de las plantas.

La investigación mencionada sobre el uso del Compost y sedimentos provenientes de aguas negras, muestra su alternativa y beneficios; sin embargo, existen áreas que requieren de estudios, tales como el valor residual fertilizante del Compost, efectos a largo plazo sobre las características físicas del suelo, así como la estimación económica a dicho tiempo, capacidad de los tipos de Compost para reducir enfermedades de origen edáfico, disponibilidad a través del tiempo de los metales pesados orgánicamente unidos,

el desarrollo de análisis o bioensayos para detectar constituyentes dañinos del compuesto y el mejoramiento de la tecnología de elaboración de dicho material con el fin de asegurar un producto estable y uniforme (1).

### 2.6.3. Basuras Urbanas

#### 2.6.3.1. Obtención y preparación

##### Compost obtenido por fermentación aerobia

Las basuras de poblaciones urbanas se han utilizado como mejoradores de los suelos, ya sea directamente o a través de un proceso de fermentación controlada en cámaras apropiadas que destruyen a gérmenes patógenos y conservan los microorganismos que provocan su transformación en abono y su desintegración en suelos agrícolas. Dicha fermentación se controla por la adición de cultivos microbianos y por inyección de aire a la masa. Las más modernas plantas industrializadoras de basuras utilizan el proceso aeróbico mencionado para la obtención del Compost, teniendo una producción diaria de 200 toneladas, ocupando una extensión de dos a tres hectáreas de terreno.

Las basuras descargadas en fosas de recepción pasan mediante una banda transportadora, a las bandas de selección donde se separan manualmente algunos materiales cuya recuperación es rentable; inmediatamente pasan a un molino en el que son trituradas, realizándose una selección por densidades mediante separadores balísticos que lanzan a distancia los objetos pesados y dejan caer los más ligeros, así se separan vidrios, gomas y plásticos, aquellos que son metálicos se eliminan mediante separadores magnéticos; realizado lo anterior, se riegan las basuras trituradas con cultivos



microbianos (generalmente actinomicetos) y se llevan a las cámaras de fermentación en las que permanecen de seis a ocho días. La temperatura de la masa en proceso de fermentación se eleva de 65 a 70°C a las 48 horas de iniciada la fermentación, esta temperatura se mantiene durante algunas horas mediante inyección de aire o removiendo el volumen y controlando la humedad y pH al monitorear partes interiores de dicha masa (45).

Las ventajas del proceso aeróbico son las siguientes:

- a) Se evitan malos olores (putrefacciones)
- b) Se destruyen larvas de mosca, huevos de ácaros, microorganismos patógenos y semillas de malas hierbas
- c) Se auyentan a roedores.
- d) Se reduce el contacto de obreros con basuras brutas
- e) Se obtienen componentes húmicos oxidados, importantes para las propiedades químicas del suelo.

Las desventajas en fermentaciones anaeróbicas para la obtención del Compost está en que no se eliminan totalmente gérmenes patógenos ni semillas al tener una temperatura no mayor de 45°C, las ratas no se ahuyentan al no haber temperaturas altas; las moscas son atraídas por los malos olores, desarrollándose larvas en la superficie de la masa (45).

#### 2.6.3.2. Características químicas

Primo y Carrasco (1980) describen la composición química del Compost de basuras obtenidas en plantas industrializadoras de España:

Humedad	25 - 35%
Materia orgánica total	30 - 50%
Materia orgánica oxidable	9 - 20%

Nitrógeno	0.55 -	1.1%
Fósforo	0.30 -	0.7%
Potasio	0.24 -	0.5%
Hierro	5.5 -	2.8%

Datos proporcionados por la planta industrializadora de desperdicios sólidos urbanos de Monterrey, N.L. nos muestran las características químicas del Compost obtenido:

Análisis químico	%
Materia orgánica	37.965
Carbono	22.021
Nitrógeno	1.895
Fósforo	0.895
Potasio	0.300
Calcio	6.300
Hierro	5.935
Manganeso	0.078

#### 2.6.3.3. Efectos en algunas propiedades físicas y químicas del suelo

La compostificación cumple dos funciones: aprovechar la fracción orgánica de los desperdicios sólidos al distribuirse en las tierras de cultivo y además, reducir el volumen de los desechos urbanos y transformarlos en productos que no afectarán al medio ambiente (51).

Pera et al., mencionados en (44), investigaron los efectos del Compost de desechos sólidos urbanos mezclados con aguas negras utilizando al sorgo forrajero como cultivo indicador. Se encontraron resultados benéficos sobre la agregación de partículas tanto en suelo arcilloso como arenoso. El suelo arcilloso se tornó más poroso facilitando intercambios gaseosos y evitando el estancamiento del agua. El suelo arenoso mejoró su agre

gación, textura y retención de humedad, su incremento en rendimiento fue mayor que del arcilloso; esto se debe a una mayor actividad microbiana de mineralización sobre la MO, lo cual significa una mayor disponibilidad de los elementos para la nutrición de la planta.

Rubio (51) estudió aplicaciones de Compost al suelo utilizando a la soya como marcador de los efectos producidos, encontró que relaciones suelo-Compost de 0/1, 2.5/1, 5/1, 10/1 y 20/1 tuvieron incrementos en materia seca, altura y número de hojas por planta, dichos tratamientos resultaron con la misma significancia estadística. La conductividad hidráulica y permeabilidad intrínseca fueron también afectadas significativamente por las adiciones de compost, aunque esta último fue transitoria, pues a las 11 semanas después de su aplicación la permeabilidad se redujo a cero. Asimismo, encontró mayor retención de humedad a mayor contenido de Compost.

Otro tipo de compost y paja de arroz fueron estudiados por Oh (40), encontrando un aumento en el rendimiento de arroz debido al Compost sin adición de fertilizantes comerciales; sin embargo, al aplicarlo con dichos suplementos el rendimiento disminuyó en forma marcada. El tratamiento 34 ton/ha de compost con adiciones del compuesto 80-100-100 alcanzó el máximo % de rendimiento, siguiendo el de 13 ton/ha de compost con 120-100-100, demostrando que el compost era en sí el verdadero fertilizante. La paja de arroz se aplicó a 7 y 8 ton/ha con 120-100-100 y 80-100-100 respectivamente, este material demostró que es un modificador del suelo, pues aumenta la productividad del suelo en los primeros centímetros del mismo.

Mendoza (1985) realizó un experimento probando el compost y como fertilizantes minerales adicionados el Sulfato de Amonio (SA) y el Super-

fosfato de Calcio triple (SCT); aplicando dosis de 0, 25, 50, 75 y 100 ton/ha de compost e iguales dosis para el SA en kg/ha; el SCT se mantuvo a 50 kg/ha. Los resultados mostraron un efecto significativo en la dureza de costra, encontrando valores bajos del orden de 10.29 y 10.63 kg/cm<sup>2</sup> de presión. Dichos datos correspondieron a tratamientos de 100, 100, 50 y 75, 25, 50 (compost, SA, SCT respectivamente). Asimismo, se encontraron efectos en la densidad aparente al aplicar 100, 50, 50 y 75, 75, 50 de dichos componentes, registrándose valores bajos de 1.16 y 1.19 g/cm<sup>3</sup> respectivamente.

Elizondo et al., citado por Agundiz (1986) encontraron que aplicaciones con este tipo de compost incrementa la permeabilidad del suelo a corto plazo, perdiéndose esta propiedad con el tiempo. También señala que la MO como constituyente de dicho material, aumenta la capacidad retentiva de humedad. La MO no sólo favorece la infiltración, sino que también disminuye la evaporación del agua del suelo.

Agundiz (1986) encontró efecto residual del compost, concluyó que el Módulo de Ruptura disminuyó con tratamientos de 75 ton de Compost por hectárea, encontró un incremento de MO del suelo de 23% aunque su efecto no resultó significativo.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Descripción del Area Experimental

##### 3.1.1. Localización

El presente estudio se desarrolló en los terrenos del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL), ubicado en el municipio de Marín, N.L.

Las coordenadas geográficas del lugar son:

25° 53'	Latitud Norte
100° 03'	Longitud Oeste
367.3 msnm	Altitud

##### 3.1.2. Características climáticas

De acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen, modificado por Enriqueta García, el clima de la región está representado por:

$$BS_1(h')h x'(e')$$

Donde:

$BS_1$  : Clima seco o árido, siendo el menos seco de los climas BS. Precipitación media anual de 573 mm, distribuidos principalmente en verano.

$(h')h$  : Temperatura media anual mayor de 22°C y la temperatura media del mes más frío inferior a los 18°C.

$x'$  : El régimen de lluvias se presenta como intermedia entre verano e invierno, con una precipitación mayor del 18%

(e') : Oscilación anual de las temperaturas medias anuales mayor de 14°C, siendo la más extrema.

### 3.1.3. Características del suelo

El presente trabajo se realizó en un suelo de tipo calcáreo, sedimentareo, alcalino (pH 8.0) y de textura arcillosa. De acuerdo al contenido de materia orgánica, el suelo es considerado pobre o moderadamente pobre.

## 3.2. Descripción del Experimento

El trabajo de campo abarcó el período de Mayo de 1986 a Enero de 1987 iniciándose con la limpieza y estacado del terreno. Dicho lapso comprendió además las incorporaciones del material orgánico (COMPOST) hasta 60 días antes de la siembra, realizándose ésta el 23 de Julio de 1986; el manejo del cultivo se desarrolló hasta el 19 de Noviembre del mismo año, fecha en la que se efectuó la cosecha. El trabajo de campo finalizó con el trillado, realizándose en Diciembre de 1986 a Enero de 1987.

El trabajo de laboratorio consistió en el análisis fisico-químico de las muestras de suelo colectadas. Dichos análisis comprendieron el período de Febrero de 1987 al mes de Agosto del mismo año.

La etapa final del experimento comprendió el análisis estadístico de los resultados obtenidos. La presente investigación está determinada por un tiempo de tres años, siendo éste el primer ciclo de evaluación.

### 3.2.1. Factores a Evaluación

#### 3.2.1.1. Modo de aplicación del Compost

Este factor involucró dos modalidades:

- a) Voleo. El material se dispersó uniformemente en la superficie de la parcela, siendo incorporado inmediatamente con un barbecho.
- b) Banda. Se surcaron las parcelas experimentales, depositándose el Compost en el fondo del surco, llevándose a cabo un contrabordeo para realizar la incorporación.

### 3.2.1.2. Fechas de incorporación del compost antes de la siembra

Basándose en algunas sugerencias de trabajos de investigación precedentes, se determinaron cuatro fechas de incorporación: 0, 20, 40 y 60 días antes de la siembra.

### 3.2.1.3. Dosis de Compost

Las cantidades de compost se estimaron en 0, 9, 18 y 27 ton/ha. De acuerdo al factor modos de aplicación, esto implica tener una relación de volumen suelo-compost diferentes. Mientras que en la modalidad voleo se aplicaron las ya descritas, aplicado en banda se reduce dichas cantidades a un tercio anualmente, o bien a una sexta parte por ciclo (Tabla 3).

### 3.2.2. Diseño Experimental

El diseño experimental usado fue Bloques al Azar bajo arreglo de parcelas divididas, con tres repeticiones. La repetición estuvo compuesta por un bloque dividido, en los cuales se estudiaron las modalidades constituyendo la parcela grande; en la parcela chica se anidaron las combinaciones de tratamientos de los factores fechas y dosis, que resultaron de la aplicación de la matriz Plan Puebla 1 (Tabla 2).

Este arreglo forma parte de los llamados factoriales parciales o incompletos, de 16 tratamientos surgidos de la combinación de los factores fechas y dosis se eliminaron ocho, de tal manera que los incluidos hacen un recubrimiento del espacio de exploración obtenido de la matriz experimental Plan Puebla 1.

El diseño experimental nos permite determinar la interacción de tratamientos con las modalidades de aplicación.

La hipótesis estadística planteada es la siguiente:

$H_1$  : Existen efectos del compost al aplicarlo bajo dos modalidades con cuatro dosis en cuatro fechas de incorporación.

$H_0$  : No existen efectos de compost al probar dichos factores.

El modelo estadístico del diseño experimental usado es el siguiente:

$$Y_{ijk} = m + R_i + M_j + E_{ij} + T_k + E_{ik} + (MT)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = una variable de respuesta

$m$  = media general

$R_i$  = efecto de repeticiones

$M_j$  = efecto del factor A (modos de aplicación)

$E_{ij}$  = error A

$T_k$  = efecto del factor B (tratamientos)

$E_{ik}$  = error B

$(MT)_{jk}$  = efecto de la interacción: modos de aplicación-tratamientos

$E_{ijk}$  = error experimental



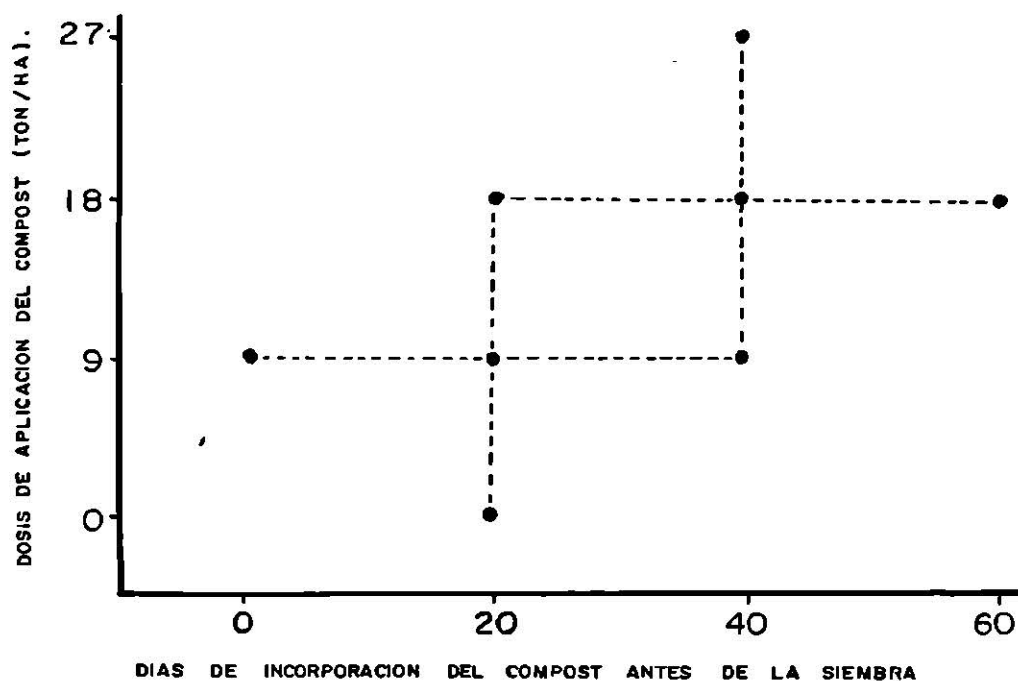


Figura 8. Espacio de exploración de tratamientos seleccionados de acuerdo a la Matriz experimental Plan Puebla I.

Tabla 2. Selección de tratamientos de la Matriz Experimental Plan Puebla I.

Tratamiento	Tiempo (días)	Dosis (ton/ha)
1	0	9
2	20	0
3	20	9
4	20	18
5	40	9
6	40	18
7	40	27
8	60	18

De tal manera que el análisis de varianza se estructuró de la siguiente forma :

Fuente de Variación			Grados de Libertad
Repeticiones (R)		r-1	2
Factor A (M)		m-1	1
Error A	RM	(r-1)(m-1)	2
Factor B (T)		t-1	7
Interacción AB	MT	(m-1)(t-1)	7
Error B	RT + RMT	(r-1)(t-1)+(r-1)(m-1)(t-1)	28

Una vez conocidas las respuestas de las variables evaluadas a través del análisis de varianza, se recurre al desarrollo de la matriz experimental Plan Puebla 1 con la finalidad de obtener la dirección de aumento en la respuesta de tratamientos, es decir, si es debido a efectos lineales o cuadráticos. Esto se obtiene por medio de un modelo de regresión.

Tabla 3. Dosis de aplicación Voleo y Banda de acuerdo a la relación de volumen suelo-compost. Evaluación a tres años.

Voleo	3 años	0	9	18	27 ton/ha
Banda	1 año	0	3	6	9
Banda	1 ciclo	0	1.5	3	4.5

Modelo de regresión

$$Y_k = B_0 + B_1T + B_2D + B_3T^2 + B_4D^2 + B_5TD + E_k$$

Donde:

$Y_k$  = media del k-ésimo tratamiento

$T$  = tiempo de incorporación antes de siembra

$D$  = dosis de aplicación

$B_0$  = constante

$B_1$  = efecto lineal de tiempo

$B_2$  = efecto lineal de dosis

$B_3$  = efecto cuadrático de tiempo

$B_4$  = efecto cuadrático de dosis

$B_5$  = efecto de la interacción tiempo-dosis

$E_k$  = error aleatorio de la media del k-ésimo tratamiento. Con

$E(e) = 0$  y  $E(e^2) = \frac{\sigma^2}{r}$ ;  $\sigma^2$  es la varianza teórica del error experimental y  $r$  = número de repeticiones por tratamiento.

Las dimensiones del área experimental fueron 62x60 m, dando una superficie de 3270 m<sup>2</sup>; la parcela principal tuvo 62x16 m y la parcela chica fue de 6x5 m. Debido a movimientos de maquinaria se tomó un espacio de 6 m entre cada bloque dividido y 2 m entre parcelas (Figura 9). La parcela experimental estuvo formada por siete surcos de 5 m de largo. Las evaluaciones y toma de datos se realizaron sobre una parcela útil de 4 m de largo por 3 m de ancho.

El número de parcelas por bloque o parcela principal fue de 16, correspondientes a los tratamientos originados. En total, fueron 48 parcelas las que integraron el diseño experimental.

### 3.3. Cultivo Estudiado

Se utilizó el sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench] como cultivo indi

cador por la adaptación que existe entre éste y las condiciones prevalentes en la región y por la demanda del grano por la industria pecuaria para la elaboración de alimentos balanceados. El aumento en la fertilidad de los suelos que alcance mejores logros en la productividad, ha sido uno de los compromisos de esta investigación.

El material genético LES-99R (Línea Experimental de Sorgo) empleado fue proporcionado por el Programa de Mejoramiento Genético de la misma institución, presentando un 50% de germinación en prueba de laboratorio.

### 3.4. Desarrollo Experimental

#### 3.4.1. Antecedentes del área experimental

El terreno no se sometió a estudios de ningún tipo previos a esta investigación, por ello, los factores analizados estuvieron libres de enmascararse; así, los objetivos se cumplen minimizando el error experimental.

#### 3.4.2. Preparación del terreno, aplicación e incorporación del Compost

Se dieron dos pasadas de rastra, cruzándolas para dejar el terreno bien mullido y libre de malezas; se estacó de acuerdo a las dimensiones de las parcelas y al grado de pendiente del área.

Las preparaciones de cada unidad experimental, se llevaron a cabo siguiendo el orden cronológico de los tratamientos bajo el siguiente modelo (Tabla 4).

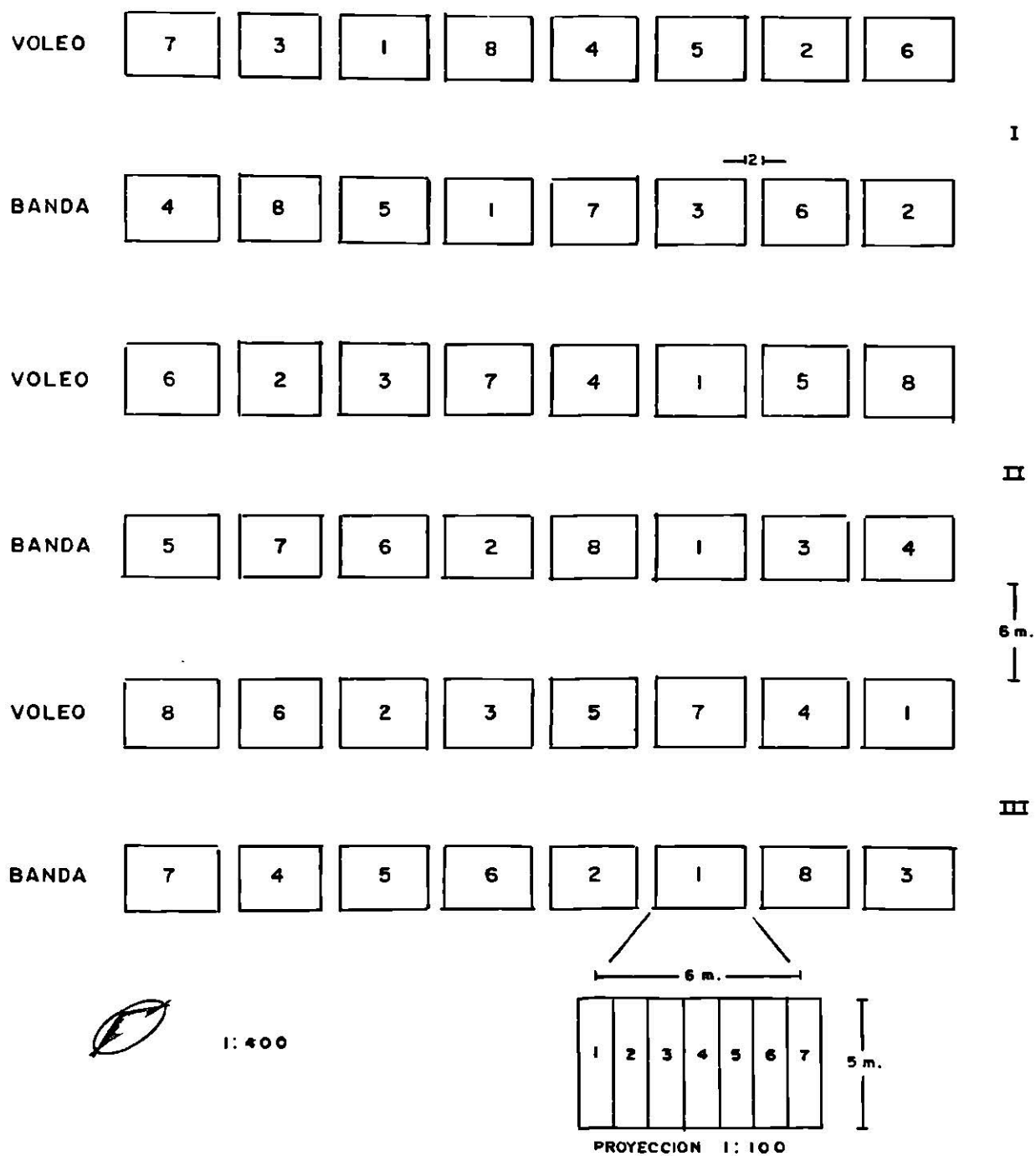


Figura 9. Distribución de tratamientos bajo arreglo de parcelas divididas en bloques al azar. Matriz experimental Plan Puebla I.

Tabla 4. Modelo explicativo de preparación de parcelas bajo orden cronológico.

Modos de Aplicación	E t a p a s		
	1	2	3
Voleo	Rastreo cruzado	Aplicación-barbecho	Surcado-siembra
Banda	Rastreo cruzado	BSAC*	Surcado-siembra

(\*) BSAC: Barbecho-Surcado-Aplicación-Contrabordeo.

1. Rastreo cruzado. Se realizó el 15 de Mayo de 1986 a una profundidad de aproximadamente 25 cm, esto fue al inicio del experimento para ambas modalidades.
2. Aplicación incorporación. Las fechas correspondientes fueron las siguientes:

- Fecha 1: 21 de Mayo de 1986
- Fecha 2: 11 de Junio de 1986
- Fecha 3: 2 de Julio de 1986
- Fecha 4: 23 de Julio de 1986

Voleo. El compost se aplicó en la superficie de las parcelas distribuyendo uniformemente e inmediatamente se incorporó al suelo con barbecho.

Banda. Se utilizó el arado de rejas para el surcado, profundizando a 25 cm aprox. formando siete surcos por parcela; el material orgánico se aplicó en el fondo del surco y se contrabordeó con el mismo implemento y con ayuda manual para una mejor incorporación.

3. Se surcaron todas las parcelas del área experimental, aún la modalidad Banda con el fin de mejor bordeo de surcos; inmediatamente se trazaron las regaderas y se procedió a sembrar.

#### 3.4.3. Siembra del sorgo

La siembra se efectuó en la costilla del surco, con la finalidad de que el compost quedara disponible totalmente al sistema radicular. La densidad de siembra estuvo en función del porcentaje de germinación del material genético.

#### 3.4.4. Manejo del cultivo

El manejo del cultivo se resume en la Tabla 5.

Tabla 5. Cronología del manejo del cultivo (Julio-Diciembre, 1986)

23 de Julio	Siembra
25 de Julio	Riego de auxilio
29, 30 de Julio	Emergencia de plántulas
8 de Agosto	Aclareo (altura 15 cm)
8 de Agosto	Aplicación de herbicida
9, 19, 20 de Agosto	Aplicación de insecticida (Sevín)
12 de Agosto	Segundo riego
24, 25 de Agosto	Aporque
3 de Septiembre	Tercer riego
26, 29 de Septiembre	Aplicación de Insecticida (Diazinón)
1 de Octubre	Cuarto riego
2, 6 de Octubre	Aplicación de Insecticida (Diazinón)
27, 28 de Octubre	Deshierbes
25 de Oct al 18 de Nov.	Control, ataque de pájaros
19 de Noviembre	Cosecha
15 al 20 de Diciembre	Trillado

### Especificaciones de agroquímicos utilizados:

Esterón 47	Quelite	1.5 lt i.a. ha <sup>-1</sup>
Sevín 80%	Pulga saltona	1.0 y 1.5 kg i.a. ha <sup>-1</sup>
Diazinón	Mosca midge	1.5 lt i.a. ha <sup>-1</sup>

#### 3.4.5. Cosecha

Se realizó manualmente cuando el grano presentó 12% de humedad aproximadamente, se cortaron las panojas dejando una longitud de inserción considerable para el posterior manejo del trillado. Las panojas cosechadas y contadas se colocaron en bolsas, identificándolas de acuerdo al número de tratamientos y modalidad.

#### 3.4.6. Muestreo de suelo

Las profundidades muestreadas fueron 0-15 y 15-30 cm. Efectuándose también de 30-60 cm exclusivamente para la determinación de MO y CE.

El procedimiento y material utilizado para la extracción estuvieron en función de las variables sometidas a evaluación. Las muestras realizadas para determinar el contenido de materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE), reacción del suelo (pH) y módulo de ruptura (MR) se llevaron a cabo una vez cosechado el grano, utilizando la barrena tipo caja. De cada muestra extraída, se colectaron aproximadamente 2 kg con el fin de que pudiese abastecerse para dichas determinaciones.

Por otra parte, se llevó a cabo un muestreo para evaluar el comportamiento de densidad aparente y humedad del suelo, este muestreo se realizó antes de la cosecha, utilizando la barrena de cilindro llamada también "Huland",



### 3.5. Registro de Información

#### 3.5.1. Variables del cultivo

##### Altura de planta

Se tomaron dos lecturas: altura de planta al estado de grano masoso (AM) y altura de planta a cosecha (AC). Para ambos casos se midieron 15 plantas tomadas aleatoriamente de la parcela útil; la altura se registró desde la base del tallo a la punta de la panoja. Posteriormente, se obtuvo la altura representativa al promediar en metros cada caso.

##### Número de plantas (NP) (Covariable)

Esta determinación se realizó sobre la parcela útil con el fin de evaluar algunas variables mediante covarianza. Las variables dependientes son: materia verde (MV) a partir del peso de una muestra de cinco plantas de la parcela útil; materia verde (MVT) a partir del peso de todas las plantas de la parcela útil y, materia seca (MS) a partir del peso de las cinco plantas muestreadas.

##### Número de panojas cosechadas (PC) (Covariable)

El conteo se realizó sobre la parcela útil; al igual que NP, el número de panojas toma el carácter de covariable por la gran variabilidad dentro de bloques y parcelas ocasionada por el manejo. La variable dependiente fue rendimiento de grano (RG). Las panojas se colocaron en bolsas enumerándolas para su control de acuerdo al diseño.

##### Rendimiento de grano (RG)

Se pesó el grano proveniente de las panojas cosechadas de la parcela útil, haciendo la conversión en función de la superficie cosechada, los

datos se expresaron en toneladas por hectárea. Para realizar su análisis estadístico, se realizó un análisis de varianza y covarianza, para éste último se tomó como covariable el número de panojas cosechadas por parcela útil.

#### Materia Verde (MV)

Una vez hecho el conteo de plantas de la parcela útil y cosechadas las panojas, se cortaron cinco plantas desde su base tomadas al azar y se pesaron enseguida. Se obtuvieron los datos en ton/ha.

#### Materia verde (MVT)

Se cortaron todas las plantas de la parcela útil después de cosechadas las panojas. Se pesaron inmediatamente y los datos obtenidos se codificaron en ton/ha.

#### Materia Seca (MS)

De la misma muestra tomada de la parcela útil para evaluar materia verde, se procedió a meter dichas plantas al cuarto de secado por 48 horas; una vez secadas se pesaron y los datos se expresaron en ton/ha para su codificación. Para su interpretación en el análisis estadístico se realizó covarianza, tomando como variable independiente el número de plantas por parcela útil.

### 3.5.2. Variables del suelo

#### Densidad aparente (DA)

Se tomaron lecturas a dos profundidades: 0-15 cm ( $DA_1$ ) y 15-30 cm ( $DA_2$ ). Para extraer las muestras se utilizó la barrena de cilindro, cuyo volumen es conocido, el suelo se colocó en frascos y se cerraron hermé

ticamente, se pesó el frasco con suelo y mediante diferencia, se obtuvo el peso del suelo. De esta manera se determinó la densidad aparente expresada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso del suelo}}{\text{Volumen del cilindro}} = \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

#### Humedad del suelo (HS)

Las muestras obtenidas para determinar la DA, se ocuparon para evaluar esta variable a 0-15 cm (DA<sub>1</sub>) y 15-30 cm (DA<sub>2</sub>). Conocido el peso del frasco y suelo húmedo, se destaparon y llevaron al cuarto de secado permaneciendo por 48 horas. Una vez seco el suelo, se pesó nuevamente el frasco y suelo, obteniéndose por diferencia el peso del suelo húmedo y seco. Para conocer el porcentaje de humedad del suelo, se recurrió a la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad del suelo} = \frac{\text{PSH} - \text{PSS}}{\text{PSS}} \times 100$$

Donde

PSH = peso del suelo húmedo

PSS = peso del suelo seco

#### Materia orgánica (MO)

Se determinaron dos fechas de muestreo; a los 90 días después de la siembra a profundidades de 0-15 cm (1MO<sub>1</sub>) y 15-30 cm (1MO<sub>2</sub>). La segunda fecha fue posterior a la cosecha a tres profundidades: 0-15 cm (2MO<sub>1</sub>), 15-30 cm (2MO<sub>2</sub>) y 30-60 cm (2MO<sub>3</sub>). Para la extracción, se utilizó una barrena de caja, el suelo secado y tamizado se analizó siguiendo el método de Wackley y Black.

### Conductividad eléctrica (CE)

La fecha de muestreo para evaluar el contenido de sales se realizó posterior a la cosecha. Las profundidades muestreadas corresponden a 0-15 cm ( $CE_1$ ), 15-30 cm ( $CE_2$ ) y 30-60 cm ( $CE_3$ ). Para el análisis químico se recurrió al método del puente de Wheatstone, obteniendo los datos en mmhos/cm.

### Reacción del suelo (pH)

Se determinó el pH a profundidad de 0-15 cm ( $pH_1$ ) y 15-30 cm ( $pH_2$ ). Las muestras analizadas corresponden a la última fecha, es decir, al final del ciclo.

### Módulo de ruptura (MR)

Para la determinación de esta variable se recurrió al uso del aparato medidor del módulo de ruptura, su descripción y funcionamiento se detallan en materiales y aparatos utilizados.

El suelo analizado para MR fue tomado a profundidades de 0-15 cm ( $MR_1$ ) y 15-30 cm ( $MR_2$ ). El procedimiento consistió en utilizar una plataforma compuesta de tiras de madera y protegida por una tela mosquitera, formando 98 pequeños moldes, cuyas dimensiones son: 7 x 3.5 cm y 1.2 cm de grosor. Los moldes se llenaron de suelo tamizado, representando cinco de ellos una muestra de una determinada profundidad.

La plataforma se colocó sobre una base de lámina y entre ellas se acomodaron tiras de papel secante, se inclinó la plataforma y se agregó agua lentamente por cada lado para que las muestras se humedecieran por transporo. Dichas muestras ya humedecidas se expusieron al sol por tiempo de 48 horas o más para adquirir la consistencia de un bloque o ladrillo.

llo; se utilizó la estufa para asegurar dicha dureza a temperatura de 140°C por 30 minutos. Una vez formado el bloque, éste se acomodó en el aparato medidor y al añadir peso gradualmente a la balanza fue quebrado a la mitad por la navaja que va integrada en la parte superior del marco de madera (Figura 10).

#### Dureza de costra del suelo (DC)

Esta evaluación se realizó al final del ciclo, utilizándose el penetrómetro de cono, modelo CN-970; se registraron 15 lecturas por parcela útil. La toma de muestras se hizo presionando la perilla del penetrómetro para que la punta del cono rompiera la costra, registrándose el valor de la presión en la carátula indicadora en lb/pulg<sup>2</sup>.

Para efecto del análisis de varianza, los datos obtenidos se transformaron a bares mediante la ecuación de regresión ya establecida:

$$\bar{Y} = -0.3077412 + 0.0221684 X$$

Donde:

X = lectura de la carátula en lb/pulg<sup>2</sup>

$\bar{Y}$  = bares

### 3.6. Materiales y Aparatos

#### Aparato medidor de módulo de ruptura

Consiste en una plataforma de madera sobre la cual se integra un marco del mismo material, ubicado en uno de sus lados. Para su uso, se coloca una balanza granataria de modo que su plato quede justo debajo del travesaño, éste tiene un tornillo que va roscado libremente a una

tuerca incrustada, la cual permite un movimiento vertical ajustable. El tornillo tiene una navaja cortapluma soldada y rígida, tal que para su efecto no se doble o desvíe al presionar el bloque de suelo. La navaja quiebra los pequeños ladrillos que simulan la costra del suelo.

Existe una pequeña base de madera que tiene incrustadas paralelamente dos plaquitas metálicas cuya función es sostener el ladrillo y, va colocada sobre el plato de la balanza.

El procedimiento principiã una vez que la navaja está rozando el bloque o ladrillo en su superficie; al agregar peso a la balanza, el plato eleva al ladrillo, el cual al no soportar un determinado peso aplicado, es quebrado en la parte media por la navaja que gradualmente ejerce presión (Figura 10).

Penetrómetro de cono tipo militar (Modelo CN-970)

Es un instrumento que se usa para medir la dureza de costra del suelo, así como el grado de compactación. El penetrómetro de cono consta de las siguientes partes: perilla de apoyo, varilla de penetración, cono que va en la parte inferior de la varilla de penetración, anillo indicador, el cual se deflexiona según la dureza de la costra y, la carátula indicadora que registra la deflexión sufrida por el anillo indicador. El cono es el que rompe la costra del suelo.

Barrenas de densidad aparente (Huland) y de caja

La barrena "Huland" consta de un cilindro-caja de metal grueso de 10 cm de largo; por un extremo se enrosca una tapa del mismo material, en la cual se acopla un tubo para su manejo en el momento de la toma de muestra de suelo. En el interior de dicho cilindro-caja van ajustados un

cilindro de 6.1 cm de largo con un diámetro de 5.7 cm y dos anillos colocados a uno y otro extremo del cilindro interno que sirven de soporte y apoyo; conocido el volumen de dicho cilindro, se pesa el suelo extraído y las dimensiones se expresan en  $\text{g/cm}^3$ .

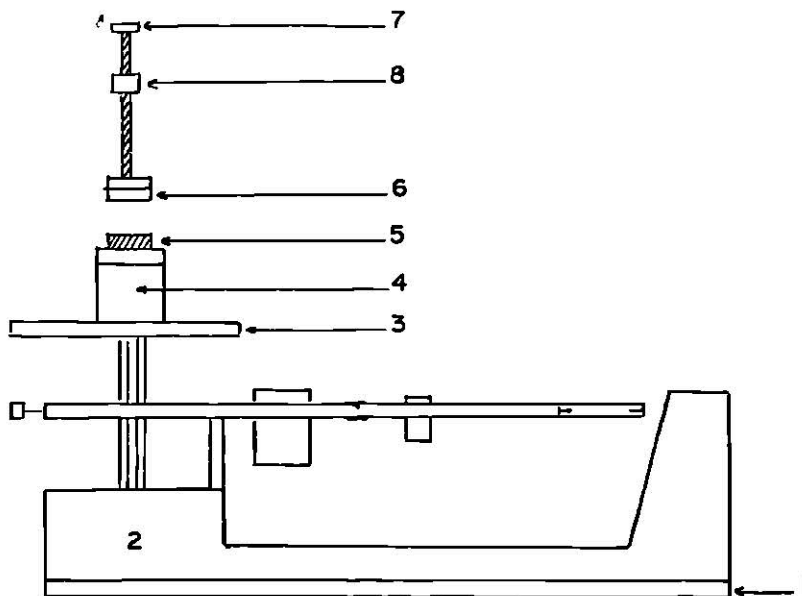
La barrena de caja es de mayor uso y de mejor comodidad, es larga, con un cilindro (caja) de 20 cm de largo, teniendo dos prolongaciones que sirven como cuchillas, socavando el suelo al aplicar una fuerza con movimiento giratorio.

#### Moldes para elaboración de bloques de suelo

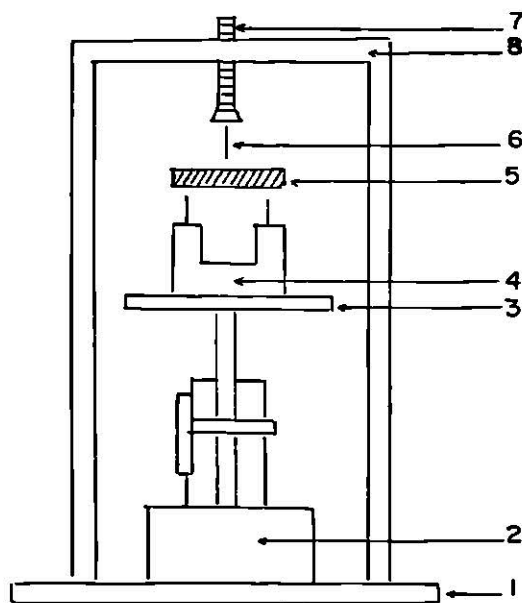
Se utilizó una reja formada con tiras de madera de 1 cm de grosor. Las tiras cruzadas forman un total de 98 pequeños moldes. Bajo esta reja se encuentra una malla mosquitera que sirve de piso permeable, a través del cual se humedecen las muestras colocadas en los moldes para formar los pequeños ladrillos de suelo.

#### Otros materiales y aparatos

Se utilizaron para este estudio: tractor, arado de discos y rejas, rastra, bordeador, balanzas, potenciómetro, puente de Wheatstone (aparato medidor de la CE), y herramientas como: azadones, palas, cinta métrica, estacas de madera, bolsas de polietileno y frascos de vidrio.



1. Base de madera
2. Báscula granataria
3. Plato de la báscula
4. Soporte de madera
5. Briqueta o ladrillo
6. Navaja
7. Tornillo ajustable
8. Travesaño



Escala 1:4 cm

Figura 10. Vista lateral y anterior del aparato ideado para hacer las determinaciones del módulo de ruptura.



### 3.7. Análisis Estadístico

La obtención e interpretación de resultados del presente experimento se llevó a cabo mediante un análisis estadístico. El programa de cómputo utilizado para evaluar las variables registradas fue SPSS (Statistical Package for Social Science), implementado en el Centro de Informática de la FAUANL.

La secuencia del análisis estadístico consistió en: Análisis de Varianza de las variables evaluadas; Comparación de Medias de las variables que resultaron significativas, empleando el Método Duncan; Análisis de Correlación de las variables estudiadas; Estimación de Tratamientos no involucrados mediante un Análisis de Regresión para aquellas variables que tuvieron efectos significativos ( $P \leq .05$ ) y, falta de ajuste para las mismas.

El análisis estadístico mencionado, se realizó considerando el diseño de parcelas divididas, es decir, tomando en cuenta la interacción de modalidades con tratamientos. Asimismo, se analizaron los tratamientos para la modalidad Voleo y para aplicación en Banda, participando todas las variables bajo estudio.

Para aquellos efectos que resultaron significativos ( $P \leq .05$ ) se realizó una Comparación de Medias considerando las pruebas de rango múltiple, para ello se empleó el Método Duncan.

$$\text{Duncan} = \bar{S}_y (q)$$

Donde:

$$S_y = \sqrt{\frac{C M E}{r}}$$

C.M.E. = Cuadrado Medio del Error

$r$  = Número de medias que intervienen para obtener cada promedio

$q$  = (.05,  $p$ ,  $gle$ )

$p$  = Número de medias en el rango de la comparación

$gle$  = Grados de libertad del error (correspondiente).

Mediante el Análisis de Regresión realizado a través del modelo propuesto, se obtuvieron las Betas ( $B$ ) correspondientes a las componentes de los tratamientos, cuya función es la determinación de tratamientos con valores estimativos. Las siguientes Betas señalan el componente correspondiente de acuerdo al Modelo de Regresión.

$B_1$  = Tiempo ( $T$ )

$B_2$  = Dosis ( $D$ )

$B_3$  = Tiempo<sup>2</sup> ( $T^2$ )

$B_4$  = Dosis<sup>2</sup> ( $D^2$ )

$B_5$  = Interacción Tiempo-Dosis ( $TD$ )

Sustituyendo los valores de Betas en el Modelo de Regresión y, los respectivos niveles de los factores Tiempo y Dosis, se obtuvieron las  $Y$  estimadas ( $\hat{Y}$ ); estos nuevos valores que representan el dato estimado de un determinado tratamiento para una variable, se graficaron en un plano tridimensional. De estas gráficas se explica el comportamiento de los 16 tratamientos.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Efectos del factor modos de aplicación sobre Materia Orgánica ( $2MO_1$ ) y Módulo de Ruptura ( $MR_1$ ).

Materia orgánica 0-15 cm. Segunda fecha ( $2MO_1$ )

El análisis de varianza mostró una diferencia significativa del factor modos de aplicación para esta variable ( $P \leq .05$ ) (Tabla 5). La modalidad de BANDA resultó con un 10% mayor de MO en relación a VOLEO ( $P \leq .05$ ) (Tabla 7), lo cual se debe probablemente al efecto de la disposición, es decir, el compost permanece al final del ciclo debido a la menor superficie ocupada cuando se depositó en el suelo; las pérdidas por efecto del agua a capas interiores son mínimas en comparación con un mismo volumen del material orgánico distribuido al Voleo.

Módulo de Ruptura 0-15 cm ( $MR_1$ )

El análisis estadístico detectó diferencia altamente significativa del factor modos de aplicación para esta variable ( $P \leq .01$ ) (Tabla 6). La diferencia de medias por el método Duncan ( $P \leq .05$ ) comprobó la significancia de las modalidades, indicando  $1.03 \text{ kg/cm}^2$  el valor de resistencia del suelo adquirido por la aplicación BANDA (Tabla 8); mientras que en VOLEO se encontró un valor de  $1.54 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual confiere al suelo una mayor resistencia que influye en algunas propiedades del mismo, así como en la emergencia

Tabla 6. Resumen de Análisis de Varianza para las variables estudiadas considerando la interacción Modalidad (M) y Tratamiento (T).

Var.	Factor	SC	CME	F	Sig	X Gral.	C.V.
AM	M	0.073	0.017	4.294	NS	1.16	11.24
	T	0.058	0.009	0.836	NS		8.18
	MT	0.008		1.358	NS		
AC	M	0.062	0.022	2.818	NS	1.20	12.36
	T	0.047	0.009	0.814	NS		7.90
	MT	0.089		1.512	NS		
RG	M	0.077	0.592	0.130	NS	3.14	24.50
	T	1.272	0.166	1.094	NS		12.97
	MT	1.412		1.214	NS		.
MV	M	135.905	30.669	4.431	NS	21.48	21.48
	T	123.796	28.419	0.622	NS		20.68
	MT	218.010		1.096	NS		.
MVT	M	2.572	4.651	0.553	NS	18.22	9.86
	T	26.579	6.072	0.625	NS		11.27
	MT	34.695		0.816	NS		.
MS	M	0.013	1.734	0.007	NS	10.92	10.05
	T	8.026	1.254	0.915	NS		8.55
	MT	7.883		0.898	NS		.
HS <sub>1</sub>	M	7.381	14.569	0.507	NS	16.21	23.55
	T	11.202	2.035	0.786	NS		8.80
	MT	5.196		0.365	NS		.
HS <sub>2</sub>	M	3.481	26.217	0.133	NS	18.88	27.12
	T	40.763	7.176	0.811	NS		14.19
	MT	43.838		0.873	NS		.
DA <sub>1</sub>	M	0.029	0.002	14.500	NS	1.22	3.66
	T	0.015	0.0043	0.463	NS		5.37
	MT	0.012		0.463	NS		.
DA <sub>2</sub>	M	0.002	0.001	1.000	NS	1.23	2.57
	T	0.042	0.004	1.344	NS		5.14
	MT	0.019		0.672	NS		.
1MO <sub>1</sub>	M	0.158	0.037	4.270	NS	2.75	6.99
	T	0.339	0.082	0.587	NS		10.41
	MT	0.766		1.333	NS		.
1MO <sub>2</sub>	M	0.028	0.181	0.155	NS	2.58	16.49
	T	0.414	0.108	0.545	NS		12.73
	MT	0.809		1.071	NS		.

Continúa. -

Continúa Tabla 6.

Var.	Factor	SC	CME	F	Sig	X <sup>2</sup> Gra1.	C.V.
2MO <sub>1</sub>	M	0.648	0.031	20.903	*	2.49	7.07
	T	0.112	0.159	0.997	NS		16.01
	MT	0.215		0.194	NS		
2MO <sub>2</sub>	M	0.024	0.139	0.173	NS	2.44	15.28
	T	0.769	0.219	0.635	NS		19.18
	MT	1.042		0.681	NS		
2MO <sub>3</sub>	M	0.091	0.601	0.151	NS	1.78	43.65
	T	1.812	0.186	1.393	NS		24.23
	MT	1.249		0.957			
CE <sub>1</sub>	M	0.017	0.034	0.500	NS	0.83	22.21
	T	0.382	0.058	0.939	NS		29.01
	MT	0.304		0.734	NS		
CE <sub>2</sub>	M	0.000	0.013	0.000	NS	0.97	11.75
	T	0.450	0.159	0.401	NS		41.10
	MT	0.692		0.621	NS		
CE <sub>3</sub>	M	0.020	0.630	0.032	NS	1.13	70.24
	T	1.048	0.302	0.497	NS		48.63
	MT	3.082		1.459	NS		
pH <sub>1</sub>	M	0.037	0.003	12.330	NS	8.00	00.68
	T	0.049	0.012	0.594	NS		1.37
	MT	0.042		0.509	NS		
pH <sub>2</sub>	M	0.015	0.003	5.000	NS	8.02	00.68
	T	0.069	0.007	1.320	NS		1.04
	MT	0.078		1.453	NS		
MR <sub>1</sub>	M	3.114	0.019	163.890	**	1.28	10.77
	T	1.308	0.151	0.646	NS		30.36
	MT	0.683		0.646	NS		
MR <sub>2</sub>	M	1.581	0.318	4.972	NS	2.04	27.64
	T	2.378	0.733	0.463	NS		41.97
	MT	4.349		0.846	NS		
DC	M	0.280	0.562	0.498	NS	0.92	81.48
	T	0.701	0.080	1.248	NS		30.74
	MT	0.953		1.697	NS		

G.L.			
M	Error (a)	T	Error (b)
1	2	7	28

NP y PC : Registradas como Covaria  
bles

RG : Variable obtenida por Co  
varianza con PC

MV, MVT y MS: Variables obtenidas por  
Covarianza con NP.

Tabla 7. Prueba de comparación de medias para la variable Materia Orgánica 0-15 cm ( $2MO_1$ ). Efecto de Modalidades BANDA-VOLEO. Método Duncan ( $P \leq 0.05$ )<sup>1</sup>.

Modalidad	Medias (%)
Banda	2.61 A
Voleo	2.38 B

Tabla 8. Prueba de comparación de medias para la variable Módulo de Ruptura 0-15 cm ( $MR_1$ ). Efecto de Modalidades BANDA-VOLEO. Método Duncan ( $P \leq 0.01$ )<sup>1</sup>.

Modalidad	Media (kg/cm <sup>2</sup> )
Banda	1.54 A
Voleo	1.03 B

del cultivo. Puede deducirse que el mejor resultado obedece al mayor contenido de Materia Orgánica, lo cual tiende a reducir la agregación de partículas, dando al suelo una mejor estabilidad estructural.

#### 4.2. Efecto de Tratamientos sobre Dureza de costra del suelo (DC). Modalidad VOLEO.

La dureza de costra del suelo (DC) resultó ser la única variable estadísticamente significativa al encontrar efecto de tratamientos ( $P \leq .05$ ) (Tabla 9). La prueba de Duncan detecta que los valores más bajos registrados son 0.63; 0.76; 0.91 y 0.92 Bares, correspondientes a los tratamientos 8, 7, 4 y 5 respectivamente (Tabla 10), siendo éstos los que presentaron efectos de menor resistencia al suelo. Así, se comprobó la existencia de tratamientos diferentes estadísticamente, siendo los siguientes: el 2 (1.42) con el 5 (0.92); 4 (0.91); 7 (0.76) y 8 (0.63); y el 3 (1.23) con el 8 (0.63). Analizando la figura 11 se puede observar la tendencia del efecto de tratamientos, presentando mayor resistencia cuando el compost es aplicado a fechas cercanas a la siembra con dosis más bajas y conforme aumenta el intervalo de días entre la aplicación y la siembra con dosis más altas, el efecto de dichos tratamientos (6, 7 y 8) hace disminuir la resistencia del suelo. Lo anterior explica una mejor emergencia de plántulas y mejor establecimiento del cultivo. Sin embargo, en la misma figura puede contemplarse que a los 40 días de

incorporado el compost, el suelo adquiere menor resistencia al aplicar dosis mínimas y la dureza se manifiesta a niveles cercanos a 18 ton/ha, bajando nuevamente al incrementar las dosis (18 y 27 ton/ha). En esta curva debe percatarse que los valores más altos de dureza de costra toman un valor de 1.0 Bares, mientras que los tratamientos que presentan mayor resistencia fuera de la curva son del orden de 1.5 Bares o mayores, por lo que dicha curva no es significativa entre las diferentes dosis para esa fecha de incorporación (40 días).

El análisis de Regresión para esta variable fue significativa ( $P \leq .05$ ) (Tabla 11); sin embargo, el modelo cuadrático propuesto adquiere una  $R^2$  de 39.41% (0.39413) indicando un bajo valor para fundamentar el ajuste del modelo de regresión.

Se encontró mediante el mismo procedimiento de Regresión que la interacción Tiempo-Dosis y, efecto Lineal de Dosis ( $R^2 = 24.06$  y  $25.69\%$  respectivamente) son las que contribuyeron en forma notable a explicar la variación debida a la regresión (Tabla 11). Para esta modalidad no existió correlación significativa de DC con alguna otra variable.

El análisis de Falta de Ajuste para esta variable resultó no significativa, mientras que la Regresión si lo fue (Tabla 11); lo anterior nos indica que el modelo de regresión propuesto es el adecuado para explicar la varia-



Tabla 9. Resumen de análisis de varianza para las variables estudiadas.  
Tratamientos en Modalidad VOLEO.

Var.	SCT	CME	F	Sig	X Gral.	C.V.
AM	0.102	0.008	1.750	NS	1.20	7.45
AC	0.099	0.0099	1.659	NS	1.23	7.71
RG	1.446	0.753	1.327	NS	3.29	26.37
MV	146.906	19.358	1.084	NS	22.88	16.02
MVT	47.640	0.156	1.613	NS	18.41	1.78
MS	11.094	1.128	1.406	NS	11.56	7.65
HS <sub>1</sub>	8.349	2.517	0.474	NS	16.71	9.49
HS <sub>2</sub>	70.964	13.405	0.756	NS	19.35	18.92
DA <sub>1</sub>	0.018	0.005	0.552	NS	1.24	5.70
DA <sub>2</sub>	0.019	0.007	0.389	NS	1.22	6.85
1MO <sub>1</sub>	0.533	0.104	0.735	NS	2.69	11.99
1MO <sub>2</sub>	0.474	0.061	1.112	NS	2.60	9.50
2MO <sub>1</sub>	1.033	0.142	1.037	NS	2.38	15.83
2MO <sub>2</sub>	0.527	0.195	0.386	NS	2.41	18.32
2MO <sub>3</sub>	2.331	0.177	1.879	NS	1.82	23.11
CE <sub>1</sub>	0.322	0.099	0.468	NS	0.81	38.84
CE <sub>2</sub>	0.537	0.150	0.510	NS	0.98	39.52
CE <sub>3</sub>	2.720	0.303	1.284	NS	1.11	49.59
pH <sub>1</sub>	0.022	0.005	0.690	NS	8.03	00.88
pH <sub>2</sub>	0.106	0.008	1.844	NS	8.04	1.11
MR <sub>1</sub>	0.204	0.181	0.161	NS	1.54	27.63
MR <sub>2</sub>	5.073	0.924	0.784	NS	2.22	43.30
DC	1.357	0.064	3.050	*	1.00	25.30

G.L. Trat. = 7

G.L. Error = 9

Tabla 10. Prueba de diferencia de medias por el método Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para Dureza de Costra del Suelo (DC) Modalidad VOLEO.

Tratamientos	Medias	(Bares)
2	1.42	A
3	1.23	A B
6	1.11	A B C
1	1.02	A B C
5	0.92	B C
4	0.91	B C
7	0.76	B C
8	0.63	C

Tabla 11. Análisis de Regresión y falta de ajuste para la variable Dureza de Costra (DC). Modalidad VOLEO.

	SC	CM	F	Sig	R <sup>2</sup>
TD	0.80134	0.80134	6.972	*	0.24066
D	0.85566	0.42783	3.631	*	0.25697
T <sup>2</sup>	1.17639	0.39213	3.642	*	0.35329
D <sup>2</sup>	1.31237	0.32809	3.090	*	0.39413
T	1.31564	0.26313	2.351	NS	0.39511
Reg	1.31564	0.26313	4.11	*	
F.A.	0.04136	0.02068	0.323	NS	

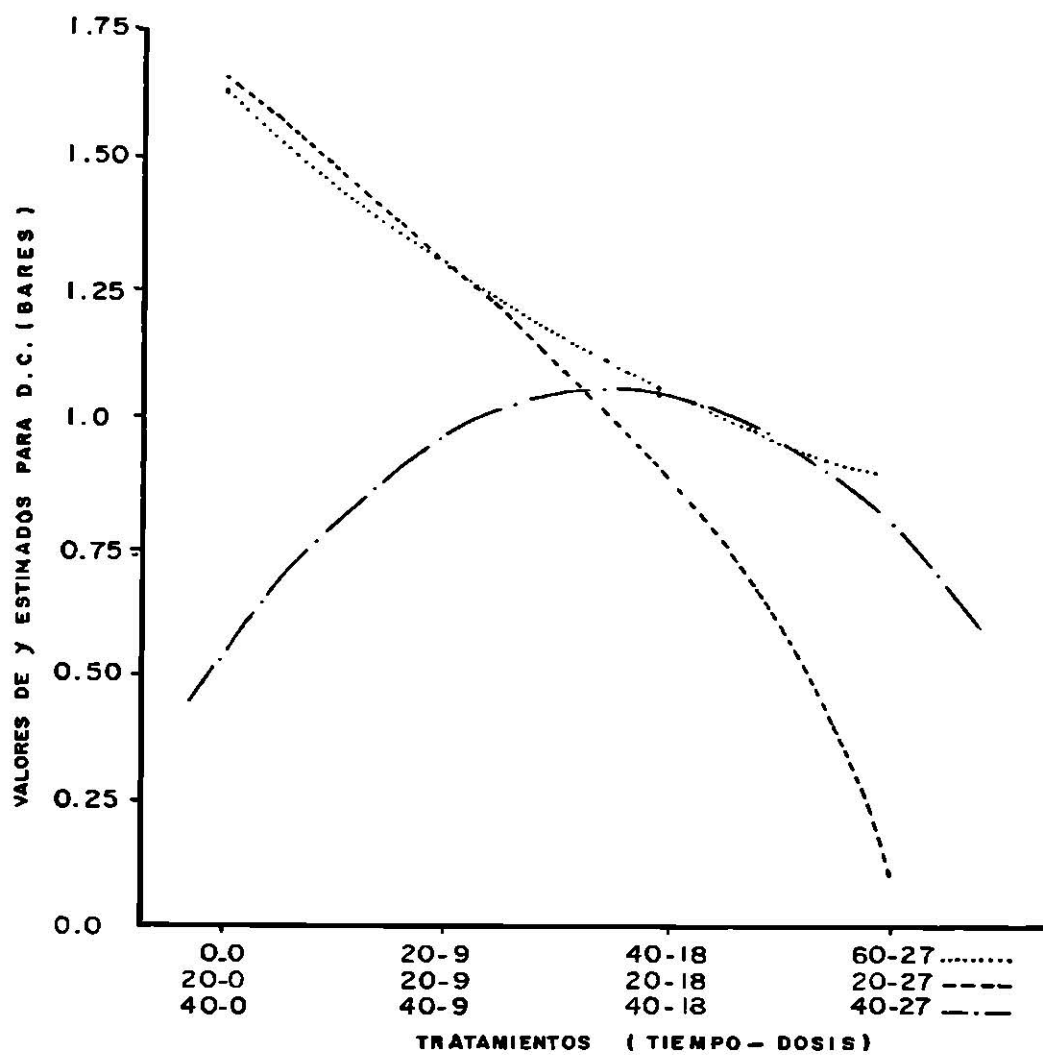


Figura 11. Efecto de tratamientos sobre la dureza de costra del suelo.  
Aplicación VOLEO.

Tabla 12. Modelos de Regresión ajustados para variables correlacionadas.  
Modalidad VOLEO.

Variables	Modelos de Regresión	R <sup>2</sup>
1MO <sub>2</sub> - MVT	Y = 3.546321 - 0.04277293 X	0.30039
HS <sub>2</sub> - pH <sub>2</sub>	Y = 115.128000 - 1.482500 X <sup>2</sup>	0.44612
AP - CE <sub>3</sub>	Y = 1.267802 - 0.046207 X <sup>2</sup>	0.32600
2MO <sub>1</sub> - pH <sub>1</sub>	Y = 52.904650 - 24.254880 Log X	0.23476
2MO <sub>2</sub> - pH <sub>2</sub>	Y = 48.93042 - 22.32119 Log X	0.37816
CE <sub>2</sub> - DA <sub>1</sub>	Y = 2.231910 - 5.160720 Log X	0.24973

ción significativa por efecto de tratamientos.

#### 4.3. Efecto de tratamientos sobre Materia Seca (MS), Densidad Aparente (DA) y Conductividad Eléctrica (CE).

Modalidad BANDA

##### Materia Seca (MS)

Analizando la Tabla 20 del Apéndice, se puede distinguir diferencias marcadas entre los valores resultantes para esta variable en sus dos modalidades. Así, en aplicación Voleo, adquirió un promedio de 11.56 ton/ha, mientras que aplicado en Banda produjo 10.27 ton/ha, lo que constituye una diferencia de 1.29 ton/ha que en un momento dado puede ser significativo cuando el objetivo de producción es forrajero. Dicho resultado para Voleo, se presume tanto por los efectos dados como por la facilidad de aplicación del compost, lo que hace disminuir los costos de producción.

En la Tabla 13, se observa la significancia estadística que se encontró para la variable Materia Seca en la modalidad Banda. La prueba de Duncan ( $P \leq .05$ ) comprobó para este tipo de aplicación en dicha variable, que el tratamiento 6 (11.99 ton/ha) difiere estadísticamente de los tratamientos 5 (10.69 ton/ha), 1 (10.51 ton/ha), 4 (10.43 ton/ha) y 8 (9.77 ton/ha); el tratamiento 7 (11.67 ton/ha) difiere de los tratamientos 4 y 8; y el tratamiento 2 (11.26 ton/ha) se diferencia significativamente del tratamiento 8 (Tabla 14).

Para observar la tendencia que siguen todos los tratamientos, se realizó un análisis de regresión y se graficaron los valores estimados para determinar los mejores tratamientos (Figura 12). En ésta, se cuantifican los mejores resultados correspondientes a aplicaciones de 18 y 27 ton/ha a los 40 y 60 días antes de la siembra; discutiendo estos efectos se presume que el proceso de mineralización ocurrido entre dichos intervalos ha sido satisfactorio para que los elementos nutrientes queden disponibles para la planta; así también las dosis más altas colaboran eficientemente a la producción de Materia Seca. Haciendo énfasis con las mismas dosis (18 y 27 ton/ha), pero incorporadas al momento de la siembra o 20 días antes, se observa que la producción disminuye, lo que hace reafirmar que el proceso de descomposición de dicho material actúa a largo plazo.

Incorporaciones a 40 y 60 días antes de la siembra, puede notarse un descenso en la producción de MS a medida que disminuye la dosis; sin embargo, aplicaciones en el momento de la siembra se invierte dicha tendencia, es decir, incorporar el compost próximo a la fecha de siembra, disminuye el rendimiento de MS al aumentar la dósis del compost; de ello se infiere que a medida que aumentan las dosis, existe un mayor contenido de sales y que esto interfiere de alguna manera con la nutrición del cultivo o bien, directamente a través de los efectos ocasionados en las propiedades físicas del suelo.

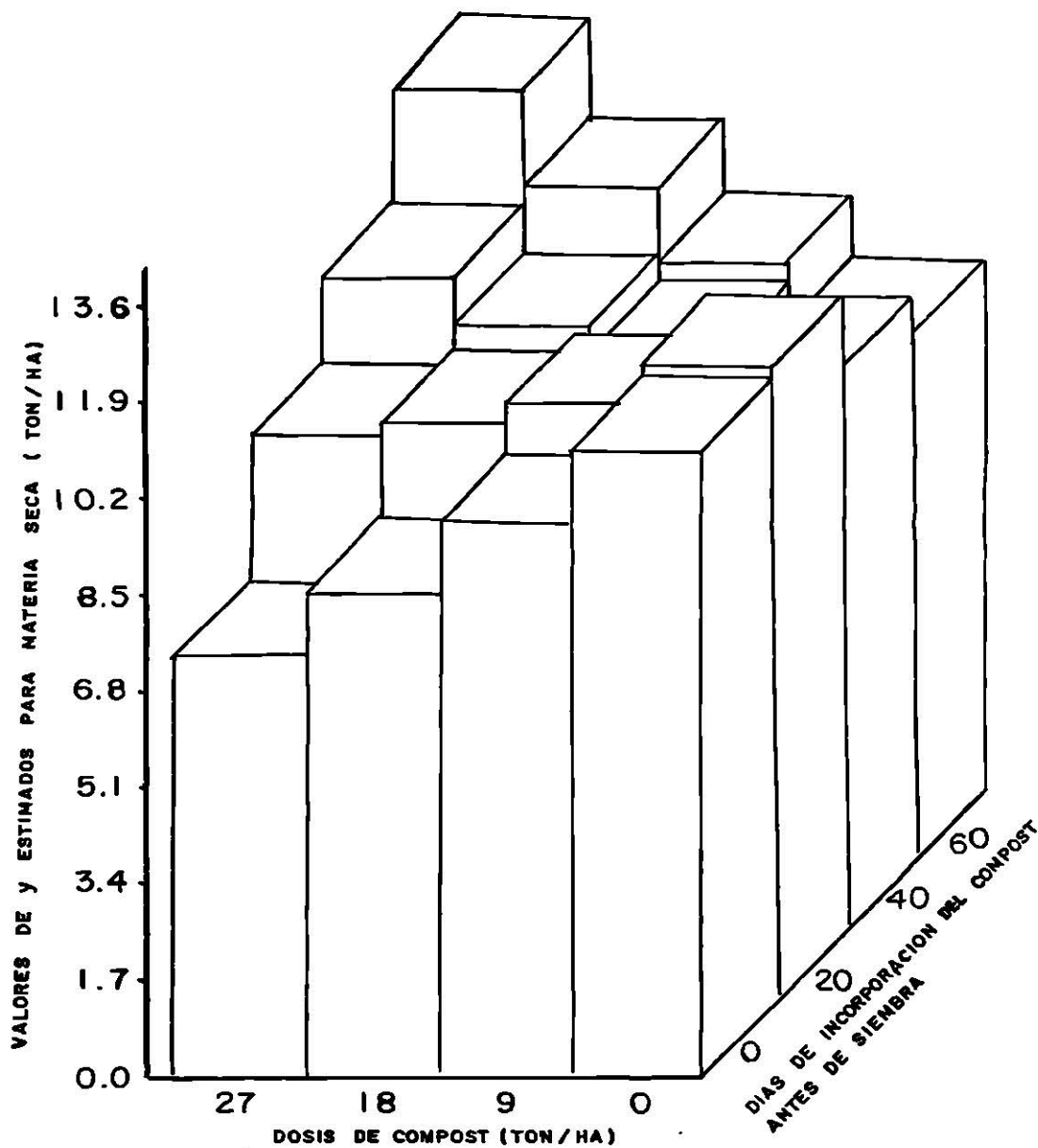


Figura 12. Efecto de Tratamientos (Tiempo-Dosis) sobre Materia Seca aplicación BANDA.

El análisis de Regresión Múltiple para esta variable no fue significativo, así también, la  $R^2$  registró un 11.04% (0.11037) que resultó ser muy bajo para explicar que el modelo de regresión utilizado sea el adecuado. La prueba de Falta de Ajuste (FA) resultó significativa por lo que el modelo no se ajusta a la distribución de los datos registrados (Tabla 16).

Dicha variable presentó una correlación de 84.73% con Materia Verde (MV) (Tabla 25) y, mediante el análisis de Regresión Lineal para esta correlación se encontró una  $R^2$  de 75.85% (0.75851) para el modelo logarítmico (Tabla 16).

#### Densidad Aparente 15-30 cm ( $DA_2$ )

Los efectos de tratamientos sobre la DA a 15-30 cm de profundidad resultaron significativos (Tabla 13). La prueba de comparación de medias por el método Duncan ( $P = .05$ ) para esta variable resume que los tratamientos de interés agronómico son los correspondientes a: 4, 5, 7, 6, y 8 que presentan valores de 1.23; 1.23; 1.23; 1.20 y 1.17  $g/cm^3$  respectivamente. Las diferencias estadísticas entre tratamientos son: el 1 (9 ton de compost al momento de la siembra) con el 4 (18 ton a 20 días antes de siembra), 5 (9 ton a 40 días), 6 (18 ton a 40 días), 7 (27 ton a 40 días) y 8 (18 ton a 60 días); el tratamiento 3 (9 ton a 20 días) con el 8 (Tabla 14).

La información anterior se amplía por medio del análisis de regresión múltiple que determina el comportamiento



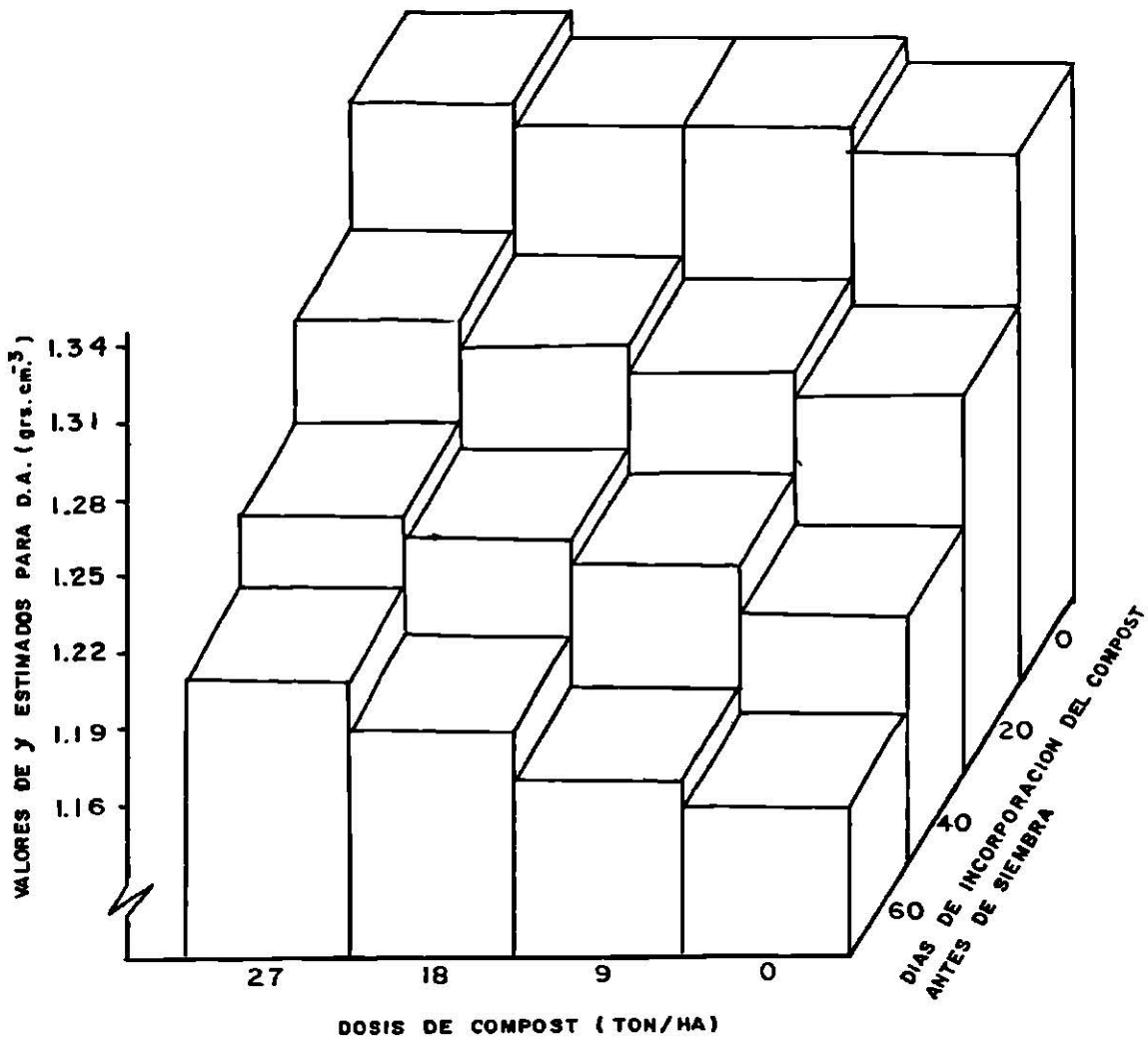


Figura 13. Efecto de tratamientos (Tiempo-Dosis) sobre Densidad Aparente 15-30 cm. Aplicación BANDA.

de los 16 tratamientos (Figura 13). Así, los tratamientos que originaron bajo peso por unidad de volumen son los correspondientes a incorporaciones de 40 y 60 días antes de la siembra. Dicha figura explica que a medida que se amplía el intervalo de días entre la incorporación y la siembra, la Densidad Aparente tiende a disminuir; en cuanto a las dosis se esperaba un resultado óptimo al incrementarlas y obtener una Densidad Aparente baja; sin embargo, esta tendencia resultó ser invertida; aunque cabe mencionar que la colaboración de las cantidades de compost (0, 9, 18 y 27 ton/ha) para dar esa diferencia no son muy grandes.

En general, los tratamientos mostraron una tendencia esperada y una alta significancia para los efectos lineal de tiempo (T) y cuadrático de tiempo ( $T^2$ ) y dosis ( $D^2$ ); la regresión presentó una  $R^2$  de 43.71% (0.43710) (Tabla 17). La falta de ajuste para Densidad Aparente resultó no significativa (Tabla 17), por lo tanto, se explica que el modelo cuadrático propuesto se ajusta a la distribución de los datos registrados en el experimento. Esta variable no presentó correlación significativa con alguna otra (Tabla 25).

#### Conductividad Eléctrica 0-15 cm ( $CE_1$ )

La Figura 14 extraída de los valores observados muestran cierta uniformidad en cuanto a las diferentes dosis evaluadas, tomando unidades de 0.70 a 0.80 mmhos/cm cuando se incorporó el material a 20 días antes de la siembra y elevándose ligeramente el contenido de sales al aplicarse a

los 40 días; sin embargo, esta diferencia no es significativa. Las dosis que mostraron concentraciones bajas fueron de 9 y 18 ton/ha, ello indica que a menores cantidades incorporadas, disminuye el contenido de sales en el suelo. Así, se manifiesta que a medida que se aumenta el intervalo de tiempo y la dosis por incorporar, aumentan dichas sales en el suelo. Lo anterior se comprende por el grado de descomposición sufrida a mayor tiempo y existiendo por lo tanto, mayor liberación de sales.

Se realizó un análisis de regresión para esta variable resultando no significativa y, teniendo una  $R^2$  de 24.56% (0.24563). Sin embargo, la falta de ajuste al ser no significativa indica cierto ajuste del modelo cuadrático a la distribución de los datos registrados en el experimento (Tabla 18).

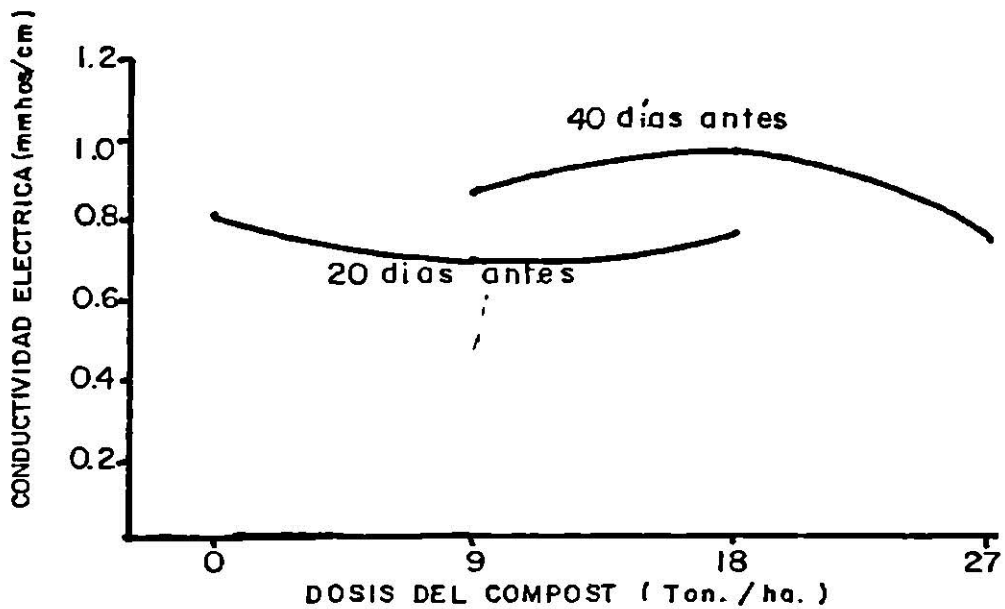
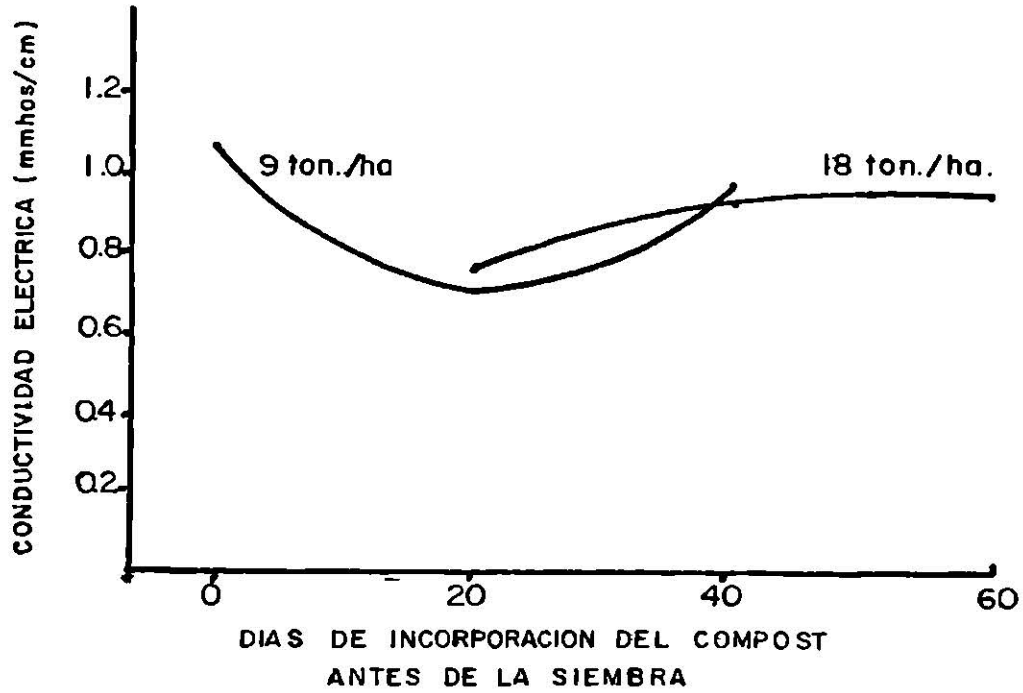


Figura 14. Representación gráfica de los datos observados en conductividad eléctrica a 0-15 cm de profundidad, días a incorporación antes de la siembra y dosis del compost. Modalidad BANDA.

Tabla 13. Resumen de análisis de varianza para las variables estudiadas.  
Tratamientos en Modalidad BANDA.

Variable	SCT	CME	F	Sig	X Gral.	C.V.
AM	0.043	0.011	0.575	NS	1.12	9.36
AC	0.037	0.009	0.610	NS	1.16	8.18
RG	1.531	0.128	1.713	NS	2.99	11.96
MV	194.901	37.482	0.743	NS	20.07	25.41
MVT	13.634	7.938	0.245	NS	18.02	13.02
MS	15.248	0.538	4.046	*	10.27	5.95
HS <sub>1</sub>	17.333	4.077	0.607	NS	15.72	12.84
HS <sub>2</sub>	27.105	3.820	1.014	NS	18.40	10.62
DA <sub>1</sub>	0.009	0.004	0.311	NS	1.19	5.31
DA <sub>2</sub>	0.042	0.002	3.071	*	1.23	3.63
1MO <sub>1</sub>	0.571	0.060	1.362	NS	2.81	8.72
1MO <sub>2</sub>	0.749	0.156	0.688	NS	2.55	15.49
2MO <sub>1</sub>	0.294	0.177	0.238	NS	2.61	16.12
2MO <sub>2</sub>	1.284	0.242	0.757	NS	2.46	19.99
2MO <sub>3</sub>	0.730	0.195	0.536	NS	1.74	25.38
CE <sub>1</sub>	0.364	0.019	2.794	*	0.85	16.22
CE <sub>2</sub>	0.605	0.169	0.512	NS	0.97	42.38
CE <sub>3</sub>	1.410	0.301	0.670	NS	1.15	47.71
pH <sub>1</sub>	0.068	0.019	0.515	NS	7.98	1.73
pH <sub>2</sub>	0.042	0.007	0.853	NS	8.00	1.04
MR <sub>1</sub>	1.787	0.122	2.088	NS	1.03	33.91
MR <sub>2</sub>	1.654	0.543	0.435	NS	1.86	39.62
DC	0.298	0.097	0.440	NS	0.85	36.64

G.L. Trat. = 7

G.L. Error = 9

Tabla 14. Prueba de diferencia de medias por el método Duncan ( $P \leq .05$ ) para Materia Seca (MS), Densidad Apparente 15-30 cm ( $DA_2$ ) y Conductividad Eléctrica 0-15 cm ( $CE_1$ ). Modalidad BANDA.

Materia Seca (MS)		Densidad Apparente 15-30 cm ( $DA_2$ )		Conductividad Eléctrica 0-15 cm ( $CE_1$ )	
Trats.	Medias	Trats.	Medias	Trats.	Medias
6	11.99 A	1	1.32 A	1	1.07 A
7	11.67 A B	3	1.27 A B	8	0.97 A B
2	11.26 A B C	2	1.24 A B C	6	0.93 A B C
3	11.06 A B C D	4	1.23 B C	5	0.88 A B C
5	10.69 B C D	5	1.23 B C	2	0.80 A B C
1	10.51 B C D	7	1.23 B C	4	0.75 B C
4	10.42 C D	6	1.20 B C	7	0.72 B C
8	9.77 D	8	1.17 C	3	0.70 C

Tabla 15. Valores de Betas (B) estimadas, obtenidas del análisis de regresión para las variables DC, MS, DA<sub>2</sub> y CE<sub>1</sub>.

Variables		VOLEO DC	MS	B A N D A DA <sub>2</sub>	CE <sub>1</sub>
B E T A S	B <sub>0</sub>	1.629643	13.264830	1.306628	0.980555
	B <sub>1</sub>	0.002596	0.0325680	-0.002919	-0.014398
	B <sub>2</sub>	-0.048134	-0.2220800		0.006739
	B <sub>3</sub>	-0.000752	-0.0017970	0.000010	0.000250
	B <sub>4</sub>	-0.002091	0.0019630	0.000012	-0.000360
	B <sub>5</sub>	0.002860	0.0058660		

Tabla 16. Análisis de regresión y falta de ajuste para la variable Materia Seca (MS). Aplicación BANDA

	SC	CM	F	Sig.	R <sup>2</sup>
D <sup>2</sup>	1.6311	1.63611	0.37593	NS	0.01696
D	8.06136	4.03068	0.95735	NS	0.08356
T	8.13854	2.71285	0.61420	NS	0.08436
T <sup>2</sup>	9.81470	2.45367	0.53795	NS	0.10173
TD	10.64789	2.12958	0.44662	NS	0.11037
Reg	10.64789	2.12958	3.94	*	
F.A.	4.600	2.300	4.27	*	

Tabla 17. Análisis de regresión y falta de ajuste para la variable Den  
sidad Aparente 15-30 cm ( $DA_2$ ). Aplicación BANDA.

	SC	CM	F	Sig	$R^2$
T	0.03531	0.03531	16.747	**	0.43221
$T^2$	0.03558	0.01779	8.103	**	0.43556
$D^2$	0.03571	0.01190	5.177	**	0.43710
Reg.	0.03571	0.01190	5.95	*	
F.A.	0.00629	0.001572	0.786	NS	

Tabla 18. Análisis de regresión y falta de ajuste para la variable Con-  
ductividad Eléctrica 0-15 cm ( $CE_1$ ). Aplicación BANDA.

	SC	CM	F	Sig.	$R^2$
$D^2$	0.02812	0.02812	0.652	NS	0.02878
$T^2$	0.08225	0.04113	0.965	NS	0.08415
T	0.23430	0.07810	2.102	NS	0.23972
D	0.24008	0.06002	1.547	NS	0.24563
Reg.	0.24008	0.06002	3.158	NS	
F.A.	0.12392	0.04131	2.17	NS	



Tabla 19. Modelos de regresión ajustados para variables correlacionadas.  
Modalidad BANDA.

Variablen	Modelo de Regresión	R <sup>2</sup>
DC - 1MO <sub>2</sub>	Y = 131.4244 - 31.10746 X	0.40249
2MO <sub>2</sub> - MR <sub>2</sub>	Y = 2.7861 - 0.08327 X <sup>2</sup>	0.28498
DC - 2MO <sub>1</sub>	Y = 89.5783 - 5.38917 X <sup>2</sup>	0.26361
MS - MV	Y = -1.2481 + 2.78871 Log X	0.75851
2MO <sub>1</sub> - CE <sub>2</sub>	Y = 1.3405 + 1.30451 Log X	0.30900
1MO <sub>2</sub> - pH <sub>1</sub>	Y = 29.5303 - 9.55501 Log X	0.21774
1MO <sub>1</sub> - MR <sub>2</sub>	Y = 3.7114 - 0.67528 Log X	0.28309

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontró evidencia satisfactoria para afirmar que los factores probados tuvieron efectos significativos sobre algunas de las variables evaluadas y, por lo cual se cumplen los objetivos planteados.
2. Al analizar conjuntamente los factores: modos de aplicación del compost, fechas de incorporación y dosis del mismo, únicamente se manifestaron diferencias significativas en modalidades de aplicación y las variables que mostraron dichos efectos corresponden a Materia Orgánica 0-15 cm de profundidad (segunda fecha de muestreo) y Módulo de Ruptura a 0-15 cm de la misma. Así, la aplicación del compost en Banda resultó ser la mejor modalidad. No existieron efectos de interacción de tratamientos con modalidades.
3. Mediante el análisis estadístico realizado para determinar los efectos de tratamientos (Combinación de Fechas y Dosis) en la modalidad VOLEO, se encontró respuesta sobre Dureza de Costra del suelo y, en base a resultados ya descritos, se concluye que los mejores tratamientos corresponden a las aplicaciones de 27 ton de compost por hectárea incorporadas a un intervalo entre 20 y 40 días antes de la siembra.

4. Al efectuar el análisis estadístico para determinar los efectos de tratamientos en la modalidad BANDA, se encontró que bajo esta modalidad, la diferencia entre tratamientos se detectan por los efectos que manifiestan las variables Materia Seca, Densidad Aparente y Conductividad Eléctrica.
- 4.1. Los mejores tratamientos que se percibieron al evaluar Materia Seca, corresponden a aplicaciones de 18 hasta 27 ton de compost por hectárea, incorporando dicho compuesto a 60 días antes de la siembra.
- 4.2. Las determinaciones de Densidad Aparente, mostraron que aplicar el compost a los 60 días produce una mejor condición del suelo en cuanto a esta propiedad; sin embargo, las dosis de dicho material evaluadas a través de esta variable tuvieron un efecto inverso al esperado, aunque las diferencias entre los valores adquiridos por la dosis altas y bajas aplicados a una misma fecha no son suficientemente grandes como para detectar significancia.
- 4.3. En la variable Conductividad Eléctrica a 0-15 cm de profundidad, se detectaron como mejores tratamientos, aquellos en que el compost se aplicó a dosis de 27 ton/ha, reduciendo el contenido de sales cuando se incorpora entre 20 y 40 días antes de la fecha de siembra.

5. Resumiendo los puntos anteriores y en base a demás inves  
tigaciones realizadas sobre incorporaciones de material  
orgánico a suelos agrícolas, se presume que el mejor mo-  
do de aplicación de compost de basuras urbanas es en Banda,  
mientras que las dosis que presentaron mejores efec-  
tos son del orden de 18 a 27 ton/ha incorporadas de 40 a  
60 días antes de la siembra.
  
6. Esta investigació logra sus objetivos y encuentra respuesta  
a la hipótesis planteada; sin embargo, se informa que  
existen puntos de estudio de interés científico y agronómi  
co que pueden colaborar a que el compuesto responda a  
mejores tratamientos. Dichos puntos son: adaptar maquinaria  
para aplicaciones en Banda, dosis óptima de fertilizi  
zantes comerciales (nitrogenados), estudios de disponibili  
dad de macro y micronutrientes para los cultivos y  
efectos causados sobre la microbiología del suelo.

## VI. BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. AGRICULTURE INFORMATION BULLETIN No. 464 1984. Utilization of Sewage Sludge Compost as a Soil Conditioner and Fertilizer for Plant Growth. Agricultural Research Service, USDA.
2. AGUNDIZ, S.S. 1986. Evaluación del efecto residual del compost en algunas características físicas y químicas del suelo y su influencia en el cultivo del Trigo, bajo riego en Marín, N.L.
3. ALEXANDER, M. 1980. Introducción a la Microbiología del Suelo. Traducido del inglés por J.J. Peña. México AGT. Editor, S.A. pp. 127, 128, 148, 149, 336-338.
4. ANONIMO. 1972. Manual de Fertilizantes. Ediciones Gaceta Agrícola. Guadalajara, Jal. pp. 52, 53.
5. ARNON, I. 1972. Crop production in dry regions. Vol. II. Section I. Cap. III. Leonard Hill London. pp. 94, 95.
6. BAVER, L.D. 1973. Física de Suelos. UTEHA. Primera edición. México. pp. 91, 136-138.
7. BLACK, C.A. 1975. Relaciones Suelo-Planta. 1:2. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina pp. 92, 93, 371.
8. BLACK, C.A.; D.D. EVANS; J.L. WHITE; L.E. ENSMINGER; F.E. CLARK; R.C. DINAVER. 1965. Methods of soils analysis. Physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. Part 1. Caps. 29 y 30. pp. 371-374.
9. BLAKE, G.R. 1965. Methods of soil analysis. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. American Society of Agronomy. Part. 1. Cap. 29. Madison Wisconsin USA. p. 371.
10. BONNET, B., J.A. 1960. Edafología de los Suelos Salinos y Sódicos. pp. 49-62, 68-70.
11. BUCKMAN, H.O.; N.C. BRADY. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial Montaner y Simon, S.A. España. pp. 141, 399 435.

12. CASTELLANOS R., J.Z.; J.L., REYES C. 1982. Memorias del Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre Utilización del Estiércol en la Agricultura. Torreón, Coahuila, México.
13. CASTILLO, F.R. 1984. Situación actual y perspectivas del cultivo de sorgo en México. Primera Reunión Nacional sobre Sorgo. Marín, N.L. pp. 37-39.
14. COLLIS, G.N.; B.G. DAVEY; D.E. SMILES. 1971. Suelo, Atmósfera y Fertilizantes. Edit. AEDOS. Barcelona, España. pp. 137, 139.
15. COOKE, G.W. 1983. Fertilización para rendimientos máximos. Traducido del inglés por A. Marino. CECSA. México. pp. 49, 50.
16. DELORIT, R.J.; H.L. AHLGREN. 1970. Producción Agrícola. Traducido del inglés por A. Marino. CECSA. México. pp. 215, 216.
17. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS E.U. 1977. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Ed. LIMUSA. p. 5.
18. DE SAINT-FOULC, J.D. 1972. El riego por aspersión. Sedunga Ed. Española. Traducido del francés por J. Fernández. Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona, España. pp. 37, 38.
19. DUCHAUFOR, P. 1975. Manual de Edafología. Edit. Toray-Masson, S.A. Paris, Francia pp. 123, 366.
20. EDE, R. et al. 1966. Suelos y abonos para frutales. Traducido del inglés por H. Marco. Ed. ACRIBIA. Zaragoza, España. pp. 90-92.
21. FASSBENDER, H.W. 1975. Química de Suelos con énfasis en América Latina. Ed. ITCA. Costa Rica. pp. 76, 77.
22. FIRMAN, E.B. 1969. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. pp. 161, 162.
23. FITZPATRICK, E.A. 1984. Suelos. Su formación, clasificación y distribución. Traducido del inglés por A. Marino. CECSA. México. pp. 79, 80.
24. FOTH H., D.; L.M., TURK. 1975. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Traducido del inglés por J. Nava D. CECSA. pp. 62-66.

25. FRIED, M. and H. BROESHART. 1967. The soil-plant system in relación to inorganic nutrition. Academic Press American Institute of Biological Sciences, New York. pp. 10, 14.
26. GARCIA, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Segunda Ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.
27. GARCIA, F.J.; R. GARCIA DEL C. 1982. Edafología y Fertilización Agrícola. Edit. AEDOS. España. p. 30.
28. GAUCHER, G. 1971. El suelo y sus características agronómicas. Tratado de Pedología Agrícola. Ed. OMEGA. pp. 545, 546, 564.
29. GAVANDE, S.A. 1972. Física de suelos. Principios y aplicaciones. Centro Regional de Ayuda Técnica. México. pp. 34, 35, 77, 78, 82, 83.
30. GIDDENS, J.E. 1982. Nitrogen fixation in soil crust of tall fescuesods Soil Science Vol. 133, No. 5 pp. 295-297.
31. GROSS, A. 1976. Abonos. Guía práctica de la fertilización. Ed. Mundi-Prensa. Sexta Ed. Madrid. Vol. II. Cap. III. pp. 130-136.
32. HENIN, S.; R. GRASS; G. MONNIER. 1972. El perfil cultural; el estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas. Traducido del francés por Roquero de L. y García Casal. Mundi-Prensa. Madrid. p. 283.
33. ISRAELSEN O., W.; V.E., HANSEN. 1965. Principios y aplicaciones del riego. Traducido del inglés por A. García. Edit. Reverté. Barcelona. pp. 161, 193-198.
34. KALPAGE, F.S.C.P. 1976. Tropical Soils. Classification, Fertility and Management. Great Britain. pp. 11, 12.
35. LEON A., R. 1984. Nueva Edafología. Regiones Tropicales y Areas Templadas de México. Grupo Ed. Gaceta. pp. 145, 146.
36. LEONARD, W.H.; J.H. MARTIN. 1963. Cereal Crops. The MacMillan Company. pp. 679, 685-689.
37. LOPEZ, R.J.; J. LOPEZ M. 1978. El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio. Edit. Mundi-Prensa. p. 174.

38. MENDOZA T., N. 1986. Efecto residual del abonado con compost en algunas propiedades físicas y químicas del suelo y su influencia en el cultivo del frijol bajo riego en el municipio de Marín, N.L.
39. NIETO G., L.A. 1986. Efecto residual del abonado con estiércol de ganado vacuno en algunas propiedades físicas y químicas del suelo y su influencia en el cultivo del frijol bajo riego en el municipio de Marín, N.L.
40. OH, W.K. 1984. Effects of organic matter on rice production. International Rice Research Institute. Los Banos, Laguna, Philippines.
41. ORTEGA, T.E. 1978. Química de Suelos. U.A.CH. Chapingo, México. p. 43.
42. ORTIZ V., B. 1975. Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. pp. 70-72, 96, 97, 147-149.
43. PALMER, R.G.; R.F. TROEH. 1979. Introducción a la Ciencia del Suelo. Manual de Laboratorio. Libros y Editoriales México. p. 88.
44. PLANT AND SOIL. 1983. Effect of organic matter on Rhizosphere microorganisms and root development of sorghum plants in two different soils. Centro di Studio per la Microbiologia del Suolo. Pisa, Italia.
45. PRIMO Y., E.; J.M. CARRASCO D. 1980. Productos para el campo y propiedades de los alimentos. Tecnología Química y Agroindustrial. Tomo I. Cap. 10 y 11. Ed. Alhambra. pp. 128-137.
46. REBOUR, H.; M. DELOYE. 1971. El Riego. Traducido del francés por A.R. Cervera. Edit. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 24, 31.
47. REEVE, R.C. 1976. Modulus of rupture. Methods of soils analysis American Society of Agronomy. Inc. Madison, Wisconsin USA. pp. 466-471.
48. RICHARDS, L.A. 1980. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Traducido del inglés por N. Sánchez. LIMUSA. México. p. 5.
49. ROBINSON G., W. 1960. Los Suelos, su origen, constitución y clasificación. Introducción a la Edafología. Edit. OMEGA, S.A. España pp. 161, 162, 357.



50. RODRIGUEZ, S.F. 1982. Fertilizantes, Nutricion Vegetal. A.G.T.S.A. Primera edición. México. Academia León. España pp. 33-35.
51. RUBIO, 1974. Evaluación de residuos estabilizados (Compost) obtenidos en el basurero de Monterrey, N.L. desde el punto de vista de su utilización agrícola. Seminarios Técnicos. CIANT. Comarca Lagunera. Vol. 1 No. 1.
52. RUSSELL, E.; E.W. RUSSELL. 1961. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Ed. Aguilar. España. pp. 306, 348-355.
53. SEELEY H., W.; P.J. VAN DEMARK. 1962. Microbes in action. Laboratory Manual of Microbiology THRD Edition. W.H. Freeman and Company Sn. Francisco USA. pp. 169-171.
54. SELKE, W. 1968. Los Abonos. Traducido del alemán por Leon Günther. Editorial Academia. España. pp. 50, 51, 62-66.
55. S.E.P. 1982. Suelos y Fertilización. Manual para educación agropecuaria. Ed. TRILLAS. México. pp. 23, 24, 33-35.
56. STEVENSON, F.J. 1982. Humus Chemistry Genesis, Composition reactions. Ed. Jhon Wiley and Sons. Inc. New York. USA. pp. 129-131.
57. TAFT B., E. 1957. The yearbook of agriculture. The United States Department of Agriculture. pp. 31, 32, 155.
58. RAYLOR S., A.; G.L. ASCHROFT. 1971. Physical Edaphology. The Physics of Irrigated and Nonirrigated Soils. Ed. S.A.T. San Francisco. pp. 310-319.
59. TEUSCHER, H.; R. ADLER. 1965. El suelo y su fertilidad. C.E.C.S.A. México. pp. 131-141.
60. THAMANE, R.V.; D.P. MOTIRAMANI; Y.P. BALI. 1978. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Traducido del inglés por A. Romeo del V. Ed. DIANA. México. pp. 35, 36, 60, 61, 65-68, 232-234.
61. THOMPSON, L.M. 1966. El suelo y su fertilidad. Ed. Reverté, S.A. Tercera Ed. Barcelona, Buenos Aires y México. pp. 45-169.

62. TISDALE, S.L.; W.L. NELSON. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Traducido del inglés por J. Balasch y C. Piña. Ed. UTEHA, S.A. México. pp. 140-158, 160-162, 165, 166.
63. TOWNSEND W., N. 1972. An introduction to the scientific study of the soil. Fifth Ed. London. Ed. Arnold. pp. 140-142.
64. TRAVES, S.G. 1962. Abonos. Enciclopedia Práctica del Agricultor. Vol. II. Ed. SINTES. Barcelona pp. 121, 122.
65. TURRENT, F.A.; R.J. LAOIRD. 1980. La matriz experimental Plan Puebla para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Rama de Suelos, Colegio de Postgrado Chapingo, México.
66. VELASCO M., H.A. 1972. Elementos de Fertilidad del Suelo. Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro". Buenavista, Coahuila. pp 48-51.
67. WALTER, W.G.; R.H. McBEE; K.L. TEMPLE. 1980. Introducción a la Microbiología. Traducido del inglés por A. García T. CECSA. México. pp. 264-271.
68. WORTHEN, E.L.; S.R. ALDRICH; J.L. de la LOMA. 1959. Suelos agrícolas su conservación y fertilización. Traducido del inglés por J. Wiley & Inc. Sons. Ed. UTEHA. México. Cap. VIII. pp. 207-210.

## VII. A P E N D I C E

Tabla 20. Medias generales de variables evaluadas. Aplicación VOLEO y BANDA.

Variable	Voleo	Banda
AM	1.20	1.12
AC	1.23	1.16
RG	3.29	2.99
MV	22.88	20.07
MVT	18.41	18.02
MS	11.56	10.27
HS <sub>1</sub>	16.70	15.72
HS <sub>2</sub>	19.35	18.40
DA <sub>1</sub>	1.24	1.19
DA <sub>2</sub>	1.22	1.23
1MO <sub>1</sub>	2.69	2.81
1MO <sub>2</sub>	2.60	2.55
2MO <sub>1</sub>	2.38	2.61
2MO <sub>2</sub>	2.41	2.46
2MO <sub>3</sub>	1.82	1.74
CE <sub>1</sub>	0.81	0.85
CE <sub>2</sub>	0.98	0.97
CE <sub>3</sub>	1.11	1.15
pH <sub>1</sub>	8.03	7.98
pH <sub>2</sub>	8.04	8.00
MR <sub>1</sub>	1.54	1.03
MR <sub>2</sub>	2.22	1.86
DC	1.00	0.85
NP	210.58	183.22 (Covariable)
PC	178.71	160.96 (Covariable)

Tabla 21. Medias de tratamientos en variables evaluadas. Considerando ambas modalidades (VOLEO y BANDA).

Var.	T r a t a m i e n t o s							
	1	2	3	4	5	6	7	8
AM	1.14	1.10	1.20	1.16	1.19	1.19	1.16	1.11
AC	1.17	1.18	1.22	1.18	1.23	1.26	1.19	1.16
RG	3.07	3.97	3.21	2.99	3.38	3.33	3.15	2.92
MV	20.06	20.52	22.77	21.43	21.47	22.03	23.93	19.63
MVT	17.89	18.77	18.69	17.78	18.47	18.30	18.92	16.92
MS	10.51	11.26	11.06	10.42	10.69	11.99	11.67	9.77
HS <sub>1</sub>	15.23	16.11	16.44	15.36	16.30	17.18	16.68	16.41
-HS <sub>2</sub>	18.46	16.76	19.24	18.47	18.66	20.12	19.81	19.49
DA <sub>1</sub>	1.21	1.22	1.24	.119	1.20	1.25	1.23	1.21
DA <sub>2</sub>	1.30	1.21	1.25	1.22	1.21	1.22	1.23	1.29
1MO <sub>1</sub>	2.77	2.66	2.76	2.74	2.83	2.91	2.67	2.66
1MO <sub>2</sub>	2.58	2.50	2.58	2.56	2.68	2.76	2.48	2.48
2MO <sub>1</sub>	2.51	2.53	2.37	2.52	2.32	2.61	2.29	2.78
2MO <sub>2</sub>	2.57	2.42	2.32	2.50	2.19	2.59	2.40	2.51
2MO <sub>3</sub>	1.91	1.56	1.50	1.99	1.62	1.89	2.06	1.70
CE <sub>1</sub>	1.01	0.74	0.75	0.82	0.80	0.78	0.82	0.95
CE <sub>2</sub>	1.08	1.15	0.88	1.03	0.93	0.86	0.91	0.96
CE <sub>3</sub>	1.21	1.03	0.93	1.28	1.36	0.93	1.24	1.20
pH <sub>1</sub>	8.03	8.04	8.02	8.03	8.01	7.97	7.97	7.95
pH <sub>2</sub>	8.05	8.06	7.99	8.02	8.08	7.999	8.01	7.96
MR <sub>1</sub>	1.61	1.12	1.23	1.25	1.08	1.25	1.46	1.24
MR <sub>2</sub>	2.23	1.69	1.73	2.04	2.31	2.30	2.02	1.99
DC	1.01	1.09	1.08	0.79	0.93	0.90	0.83	0.75
NP*	181.0	217.8	189.7	190.2	197.3	220.5	204.7	174.0
PC*	159.0	192.7	171.7	169.3	177.2	166.2	180.7	142.0

(\*) Covariables

Tabla 22. Medias de tratamientos en variables evaluadas. Aplicación VOLEO.

Var.	Tratamientos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
AM	1.15	1.11	1.25	1.11	1.26	1.27	1.26	1.16
AC	1.20	1.18	1.27	1.13	1.29	1.34	1.26	1.21
RG	3.10	3.24	3.13	2.91	3.80	3.45	3.46	3.19
MV	23.55	20.81	23.18	21.91	24.66	26.25	23.49	19.22
MVT	18.23	19.27	18.91	18.42	18.80	19.41	18.78	15.46
MS	11.59	11.60	11.39	10.88	11.42	13.91	12.03	9.67
HS <sub>1</sub>	15.63	16.45	17.67	16.35	16.82	17.38	16.55	16.80
HS <sub>2</sub>	18.42	15.16	20.70	20.02	20.35	20.62	19.70	19.83
DA <sub>1</sub>	1.24	1.23	1.28	1.21	1.20	1.28	1.25	1.26
DA <sub>2</sub>	1.28	1.18	1.23	1.20	1.29	1.25	1.23	1.22
1MO <sub>1</sub>	2.65	2.48	2.58	2.83	2.60	2.99	2.67	2.74
1MO <sub>2</sub>	2.67	2.48	2.44	2.39	2.78	2.74	2.58	2.73
2MO <sub>1</sub>	2.39	2.46	2.19	2.42	2.07	2.53	2.19	2.76
2MO <sub>2</sub>	2.27	2.25	2.39	2.65	2.21	2.48	2.55	2.51
2MO <sub>3</sub>	2.07	1.38	1.51	1.19	1.63	1.84	2.44	1.80
CE <sub>1</sub>	0.95	0.68	0.80	0.88	0.72	0.63	0.92	0.93
CE <sub>2</sub>	1.22	0.97	0.93	1.13	1.05	0.70	0.95	0.87
CE <sub>3</sub>	1.47	1.03	0.87	1.70	1.32	0.66	1.10	0.77
pH <sub>1</sub>	8.07	8.04	8.05	8.02	8.06	7.97	8.04	8.00
pH <sub>2</sub>	8.10	8.17	8.00	7.99	8.08	7.99	8.01	7.96
MR <sub>1</sub>	1.63	1.51	1.57	1.62	1.32	1.53	1.60	1.51
MR <sub>2</sub>	2.91	1.75	1.97	1.86	2.83	2.66	1.99	1.79
DC	1.02	1.42	1.23	0.91	0.92	1.11	0.76	0.63
NP*	202.3	23.2.3	201.3	203.0	209.0	244.7	220.0	172.0
PC*	178.7	204.0	180.0	168.7	186.7	163.0	202.0	146.7

(\* ) Covariables

Tabla 23. Medias de tratamientos en variables evaluadas. Aplicación BANDA.

Var.	T r a t a m i e n t o s							
	1	2	3	4	5	6	7	8
AM	1.12	1.10	1.15	1.21	1.13	1.12	1.07	1.07
AC	1.15	1.17	1.16	1.24	1.17	1.17	1.11	1.11
RG	3.03	2.89	3.30	3.07	2.97	3.20	2.85	2.64
MV	16.57	20.24	22.36	20.96	18.27	17.82	24.37	20.03
MVT	17.54	18.27	18.47	17.15	18.14	17.19	19.06	18.38
MS	10.51	11.26	11.06	10.42	10.69	11.99	11.67	9.77
HS <sub>1</sub>	14.83	15.76	15.22	14.36	15.79	16.98	16.82	16.02
HS <sub>2</sub>	18.49	18.36	17.69	16.91	16.96	19.62	19.93	19.15
DA <sub>1</sub>	1.17	1.22	1.21	1.17	1.21	1.21	1.21	1.17
DA <sub>2</sub>	1.32	1.24	1.27	1.23	1.23	1.20	1.23	1.17
1MO <sub>1</sub>	2.90	2.83	2.94	2.65	3.06	2.83	2.67	2.58
1MO <sub>2</sub>	2.48	2.51	2.71	2.74	2.58	2.78	2.39	2.23
2MO <sub>1</sub>	2.62	2.60	2.55	2.62	2.58	2.69	2.39	2.81
2MO <sub>2</sub>	2.87	2.58	2.25	2.35	2.16	2.69	2.25	2.51
2MO <sub>3</sub>	1.74	1.75	1.50	2.07	1.62	1.93	1.68	1.60
CE <sub>1</sub>	1.07	0.80	0.70	0.75	0.88	0.93	0.72	0.97
CE <sub>2</sub>	0.95	1.33	0.82	0.92	0.82	1.02	0.87	1.05
CE <sub>3</sub>	0.95	1.02	1.00	0.85	1.40	1.20	1.18	1.63
pH <sub>1</sub>	7.99	8.05	7.99	8.04	7.96	7.98	7.89	7.90
pH <sub>2</sub>	8.01	7.95	7.97	8.06	8.07	7.99	8.00	7.96
MR <sub>1</sub>	1.60	0.72	0.89	0.88	0.84	0.97	1.33	0.97
MR <sub>2</sub>	1.55	1.63	1.50	2.21	1.79	1.95	2.04	2.18
DC	0.99	0.77	0.93	0.68	0.94	0.69	0.90	0.87
NP*	159.7	203.3	178.0	177.3	185.7	196.3	189.3	176.0
PC*	139.3	181.3	163.3	170.0	167.7	169.3	159.3	137.3

(\* ) Covariables

Tabla 24. Resumen de variables correlacionadas en el presente experimento. Modalidad YOLEO.

	AM	AC	RG	MV	MVT	MS	HS <sub>1</sub>	HS <sub>2</sub>	DA <sub>1</sub>	DA <sub>2</sub>	1MO <sub>1</sub>	1MO <sub>2</sub>	2MO <sub>1</sub>	2MO <sub>2</sub>	2MO <sub>3</sub>	CE <sub>1</sub>	CE <sub>2</sub>	pH <sub>1</sub>	pH <sub>2</sub>	MR <sub>1</sub>	MR <sub>2</sub>	DC	
AM																							
AC	.97																						
RG	.83	.88																					
MV	.41	.71	.38																				
MVT	.65	.40	.75	.28																			
MS	.32	.41	.40	.62	.50																		
HS <sub>1</sub>	.46	.41	.28	.33	.15	-.07																	
HS <sub>2</sub>	.31	.14	-.01	.21	-.08	-.21	.56																
DA <sub>1</sub>	.14	.11	-.06	.02	-.27	-.05	.25	.20															
DA <sub>2</sub>	.05	.00	-.23	.15	-.24	.02	-.08	-.09	.49														
1MO <sub>1</sub>	.02	-.00	-.44	.28	-.43	-.03	.10	.25	.11	.15													
1MO <sub>2</sub>	-.39	-.31	-.39	-.09	-.55	-.21	-.27	.08	.21	.48	.27												
2MO <sub>1</sub>	-.33	-.29	-.30	-.17	-.44	-.26	.09	.26	.32	.18	.40	.30											
2MO <sub>2</sub>	-.09	-.13	-.08	.14	-.28	-.17	.40	.39	.34	.08	.32	.14	.64										
2MO <sub>3</sub>	.15	-.13	-.10	-.05	.02	-.12	-.01	.09	.10	.19	.26	.25	.06	.30									
CE <sub>1</sub>	.01	-.00	-.11	-.04	-.11	-.32	.27	.13	-.11	.39	.25	.21	.12	.18	.47								
CE <sub>2</sub>	-.03	-.02	.11	.14	.09	-.05	.24	.09	.47	-.04	.09	-.05	.05	.36	.26	.51							
CE <sub>3</sub>	-.56	-.54	-.31	-.05	-.11	.04	-.23	-.21	-.50	-.15	-.14	.07	.06	.19	-.00	.13	.52						
pH <sub>1</sub>	-.26	-.31	-.16	-.25	.12	.00	-.36	-.20	-.31	-.42	-.67	-.18	-.48	-.45	-.25	-.44	-.15	.35					
pH <sub>2</sub>	-.23	-.16	.02	-.10	.07	.18	-.46	-.66	-.38	-.28	-.27	-.15	-.44	-.61	-.38	-.39	-.12	.17	.47				
MR <sub>1</sub>	.19	.18	.04	.04	.15	-.05	.16	-.05	-.30	-.04	-.15	-.34	-.30	.39	.09	.35	.09	-.13	-.19	.25			
MR <sub>2</sub>	.60	.61	.50	.27	.46	.29	.17	.10	.23	.23	.12	-.15	-.25	-.34	.00	.00	-.28	-.30	-.09	.06	.27		
DC	.34	.36	.33	.00	.63	.20	.05	-.11	-.21	-.43	-.28	-.47	-.31	-.37	-.27	-.30	-.19	-.28	.14	.38	.31	.31	



Tabla 25. Resumen de variables correlacionadas en el presente experimento, Modalidad BANDA.

	AM	AC	MV	MVT	MS	HS <sub>1</sub>	HS <sub>2</sub>	DA <sub>1</sub>	DA <sub>2</sub>	1MO <sub>1</sub>	1MO <sub>2</sub>	2MO <sub>1</sub>	2MO <sub>2</sub>	2MO <sub>3</sub>	CE <sub>1</sub>	CE <sub>2</sub>	CE <sub>3</sub>	pH <sub>1</sub>	pH <sub>2</sub>	MR <sub>1</sub>	MR <sub>2</sub>	DC	
AM																							
AC	.97																						
RG	.92	.90																					
MV	.56	.77	.50																				
MVT	.76	.54	.78	.78																			
MS	.60	.57	.53	**	.69																		
HS <sub>1</sub>	.13	.16	.30	.13	.41	.05																	
HS <sub>2</sub>	-.20	-.20	-.03	-.10	.07	-.13	.84																
DA <sub>1</sub>	.12	.09	.10	.51	.33	.45	.13	.10															
DA <sub>2</sub>	-.24	-.27	-.22	-.07	-.16	-.05	-.13	-.01	-.09														
1MO <sub>1</sub>	-.54	-.59	-.58	-.31	-.52	-.16	-.30	-.08	.11	.39													
1MO <sub>2</sub>	-.27	-.32	-.31	-.27	-.43	-.13	-.11	.04	.27	.33	.36												
2MO <sub>1</sub>	-.51	-.48	-.49	-.60	-.54	-.44	-.06	-.24	-.10	.09	.34	.56											
2MO <sub>2</sub>	-.16	-.20	-.11	-.16	-.12	-.07	-.06	.25	.19	.27	.11	.34	.49										
2MO <sub>3</sub>	-.40	-.46	-.40	-.30	-.60	-.24	-.13	.16	.15	.07	.35	.48	.33	.41									
CE <sub>1</sub>	-.13	-.16	-.28	-.23	-.21	-.04	-.25	-.12	.12	.12	.37	.29	.45	.37	.16								
CE <sub>2</sub>	-.17	-.09	-.23	-.25	-.18	-.14	-.06	-.02	.03	.09	.03	.32	.48	.25	-.00	.31							
CE <sub>3</sub>	-.13	-.12	-.06	-.18	-.07	-.15	-.12	-.02	.17	-.28	-.07	.29	.49	.43	.12	.19	.30						
pH <sub>1</sub>	.18	.23	.16	.03	.02	-.01	-.08	-.14	-.01	-.21	.14	-.46	-.25	-.36	.01	-.13	-.13	-.55					
pH <sub>2</sub>	.17	.16	.16	.09	.26	-.00	.33	.17	-.02	-.03	-.02	-.13	-.22	-.28	-.33	-.30	-.46	-.28	.08				
MR <sub>1</sub>	.19	.18	.11	.09	.16	.07	.25	.15	.08	-.05	-.09	-.23	-.38	-.21	.03	.05	-.03	-.14	.18	.27			
MR <sub>2</sub>	.43	.45	.38	.38	.21	.23	.37	.21	.21	-.01	-.46	-.08	-.24	**	-.49	-.04	-.09	-.18	.07	.24	.73		
DC	.34	.39	.48	.26	.56	.07	.54	.36	-.12	-.09	-.40	**	-.63	-.49	-.30	-.51	-.49	-.41	.27	.58	.39	.41	

Tabla 26. Fechas de incorporación de compost y precipitación media semanal (mm) correspondientes al intervalo de Mayo a Agosto de 1986.

Fecha de Incorporación	Precipitación (mm)			
	1	2	3	4
21 de Mayo	.3	.5	1.8	103.9
11 de Junio	62.8	74.5	15.4	4.0
2 de Julio	8.4	27.0		
23 de Julio				
Agosto	163.7	5.6		

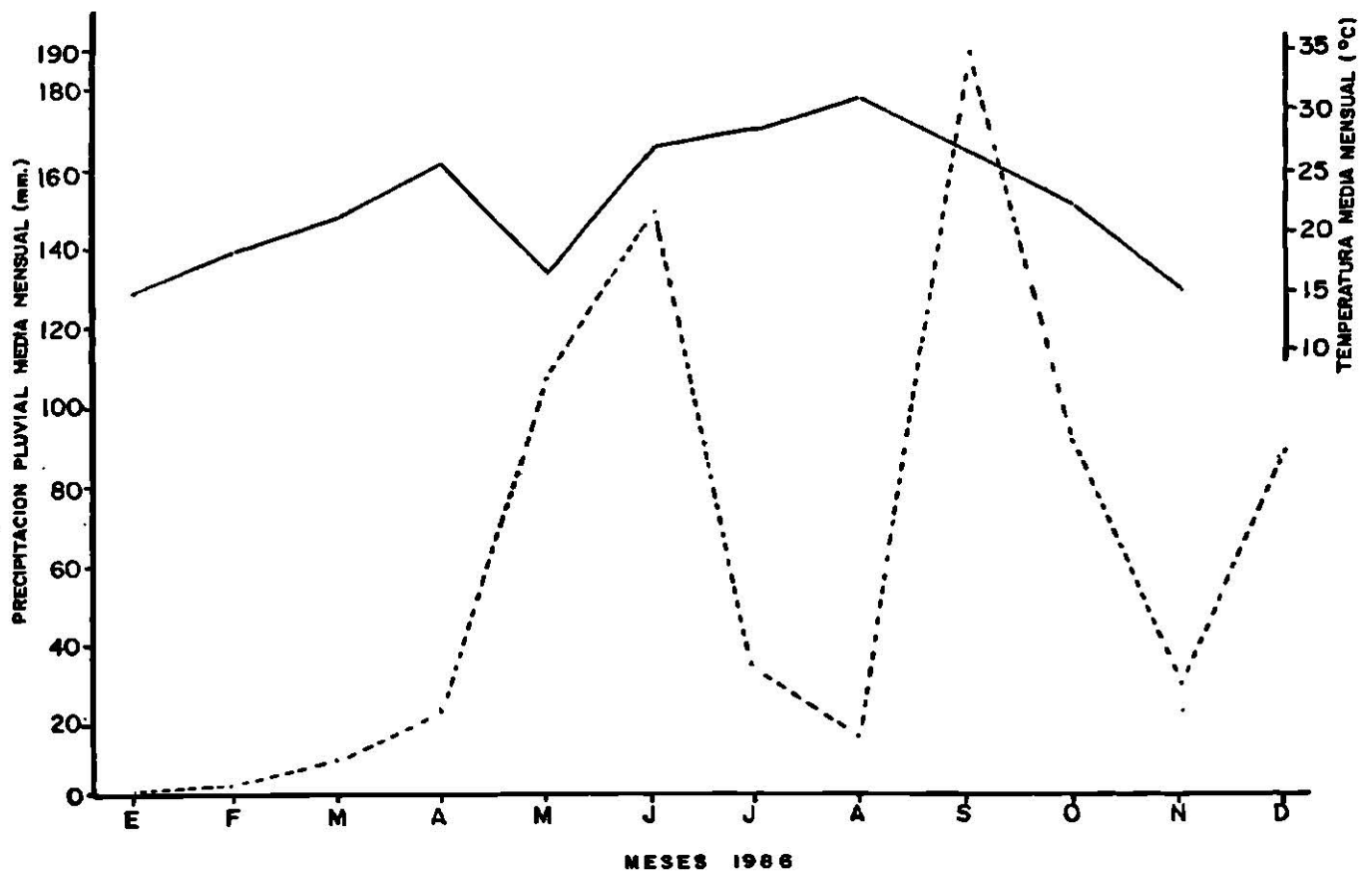


Figura 15 . Precipitación pluvial (mm) y temperatura (°C) registrados durante el año 1986 en la región de Marín, N.L.

