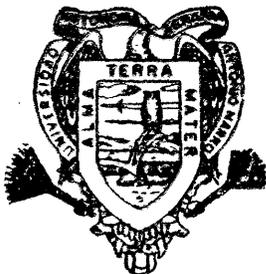


EFICIENCIA EN USO DE AGUA EN EL CULTIVO  
DEL TRIGO (Triticum aestivum, L.) CON  
RESIDUOS ORGANICOS

JUAN MANUEL COVARRUBIAS RAMIREZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS EN SUELOS



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

SEPTIEMBRE DE 1989

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité Particular  
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para  
optar el grado de:

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"

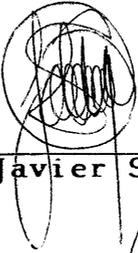
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN SUELOS



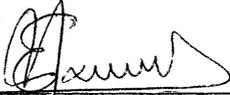
COMITE PARTICULAR

BIBLIOTECA

Asesor principal:

  
MC. Javier Santiago Silveyra Medina

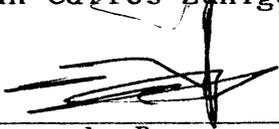
Asesor:

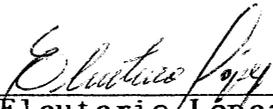
  
Dr. Eduardo Alberto Narro Farías

Asesor:

  
MC. Juan Carlos Zúñiga Enríquez

Asesor:

  
MC. Fernando Borrego Escalante

  
Dr. Eleuterio López Pérez  
Subdirector Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Septiembre de 1989

## AGRADECIMIENTOS

Al Pueblo de México que a través del Consejo de Ciencia y Tecnología y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias por el apoyo económico brindado a lo largo de mis estudios.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro a través de su personal e infraestructura por permitirme superarme una vez más en ella.

Al Ing. Javier S. Silveyra Medina y Dr. Eduardo A. Narro Farías, maestros del Depto. de Suelos quienes con su apoyo y consejo me permitieron adentrarme en la investigación agrícola.

Al Ing. Juan Carlos Zúñiga E. y Fernando Borrego Escalante, maestros del Depto. de Fitomejoramiento por sus sugerencias y apoyo durante mis estudios y trabajo de investigación.

Al Sr. Arturo del Bosque y Sra. Graciela de la Peña, que a lo largo de mis estudios tuvieron la comprensión y el cariño para convivir con mis hijos.

A Graciela por la paciencia y dedicación en la mecanografía del presente escrito.

DEDICATORIA

Al recuerdo y memoria de mis Padres, Sr. Pedro  
Covarrubias Valero y Sra. Agustina Ramírez Narváez  
a donde quiera que estoy siempre me acompañan.

con AMOR

a mi esposa, GRACIELA

a mis hijos

RICARDO ARTURO  
JUAN MANUEL  
PEDRO FRANCISCO

a mi niña

LORENA IMELDA

COMPENDIO

Eficiencia en el Uso de Agua del Cultivo de Trigo  
(Triticum aestivum L.) con Residuos Orgánicos

POR

JUAN MANUEL COVARRUBIAS RAMIREZ

MAESTRIA

EN

SUELOS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, SEPTIEMBRE 1989

M.C. Javier Santiago Silveyra Medina -Asesor-

Palabras claves: Trigo, estiércol de bovino, rastrojo de maíz, propiedades del suelo, análisis de crecimiento, rendimiento, consumo de agua y eficiencia en uso de agua.

En el Campo Experimental "Navidad" de la UAAAN durante 1987 se estableció un experimento para evaluar los residuos orgánicos de rastrojo de maíz y estiércol de bovino como mejoradores de las propiedades del suelo que benefician un mejor desarrollo, un mayor rendimiento y un menor uso de agua por el trigo Aricosta S-83.

El diseño utilizado fue bloques al azar con arreglo de parcelas divididas con cinco repeticiones. Se analizaron los niveles de 0, 30 y 60 ton/ha de estiércol de bovino como parcela grande y los niveles de 0, 5, 10 y 15 ton/ha de rastrojo de maíz como parcela chica, y se determinaron características físicas del suelo, el análisis de crecimiento, los componentes de rendimiento, consumo de agua y la eficiencia en uso de agua del trigo.

El estiércol de bovino tuvo respuesta en la densidad aparente, porosidad, potencial hidrógeno y capacidad de intercambio catiónico, en tanto que el rastrojo de maíz lo tuvo en el contenido de materia orgánica; no se observó diferencia significativa en la interacción estiércol y rastrojo, pero el nivel de 60 ton/ha de estiércol y 15 ton/ha de rastrojo incrementan la humedad disponible y estabilidad de agregados.

La altura de planta se favoreció con 5 y 10 ton/ha de rastrojo y 60 ton/ha de estiércol, la tasa relativa de crecimiento en 60 ton/ha de estiércol con 10 ton/ha de rastrojo y la tasa de asimilación neta con 60 ton/ha de estiércol y 5 ó 10 ton/ha de rastrojo.

El efecto significativo de los residuos orgánicos en los componentes de rendimiento del trigo se logró en rastrojo de maíz con 10 ton/ha para peso de mil granos y biomasa.

El consumo de humedad se diferenciaba hasta los 111 días de desarrollo del trigo; los menores consumos se logran con los niveles de 10 ton/ha de rastrojo y con 60 ton/ha de estiércol más 15 ton/ha de rastrojo, éste último nivel logra la mejor eficiencia en el uso de agua por el trigo.

ABSTRACT

Water Use Efficiency of Wheat (Triticum aestivum L.)  
with Organic Residues

BY

JUAN MANUEL COVARRUBIAS RAMIREZ

MASTER OF SCIENCE

IN

SOILS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, SEPTEMBER 1989

M.C. Javier Santiago Silveyra Medina. -Advisor-

Key words: Wheat, bovino manure, corn straw, soil properties, growth analysis, yield, water consume and water use efficiency.

An experiment was established at Experimental Station "Navidad" of UAAAN in 1987 to evaluate the effect of organic residues of corn straw and bovine manure, as a soil amendment to benefit plant development, high yield and less water use of Aricosta S-83 Wheat.

The split plot design in a randomized complete block was used with five replications and included the doses of 0, 30 and 60 ton/ha of bovine manure as a large plot and the doses of 0, 5, 10 and 15 of corn

straw as a subplot and several soil physical characteristics were determined as well as the growth analysis, yield components, water consume and water use efficiency of wheat.

The manure affected the bulk density, porosity, pH and cation exchange capacity, and the corn straw affected organic matter; the interaction manure straw was no significant, but the manure level of 60 ton/ha with 15 ton/ha of straw increases water storage capacity and the stability of soil structure.

The height of plant was benefited with 5 and 10 ton/ha of straw and 60 ton/ha of manure, the relative growth rate with 60 ton/ha of manure and 10 ton/ha of straw, and the net assimilation rate with 60 ton/ha of manure and 5 or 10 ton/ha.

The organic residues were significant with yield components in the weight of one thousand grains and the total dry weight 10 ton/ha of straw.

The consume of water is similiary until 111 days after plant and the less consumes were with 10 ton/ha of straw and 60 ton/ha of manure associated with 15 ton/ha of straw, this last level show the best water use efficiency of the wheat.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS .....	xii
INDICE DE FIGURAS .....	xvii
INTRODUCCION .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	3
REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO DE TRIGO .....	3
EDAFICOS .....	3
CLIMATICOS .....	5
HIDRICOS .....	8
EFECTOS DE UN DEFICIT .....	9
NIVELES DE HUMEDAD DEL SUE- LO DURANTE EL DESARROLLO .....	11
EFICIENCIA EN EL USO DE AGUA DEL TRIGO..	13
SUELOS CALCAREOS Y SU IMPLICACION EN LA- AGRICULTURA .....	16
RESIDUOS ORGANICOS .....	20
EFECTOS SOBRE LAS CARACTERISTI- CAS DEL SUELO .....	21
RELACION CON LA PRODUCCION DE - TRIGO .....	31
MATERIALES Y METODOS .....	34
DESCRIPCION DEL SITIO EXPERIMENTAL .....	34
LOCALIZACION .....	34
CLIMA .....	34
VEGETACION .....	36
SUELO .....	38
AGUA DE RIEGO .....	42
CARACTERISTICA DEL MATERIAL BIOLÓGICO - UTILIZADO .....	44
DESCRIPCION DE RESIDUOS ORGANICOS .....	44

	Página
SELECCION DE TRATAMIENTOS .....	45
DISEÑO EXPERIMENTAL Y DISTRIBUCION DE -	
TRATAMIENTOS .....	45
MANEJO DEL CULTIVO .....	46
APLICACION DE RESIDUOS ORGANICOS	
PREPARACION DEL TERRENO .....	48
SIEMBRA .....	48
FERTILIZACION .....	49
RIEGOS .....	49
CONTROL DE ORGANISMOS DAÑINOS ..	50
COSECHA .....	50
EVALUACION DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS	51
PROPIEDADES DEL SUELO .....	51
CRECIMIENTO DEL TRIGO .....	55
COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DEL-	
TRIGO .....	57
EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA ..	58
RESULTADOS Y DISCUSION .....	62
PROPIEDADES DEL SUELO .....	62
POTENCIAL HIDROGENO .....	62
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA .....	65
MATERIA ORGANICA .....	66
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIO-	
NICO .....	68
DENSIDAD DE SOLIDOS .....	70
DENSIDAD APARENTE .....	71
POROSIDAD .....	73
MICROESTRUCTURA .....	74
MACROESTRUCTURA .....	75
CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA .....	79
HUMEDAD DISPONIBLE .....	80
ANALISIS DE CRECIMIENTO .....	83
ALTURA DE PLANTA .....	83
TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO ...	88
TASA DE ASIMILACION NETA .....	94

	Página
COMPONENTES DE RENDIMIENTO .....	100
DENSIDAD DE POBLACION .....	100
LONGITUD DE ESPIGA .....	103
GRANOS POR ESPIGA .....	104
PESO DE MIL GRANOS .....	105
PESO HECTOLITRICO .....	106
PRODUCCION DE GRANO.....	107
PRODUCCION DE BIOMASA .....	109
INDICE DE COSECHA .....	111
CONSUMO DE HUMEDAD DEL TRIGO .....	114
EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA .....	129
CONCLUSIONES .....	132
RESUMEN .....	135
LITERATURA CITADA .....	138
APENDICE .....	153

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Descripción del perfil de suelo de la serie "Navidad". .....	39
2	Características edáficas del perfil de suelo de la serie "Navidad".....	40
3	Análisis del agua de riego del campo experimental "Navidad". Ciclo agrícola invierno-primavera 1986/1987 .....	43
4	Tratamientos utilizados en el experimento .....	45
5	Cronología del manejo del cultivo y fenología observada por el trigo. Navidad, N.L. 1987.....	52
6	Características iniciales de humedad del perfil de suelo (0-51 cm) de la serie "Navidad". 1987 .....	60
7	Cuadrados medios de las propiedades del suelo en respuesta a los residuos orgánicos con cultivo de trigo en Navidad, N.L. 1987.....	63
8	Estiércol de bovino y su efecto en el potencial hidrógeno del suelo. Navidad, N.L. 1987 .....	64
9	Materia orgánica en el suelo por aplicación de rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987.....	67
10	Capacidad de intercambio catiónico en el suelo por efecto del estiércol de bovino. Navidad, N.L. 1987.....	69

Cuadro		Página
11	Densidad aparente en el suelo por incorporación de estiércol. Navidad, N.L. 1987 .....	72
12	Índice de porosidad del suelo por adición de residuos orgánicos. Navidad, N.L. 1987. ....	73
13	Características de la estructura del suelo al final del ciclo de cultivo por efecto de los residuos orgánicos. Navidad, N.L. 1987 .....	76
14	Contenido gravimétrico de humedad del suelo (%) a tres tensiones y humedad disponible por efecto de residuos orgánicos. Navidad, N.L. 1987.....	81
15	Cuadrados medios del efecto de los residuos orgánicos en los componentes de rendimiento del trigo. Navidad, N.L. 1987. ....	102
16	Peso de mil granos en trigo bajo el efecto de rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987 .....	106
17	Producción de biomasa del trigo bajo efecto de rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987.....	111
18	Valores de F del análisis de varianza para el contenido de humedad en el suelo antes de cada riego por efecto de residuos orgánicos. Navidad, N.L. 1987 ..	116
19	Porcentaje de humedad del suelo en base a peso seco antes de cada riego para niveles de estiércol de bovino. Navidad, N.L. 1987 .....	118

Cuadro		Página
20	Porcentaje de humedad del suelo en base a peso seco para niveles de rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987.....	119
21	Contenidos de humedad del suelo a los - 130 DDS por efecto de la interacción es tiércol de bovino y rastrojo de maíz.- Navidad, N.L. 1987 .....	121
22	Contenido de humedad del suelo a los - 136 DDS por efecto de la interacción es tiércol de bovino y rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987.....	122
23	Componentes de la eficiencia en el uso de agua del trigo bajo efecto de residuos orgánicos incorporados al suelo. Navidad, N.L. 1987 .....	128
A1	Potencial hidrógeno observado al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. - 1987 .....	154
A2	Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (mmhos/cm) observada al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987 .....	155
A3	Contenido de materia orgánica (%) al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987 .....	156
A4	Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g) observada al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987 .....	157
A5	Densidad de sólidos (g/cm <sup>3</sup> ) observada - al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987 .....	158
A6	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> ) al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987...	159

Cuadro		Página
A7	Índice de porosidad total del suelo observado al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987.....	160
A8	Coefficiente de dispersión para evaluar microestructura al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987 .....	161
A9	Clase de estructura (cm <sup>3</sup> ) observada al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987 .....	162
A10	Conductividad hidráulica (cm/día) observada al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987 .....	163
A11	Modelo de ajuste de la curva característica de humedad del suelo para diferentes tratamientos de residuos orgánicos y su coeficiente de determinación R <sup>2</sup> .....	164
A12	Coefficiente de regresión $\beta_0$ y $\beta_1$ , estimador y coeficiente de determinación R <sup>2</sup> de la curva logística para el ajuste de altura de planta de trigo...	165
A13	Comportamiento del área foliar (cm <sup>2</sup> /tallo) y materia seca (g/planta) del trigo durante el ciclo de cultivo por efecto de residuos orgánicos en el suelo. Navidad, N.L. 1987 .....	166
A14	Densidad de población (tallos/m) del trigo a la cosecha. Navidad, N.L. 1987.	167
A15	Longitud de espiga (cm) del trigo por efecto de residuos orgánicos en el suelo. Navidad, N.L. 1987.....	168
A16	Granos por espiga de trigo bajo el efecto de residuos orgánicos al suelo. Navidad, N.L. 1987 .....	169

A17	Peso de mil granos (g) de trigo por efecto de residuos orgánicos en el <u>sue</u> lo. Navidad, N.L. 1987 .....	170
A18	Peso hectolítrico del grano (kg/hl) de trigo por efecto de residuos orgánicos en el suelo. Navidad, N.L. 1987 .....	171
A19	Rendimiento de grano (kg/ha) de trigo por el efecto de residuos orgánicos en el suelo. Navidad, N.L. 1987 .....	172
A20	Producción de biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) de trigo por efecto de residuos orgánicos en el suelo. Navidad, N.L. 1987 .....	173
A21	Índice de cosecha del trigo bajo el efecto de residuos orgánicos en el <u>sue</u> lo. Navidad, N.L. 1987 .....	174

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización geográfica del campo experimental "Navidad", perteneciente a la UAAAN.....	35
2	Climograma representativo para la región de Navidad, N.L.....	37
3	Distribución de tratamientos y dimensiones del lote experimental.....	47
4	Altura de planta del trigo a un nivel de 0 ton/ha de estiércol de bovino y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987.....	84
5	Altura de planta del trigo a un nivel de 20 ton/ha de estiércol de bovino y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987.....	85
6	Altura de planta del trigo a un nivel de 60 ton/ha de estiércol de bovino y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987.....	86
7	Tasa relativa de crecimiento (TRC) del trigo con 0 ton/ha de estiércol y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad N.L. 1987.....	88
8	Tasa relativa de crecimiento (TRC) del trigo con 30 ton/ha de estiércol y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987.....	90
9	Tasa relativa de crecimiento (TRC) del trigo con 60 ton/ha de estiércol y su	

	interacción con rastrojo de maíz. Na- vidad, N.L. 1987.....	92
10	Tasa de asimilación neta (TAN) del tri- go a un nivel de 0 ton/ha de estiércol y su interacción con rastrojo. Navidad N.L. 1987.....	95
11	Tasa de asimilación neta (TAN) del tri- go a un nivel de 30 ton/ha de estiércol y su interacción con rastrojo. Navidad, N.L. 1987.....	97
12	Tasa de asimilación neta (TAN) del tri- go a un nivel de 60 ton/ha de estiércol y su interacción con rastrojo. Navidad N.L. 1987.....	98
13	Producción del trigo a diferentes nive- les de estiércol de bovino y rastrojo de maíz incorporados al suelo. Navidad N.L. 1987.....	113
14	Consumo de humedad del trigo en su de- sarrollo con 0 ton/ha de estiércol de bovino y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987.....	123
15	Consumo de humedad del trigo en su de- sarrollo con 30 ton/ha de estiércol de bovino y su interacción con rastrojo - de maíz. Navidad, N.L. 1987.....	124
16	Consumo de humedad del trigo en su desa- rrollo con 60 ton/ha de estiércol de bo- vino y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987.....	126
A1	Precipitación y evaporación observada durante el desarrollo del trigo en Navi- dad, N.L. 1987.....	175

**Figura**

**Página**

A2	Temperatura máxima y mínima observada en el período de desarrollo del trigo en Navidad, N.L. 1987.....	175
----	--	-----

## INTRODUCCION

La escasez de agua para riego en las zonas semiáridas del País es una situación crítica, por lo escaso de precipitaciones y abatimiento de acuíferos; aunando que la cantidad de lluvia es insuficiente para compensar la demanda de almacenamiento en presas y recarga de acuíferos. En región de la Sierra de Arteaga y los límites entre Coahuila y Nuevo León, el costo del bombeo requiere de producir cultivos muy redituables y además el 17 por ciento de pozos profundos ha dejado de operar en los últimos dos años, por causa de bajar el nivel del manto freático y una recuperación lenta del mismo.

Racionar el agua, es la forma para que los cultivos eficientes en el uso del agua y prácticas de manejo, tomen un auge cada vez mayor dentro de la investigación agrícola en estas regiones. Una alternativa como práctica de manejo es el uso de residuos orgánicos como mejorador de las propiedades del suelo que afecten la retención y disponibilidad de humedad, en beneficio de una mayor eficiencia en el uso del cultivo.

En las regiones antes mencionadas, el trigo es un cultivo con rendimiento promedio de 2.8 ton/ha en condiciones de riego, valor inferior respecto a su rendimiento potencial regional en base a los ensayos realizados por el Programa de Cereales de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

El trigo es un cultivo moderadamente eficiente en el uso del agua y una de las causas del bajo rendimiento es la disponibilidad de agua durante su ciclo de desarrollo. Las prácticas de manejo para eficiencia de humedad, involucran un menor uso de agua y una mayor disponibilidad en las etapas críticas que afecten considerablemente el rendimiento; y donde el uso de residuos orgánicos se justifica porque los suelos de zonas semiáridas se caracterizan por un bajo contenido de materia orgánica, y si los residuos utilizados son disponibles regionalmente con un bajo costo de adquisición.

El objetivo del estudio es determinar la relación de los residuos orgánicos de rastrojo de maíz y estiércol de bovino, como mejoradores de las propiedades de un suelo arcillo-calcáreo que benefician un menor uso de agua por el cultivo del trigo, en la región de Navidad N.L. bajo un ciclo de cultivo.

### Hipótesis

La condición de los suelos calcáreos de la región de Navidad, N.L., es pobre y se beneficia mediante la adición de residuos orgánicos los cuales mejoran varias características de interés agrícola de estos suelos.

La disponibilidad de agua para riego es limitada en Navidad, N.L., y por la adición de residuos orgánicos se disminuye la lámina de riego y se incrementa la eficiencia en uso de agua por el trigo.

## REVISION DE LITERA URA

### Requerimientos del Cultivo de Trigo

El trigo ocupa el primer lugar en producción y superficie entre los cereales básicos a nivel mundial y es originario del medio oriente (Sears, 1965; Food and Agriculture Organization (FAO), 1986). En México es el segundo cereal de importancia después del maíz y los estados más productivos son Sonora y Baja California Norte (Sixto, 1981).

#### Edáficos

Las relaciones suelo-cultivo están en base a la función que realizan en beneficio de las plantas. Durante las primeras etapas de desarrollo, un impedimento mecánico a la emergencia del coleoptilo, en un suelo migajón limoso tiene un módulo de ruptura de las costras superficiales de 3.2 a 6.4 bar con 25 por ciento de humedad aprovechable en el suelo y de 0.8 a 1.6 bar a 50 por ciento de humedad (Hanks, 1960).

En el desarrollo de raíces y la penetración a través del suelo, el trigo es fuertemente afectado a lecturas en penetrógrafo de 16 bar y por presencia de estratos como duripan y fragipan. La densidad aparente del suelo a valores de  $1.7 \text{ g/cm}^3$  restringe en un 80 por ciento la densidad de raíces del trigo respecto a un suelo con valores de  $1.2 \text{ g/cm}^3$  (Bowen, 1981); pero también el crecimiento de raíces puede detenerse desde la antesis, cuando se presenta un impedimento mecánico

en el suelo desde el inicio del desarrollo (Asana y Singh, 1967).

La tasa de absorción de agua por cantidad unitaria de raíces en trigo es de 0.07 y 0.012 mm<sup>3</sup>/cm/hr a tensiones de 0.3 y 15 bar respectivamente (Carson, 1974).

El trigo necesita de un 10 por ciento de oxígeno en el suelo para emerger y de 0.75 Mg/cm<sup>2</sup>/min de velocidad de difusión de oxígeno; pero la concentración es mas determinante que el flujo (Kaack y Kristensen, 1967). El consumo de oxígeno en el suelo se estima en  $3.5 * 10^{-3}$  g de O<sub>2</sub> por gramo de peso fresco por día y el mayor efecto de una deficiencia de oxígeno tiene el siguiente orden: amacollamiento > inicio de formación de la penúltima hoja > floración, en ésta última porque se inhibe la viabilidad del polen (Cannell y Jackson, 1981).

La temperatura del suelo promedio para el adecuado desarrollo del trigo, en el estrato 0-30 cm, es de 20°C; para la germinación y emergencia se requieren de temperaturas de 20 a 25°C en el suelo y para la absorción de agua y nutrientes una temperatura de 18 a 24°C (Varade et al., 1970).

El trigo requiere de un pH de 5.0 a 8.5 para un desarrollo productivo y un óptimo de 6.5 a 7.5, a valores menores presenta problemas de toxicidad con aluminio y a mayores deficiencias de fierro, zinc y cobre (Carson, 1974).

La demanda de nutrimentos es dinámica durante el desarrollo, el contenido adecuado en la etapa de amacollamiento de N, P, K, S, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Fe,

Al, B y Mo es de 6.5, 0.56, 3.2, 0.28, 0.3, 0.15 en por ciento de peso seco de hojas y 2.1, 22, 35, 30, 50, 6, 0.01 en ppm respectivamente, con un contenido medio por ciclo agrícola de 2.6, 0.36, 2.6, 0.25, 0.45 0.16 en por ciento y 8, 32, 60, 80, 50, 8, 0.8 en ppm en el mismo orden de elementos que el anterior (Reuter y Robinson, 1986). En la etapa de amacollamiento las necesidades de nitrógeno son mayores, y una deficiencia aquí reduce el crecimiento vegetativo y el índice de amacollo, pero incrementa la extensión radical.

El trigo es considerado como moderadamente tolerante a la concentración de sales en el suelo; sin afectar el rendimiento a valores máximos de concentración de 6.0 mmhos/cm a 25°C tiene como etapa más sensible el estado de plántula antes del amacollamiento, donde sólo tolera 4.0 mmhos/cm sin disminuir su desarrollo (Mass, 1984).

### Climáticos

El trigo puede desarrollarse durante el ciclo de invierno y primavera, pero de preferencia en regiones templadas y frías (Doorembos y Kassam, 1979).

La temperatura óptima durante el ciclo de desarrollo y para una adecuada producción es de 15 a 25°C, propia de las plantas C<sub>3</sub> en base a su fotosíntesis neta (Evans, 1980). En oscilaciones, se requiere de temperaturas diurnas de 20°C y 9°C nocturnas que alarguen el período de llenado de grano y provoquen un mayor peso final de éste (Wattal, 1965).

Bajas temperaturas son necesarias para la vernalización del trigo en las primeras etapas donde se define el número de tallos por planta; en trigos de

invierno la vernalización se produce a 3°C y en primaverales a 10°C en cambio estas temperaturas o menores, si se presentan durante el desarrollo de la espiga e inflorescencias, provocan el aborto de éstas y en la antesis temperaturas inferiores a 10°C causan la esterilidad del polen (Riddell y Gries, 1958b; Evans, Bingham y Roskans, 1972).

Temperaturas de aire superiores a 35°C al momento de la antesis causan la esterilidad del polen y de 40°C en un periodo de cinco horas durante la canopia se incrementa el déficit de presión de saturación de vapor de agua en la atmósfera circundante a las hojas y por consiguiente incrementa el gradiente de presión de vapor, ocasionando la deshidratación de las hojas superiores (Riddell y Gries, 1958b; Fischer, 1973).

La radiación solar está en función a la fotosíntesis y el trigo requiere de una longitud de onda de 0.4 a 0.7 micrón para ésta; rangos menores provocan menor tasa de desarrollo y hojas más gruesas. A valores de radiación menores de 0.4 cal/cm<sup>2</sup> por minuto, la fotosíntesis se incrementa linealmente y el grado de saturación de radiación en trigo depende de los niveles existentes de CO<sub>2</sub> atmosférico y velocidad del viento (Evans, 1980).

La respiración del trigo varía con la fenología, en plántula requiere de 65 Mmoles/hr de O<sub>2</sub>, en hojas de cinco días de 22 Mmoles/hr y antes del inicio del amacollamiento de 8 Mmoles/hr, volverse a incrementar directamente proporcional al desarrollo vegetativo, y favorecer la fotorespiración. En cambio, el trigo tiene una fijación máxima de CO<sub>2</sub> de 45 mg/dm<sup>2</sup>/hr a una intensidad de luz de 1 ly/min y requiere de 30 mg para lograr el punto de equilibrio interno en

sus hojas para superar a la fotorespiración y a concentraciones de 10 mg se provoca que las hojas se tornen color café claro y mueran (Salisbury y Ross, 1978).

En condiciones de invernadero a 20°C, radiación de 0.27 cal/cm<sup>2</sup> por minuto e índice de área foliar (IAF) de seis en trigo, la fotosíntesis neta de 22 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/min (Evans, 1980).

El trigo requiere de una radiación incidente de 20 mil cal/cm<sup>2</sup> desde emergencia a madurez, como acumulación de calor; pero esta medida es poco usual y se representa mediante unidades calor acumuladas (UCA), que son variables en un mismo lugar para años diferentes y distintas fechas de siembra; así, el trigo puede presentar valores de 980 a 1400 UCA en el estado de Coahuila (Evans, 1980; Torres, 1980).

La intensidad de la luz incrementa en forma directamente proporcional la relación raíz:tallo, la mayor área foliar se obtiene con una intensidad de luz de 19 000 lx y 20°C, pero al disminuir la temperatura y mantener la intensidad, se incrementa el ancho de la lámina de la hoja; que adicionado este efecto de luz, el trigo presenta su mayor área foliar al momento que la hoja bandera a emergido completamente (Fischer y Kohn, 1966; Puckridge, 1971).

En la duración de la luminosidad como fotoperíodo se tiene mayor efecto al inicio de la floración, porque se requieren días largos para favorecer ésta, pero el grado de respuesta al fotoperíodo se ve modificado por la temperatura, así el desarrollo de la inflorescencia es más rápido a medida que la intensidad lumínica es mayor y que aumenta la longitud del día y la temperatura es más alta (Riddell y Gries, 1958a; Friend,

1985).

Velocidades de viento superiores a 3 m/seg provocan acame de tallo al final del período de desarrollo y acame de raíz cuando el cultivo tiene humedad en el suelo próxima a capacidad de campo o la estructura del suelo está muy deteriorada y sin consistencia (Doorembos y Kassam, 1979; Bowen, 1981).

La precipitación, tiene su efecto en el cultivo como cantidad y distribución durante el ciclo de desarrollo; la germinación puede ocurrir con humedad por debajo del punto de marchitez permanente para la planta en crecimiento, porque mientras la plántula se desarrolla se vuelve más susceptible a la deficiencia de agua, y una germinación prematura puede ocurrir luego de una lluvia ligera, pero esto a su vez, reduce el vigor de la plántula (Milthorpe, 1950; Owen, 1952).

### Hídricos

El primer efecto de un déficit hídrico en los cultivos de grano, es reducir el crecimiento expandible provocando una reducción del alargamiento y un decremento en el tamaño celular (Hsiao y Acevedo, 1974; Bidinger, 1978); una reducción del 25 por ciento se obtiene a un potencial hídrico de -4 bar en la hoja (Hsiao, 1973), este valor es transitorio debido al potencial hídrico del suelo y a la absorción que se presenta después de la transpiración que incrementa el contenido de agua en la planta (Kramer, 1969). Pero cuando la planta no puede recuperar su turgencia, debido a un bajo contenido de humedad en el suelo, el potencial hídrico de la planta tiende a ser más negativo, hasta que actúe un mecanismo regulador y provoque el cierre estomático (Slayter, 1969).

El efecto del déficit, depende de la duración y severidad de éste, que al aumentar su intensidad disminuye la producción vegetativa por reducir la asimilación por la planta y la alteración de los patrones de partición de fotosintatos (Brauford y Hsiao, 1982).

Acevedo et al. (1971) señalan que en períodos cortos de duración de un stress, el crecimiento perdido por la reducción del alargamiento celular, puede ser recobrado después de la hidratación; pero si la duración continúa, se provoca una menor proporción de células epidérmicas que forman los estomas y un incremento en el número de tricomas epidérmicos.

Al continuar la disminución del potencial hídrico en la planta, se afecta la estructura celular y el metabolismo de nitrógeno y carbohidratos; que disminuye la síntesis de proteínas e incrementa la concentración de azúcares y aminoácidos libres, como la prolina que puede alcanzar un valor del 1 por ciento del total de la materia seca de una hoja, además se reduce la actividad de las enzimas como la nitrato reductasa, ribonucleasa y enzimas hidrolíticas (Munns et al., 1979). La modificación de la permeabilidad celular por un déficit, reduce el transporte en el xilema y disminuye la capacidad de fuente-demanda que provoca el cierre estomático y reduce la fotosíntesis y respiración, además contribuye al decremento en la producción de materia seca por la baja tasa de asimilación de carbono.

#### Efectos de un Déficit

Aunque el trigo requiere de un mínimo de -20 bar de potencial hídrico en la semilla para su germinación; una deficiencia de humedad prematura impide el crecimiento de la plántula, reduce el amacollamiento y provoca mayor desarrollo radicular que ocasiona una

mayor relación raíz/vástago en la etapa de amacollamiento (Prescott et al., 1986). Esto influye en la producción, porque en esta etapa se define el total de espigas potenciales y semillas por espiga; aunque el trigo tiene su menor límite de extracción de agua en el suelo a -40 bar de potencial hídrico del suelo, no se debe permitir llegar a él sin causar un daño irreversible al cultivo (Papendick et al., 1971).

En el encañe, un stress poco severo sólo afecta la división y elongación celular y si la severidad aumenta se puede acelerar la madurez, acortando el período vegetativo (Day y Intalap, 1970).

Un déficit severo al final de la etapa de embuche y durante la formación del grano puede causar una completa o parcial esterilidad y si ésta se presenta al inicio de embuche, se acelera la floración por una semana que disminuye el número de espiguillas y flores, la fertilidad del polen y el llenado del grano (Fischer, 1973).

Si el déficit se presenta en el período de llenado de grano a grano lechoso, se provoca menor peso de grano y un arrugamiento con una baja calidad y rendimiento, pero este efecto decrece al final del período de llenado de grano (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), 1983).

Diversos autores coinciden en indicar que la floración es el período de mayor sensibilidad para un déficit hídrico en el trigo; la formación del polen y la fecundación son gravemente perjudicadas, se reduce la longitud de espiga y el número de granos por espiga. Las raíces reducen su crecimiento y disminuyen la absorción, decreciendo en forma considerable el rendi-

miento; esto es un proceso irreversible aunque después se aplique agua (CIMMYT, 1982; Clarke et al., 1984; Doorembos y Kassam, 1979 y Jordan, 1983).

Recientemente Hsiao (1988) señala que no se debe considerar a la polinización como la etapa más sensitiva por el hecho de la reducción del número de granos por espiga, porque esto se ocasiona por la absorción de los frutos jóvenes ya polinizados y ocurre cuando la magnitud del déficit hídrico limita el suministro de fotosintatos y provoca que la fuente de suministro de éstos se reduzca al inicio del llenado de grano, acelerando la senescencia de la planta y como consecuencia menor rendimiento.

Situación comprobada por Fischer (1979) que al tratar de relacionar el número de granos con los componentes de rendimiento de las partes vegetativas como planta, amacollo, espiga, espiguillas y número de flores, no encontró ninguna relación; pero con la producción de fotosintatos y su translocación durante el período de preantesis, observó una influencia directamente proporcional entre el número de granos por espiga y el incremento en la fotosíntesis.

#### Niveles de Humedad del Suelo durante el Desarrollo

En trigo, sus programas de suministro de humedad, se basan en tres etapas fenológicas que son vegetativa, floración y madurez (Rodríguez, 1978). La primera comprende de emergencia a hoja bandera, la segunda hasta inicio de llenado de grano y la tercera a grano lechoso.

El monitoreo hídrico se basa en el contenido de humedad del suelo y su abatimiento permisible en

cada etapa; donde los niveles de abatimiento de humedad se incrementan de acuerdo a la siguiente relación: floración > madurez > vegetativo (Marinato, 1978).

En Texcoco, Edo. de México, Sandoval et al. (1985), encontraron que los abatimientos del 77, 43 y 45 por ciento de la humedad disponible que corresponden a 6.1, 1.87 y 3.76 bar de tensión de humedad del suelo en las etapas vegetativa, floración y madurez respectivamente, tienen un mayor efecto en la producción de grano de trigo; y abatimiento del 77, 37 y 41 por ciento en la producción de materia seca. En la misma localidad, Escobasa y Palacios (1985), señalan que abatimientos permisibles para un mayor rendimiento de grano son de 73, 39 y 43 por ciento y Cisneros (1979), en cambio los reduce a 69, 38 y 40 por ciento de humedad aprovechable en las mismas etapas.

En la región de Buenavista, Coah., Martínez (1987), determinó niveles de abatimiento del 60, 30 y 30 por ciento en vegetativo, floración y madurez para un mayor rendimiento de grano con 3.8 ton/ha, superando con 0.9 ton a un abatimiento del 60 por ciento en floración; Ramírez (1988), con la variedad Aricosta S-83, encontró niveles de 20, 60 y 60 por ciento en vegetativo, floración y madurez con el mejor rendimiento de grano, pero con 15 riegos de auxilio.

En Navidad, N.L., Ramírez (1980) señala que niveles de abatimiento del 60, 30 y 30 por ciento de la humedad aprovechable en vegetativo, floración y madurez, tienen una mayor producción de grano con 2.8 ton/ha y niveles del 30, 30 y 60 por ciento de abatimiento en las mismas etapas son los mejores para una mayor producción de materia seca con 9 ton/ha. Alvarado (1982), encontró en la misma localidad resultados

similares para producción de grano, pero con niveles del 60, 30 y 60 por ciento para una mejor producción de materia seca.

En una evaluación a nivel mundial por la FAO, para determinar el consumo de humedad del trigo, Doorembos y Priutt (1974) indican que con abatimientos a 4.0, 0.8 y 3.0 bar de potencial hídrico del suelo en vegetativo, floración y madurez, se tiene la mayor expresión en producción de grano.

### Eficiencia en el Uso de Agua en Trigo

La eficiencia en el uso de agua en los cultivos, parte de dos situaciones: la planta requiere un rápido intercambio gaseoso con la atmósfera para la asimilación de  $\text{CO}_2$  y producción de materia seca; y para mantener alta humedad en las hojas, es necesario de un mínimo intercambio gaseoso con la atmósfera. Donde es deseable maximizar la producción con un mínimo de pérdida de humedad (Stanhill, 1986).

El término eficiencia en el uso de agua (EUA) tiene dos aspectos, el hidrológico y el fisiológico; y cada uno se define de diferente manera:

- a). EUA hidrológica es la relación del volumen de agua utilizada en la productividad de un cultivo; el volumen de agua involucra el riego y lluvia más la disponible de el suelo (Bos y Nugteren, 1974).
- b). EUA fisiológica es la asimilación de  $\text{CO}_2$  neta por unidad de transpiración en un vegetal y puede ser determinada con muestreos de intercambio gaseoso de tejido fotosintético bajo iluminación (Cowan, 1977).

El término uso de agua es difícil de definir, porque la transpiración es un proceso físico y no fisiológico y es más recomendable utilizar el término tasa de evapotranspiración (Egg & Turner, 1970 Stanhill, 1986).

El valor de asimilación de  $\text{CO}_2$  representa  $2/3$  del valor de materia seca acumulada, con variaciones de 0.61 a 0.68 g MS/g  $\text{CO}_2$  en la mayoría de las plantas y la materia seca es un componente de rendimiento de los cultivos (Loomis et al., 1971; Fischer y Turner, 1978).

En estudios de campo la EUA se expresa como la relación de materia seca producida en función de la evapotranspiración del cultivo; y para estudios específicos de riego es denominada función de producción hídrica que relaciona la aplicación de agua en lugar de la evapotranspiración, combinando así el aspecto hidrológico y fisiológico de la eficiencia en el uso de agua (Good y Bell, 1980).

La utilidad de la EUA está en función de incrementar los rendimientos a través de una apreciable conservación del uso de agua (Pendelton, 1966); y de evaluar la contribución de las prácticas culturales para un incremento en el rendimiento (Bertrand, 1966).

El trigo es una planta  $\text{C}_3$  en base al ciclo de fijación del  $\text{CO}_2$  (Salisbury y Ross, 1978), porque al entrar éste al ciclo de producción de carbohidratos lo hace como un compuesto de cinco carbonos, Ribulosa-1-5-Difosfato (RuDP), para formar un compuesto de tres carbonos, de ahí el nombre de plantas  $\text{C}_3$ . Esta reacción es catalizada por una enzima, la Ribulosa-1-5-Difosfato Carboxilasa, que también cataliza otra reacción al

combinar la RuDP con el oxígeno y formar dos moléculas, el fosfoglicerato de tres átomos de carbono y una de dos átomos de carbono, el fosfoglicolato que se degrada inmediatamente liberando a la atmósfera el 25 por ciento del carbono contenido en él, en forma de  $\text{CO}_2$  (Bidwell, 1979).

La pérdida del  $\text{CO}_2$  en las plantas  $\text{C}_3$  durante el día por efecto de estas reacciones, provoca que los estomas estén abiertos hasta que la planta adquiera una concentración de  $\text{CO}_2$  que llegue a un punto de equilibrio interno en las hojas para compensar la pérdida de carbono y producir materia seca (Black, 1973).

Pero al incrementarse la pérdida de agua se provoca el cierre estomático por algún mecanismo regulador; la pérdida de agua ocasiona que éste tipo de plantas tengan mayor consumo de humedad por unidad de producción de materia seca (Allen et al., 1974).

El trigo presenta un consumo de humedad promedio de 557 g  $\text{H}_2\text{O}$ /g MS, mayor en 208 g  $\text{H}_2\text{O}$  respecto al maíz y en 253 g  $\text{H}_2\text{O}$  con el sorgo, para condiciones de alta competencia en Akron, Colorado (Black et al., 1969). En México, el trigo tiene un consumo promedio de 620 mm en invierno y 780 mm en verano (Ortíz, 1984).

En Jiménez, Chih., Hernández (1982), encontró con una lámina de 650 mm que el trigo tiene una EUA de 0.83 kg grano/ $\text{m}^3$   $\text{H}_2\text{O}$  con 10 riegos de auxilio; y al incrementar la lámina de riego a 950 mm con 16 riegos de auxilio, se disminuye la EUA a 0.43 kg grano/ $\text{m}^3$   $\text{H}_2\text{O}$  o sea un 46 por ciento menos.

En la Costa de Hermosillo, Son., con abatimientos del 30 por ciento de humedad aprovechable del

suelo, el trigo presenta los máximos rendimientos y la mayor eficiencia con 6.3 ton/ha y 0.99 kg grano/ $m^3$   $H_2O$  respectivamente. Esto es variable de acuerdo al genotipo utilizado, donde en el Valle del Yaqui, Son., la variedad Nacozari M-76 superó a la Hermosillo F-77 en rendimiento de grano con 20 por ciento y en EUA en 15 por ciento con cinco riegos de auxilio y 550 mm de consumo; pero al disminuir el número de riegos de auxilio a tres, decrece el consumo a 380 mm y el rendimiento en ambos genotipos; pero aumenta la EUA de la variedad Nacozari que supera a la Hermosillo con 20 por ciento (Reyes, 1983).

En Buenavista, Saltillo, Coah., Ramírez (1988) con el genotipo Aricosta S-83 encontró un consumo de 610 mm, éste presenta la mayor EUA hidrológica con 0.5 kg grano/ $m^3$   $H_2O$  y para un consumo de 550 mm la mayor EUA fisiológica con 2.37 mg MS/g  $H_2O$ .

A nivel mundial, el trigo tiene una EUA fisiológica promedio de 2.49 mg MS/g  $H_2O$ ; con variación en función a la localidad y manejo e. g. en Australia se observó una EUA de 5.1 mg MS/g  $H_2O$  (Fischer y Turner 1978).

#### Suelos Calcáreos y su Implicación en la Agricultura

Los suelos calcáreos representan más del 30 por ciento de la superficie del planeta, y se originaron a partir de la intemperización del material secundario de rocas calizas; donde los principales materiales derivados son, la calcita en forma de cristales, la dolomita, la anhidrita y el yeso (Cajuste, 1977; Chen y Barak, 1982).

Estos suelos son característicos de zonas con insuficiencia de precipitación para el desarrollo de los cultivos, su contenido de materia orgánica del suelo es bajo y las poblaciones microbianas son escasas, condición que resulta de la poca humedad existente en el perfil, ésto ocasiona que las reacciones físico químicas y biológicas sean poco intensas (Bonnet, 1968).

Aun con el bajo efecto de la intemperización hídrica por lo escaso de la precipitación, se realiza el lavado de los materiales derivados de rocas calizas. En suelos poco desarrollados se encuentran acumulaciones de sales de calcio, como carbonatos y sulfatos en la parte superficial del suelo, pero estos compuestos son poco estables y pronto son meteorizados; en cambio en suelos maduros éstos fueron lixiviados en el perfil hasta que se precipitan, acumulándose en el horizonte C del perfil, que se define como Cca, característico de horizontes cálcicos y petrocálcicos (Fassbender, 1975).

Las sales de calcio son un agente cementante por su capacidad de incrementar la cohesividad de las partículas arcillosas con carga negativa, y el calcio como un catión divalente y de gran radio iónico, ambos al agregarse sus partículas disminuyen el espacio poroso y el tamaño de los poros, acumulándose hasta formar un estrato impermeable o capa endurecida conocida como "caliche" que limitan el desarrollo de las raíces e impide el sostén de la planta. Para diferenciar el tipo de compuesto en la capa del suelo se realiza en campo un análisis de reacción de efervescencia al HCl 0.1 N, donde el  $\text{CaCO}_3$  reacciona fuertemente y el  $\text{CaSO}_4$  no, (Cuanalo, 1981).

Los suelos calcáreos tienen un pH elevado debido a la hidrólisis del carbonato de calcio, porque la producción de iones hidróxilos es mayor que los iones hidrógeno procedentes del ácido carbónico débil por la disociación del hidróxido de calcio formado, y su valor nunca es mayor de 8.5 ya que el exceso de carbonatos ejerce una capacidad de amortiguamiento y regulación (Thompson y Thoeh, 1980).

Al incrementarse el pH, se provoca una baja solubilidad de los siguientes elementos esenciales para los cultivos como fósforo, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro (Marschner, 1986), este efecto detrimental se presenta con mayor énfasis en cebada, avena, frijol, algodón, sorgo, soya, papa y cacahuate como cultivos extensivos, así como otros frutales y ornamentales (Chen y Barak, 1982).

El fósforo en suelos calcáreos se encuentra como fosfato tricálcico y es poco asimilable por la planta, con el tiempo el fósforo de este compuesto es retenido cada vez más fuertemente por las partículas del suelo como la carbono apatita, que provoca deficiencias de este elemento en los cultivos (Tisdale y Nelson, 1982).

Las deficiencias de zinc han tratado de resolverse con adiciones al suelo sin resultado, porque este elemento es indisponible al cultivo por ser adsorbido por los carbonatos o precipitado por los hidróxidos ambos responsables en parte de la indisponibilidad en suelos calcáreos (Leeper, 1952; Udo et al., 1970). Pero Wear (1956) señala que el bajo nivel de absorción de zinc por los cultivos se debe al pH y no por efecto directo del carbonato de calcio.

Las deficiencias de cobre y manganeso para los cultivos en un suelo calcáreo, es debida a la insolubilidad de éstos al incrementarse la concentración de carbonatos de calcio e hidróxidos, se disminuyen la solubilidad y disponibilidad en la solución de intercambio con la raíz (Barber, 1986).

La deficiencia de fierro en suelos calcáreos en casos extremos causa el fracaso de los cultivos, el fierro dentro de un rango de pH de 7.5 a 9.0 su concentración no excede de 5.6 partes por trillón y parte de esa concentración se encuentra en forma férrica que no puede ser reducida a su forma ferrosa para ser absorbido por las plantas, debido a la alcalinidad del medio (Chen y Barak, 1982). La formación de compuestos insolubles con carbonatos y altos contenidos de calcio y metales pesados como níquel, ocasionan que los compuestos de fierro precipiten (Brown, 1961; Wallace et al., 1978). Este efecto se ha observado en maíz cultivado en suelos calcáreos, donde al aplicar fósforo y zinc al suelo, decrece el contenido de fierro en el tejido vegetal, y al aplicar magnesio se incrementa su concentración (Agbin, 1981).

Una manera de resolver los problemas de deficiencia de fierro en suelos calcáreos es la adición de compostas y estercoladuras, donde dosis de 10 ton/ha de estiércol de bovino mostraron una diferencia estadísticamente significativa en el control de la deficiencia con el testigo, también en sorgo se encontró esta respuesta pero con dosis de 20 ton/ha (Thomas y Mathers, 1979). Esta respuesta es porque el estiércol contiene quelatos que mantienen al fierro disponible para el cultivo, mientras que el fierro como  $\text{FeSO}_4$  puede ser convertido a carbonatos y fosfatos insolubles que son indisponibles para la planta (Mathers et al., 1980).

## Residuos Orgánicos

La producción de residuos orgánicos basa su mayor parte en estiércoles y residuos de cultivos, y en menor grado, desechos industriales y compostas. En Norteamérica, los residuos de cultivo representan el 53.7 por ciento de la producción y los estiércoles el 21.8 por ciento ambos son el 85.5 por ciento (Parr y Papendick, 1983); entre los residuos de cultivo, el maíz, el trigo y la soya comprenden el 75 por ciento de los residuos y en proporción el maíz contribuye con un tercio más que el trigo y dos veces más que la soya (Larson et al., 1978).

En México se producen aproximadamente 49.2 millones de toneladas de residuos de cosecha, el maíz es el de mayor proporción y se utiliza como alimento para ganado; seguido de trigo, sorgo y algodón, donde estos residuos son quemados o incorporados al suelo (Figueroa, 1983).

Para 1980, la producción de estiércol era de 126.82 millones de toneladas, de las cuales 48.7 millones es de ganado estabulado especialmente en el norte y centro de México (Núñez, 1981), y donde el desalojo del estiércol en los establos, representa un problema al ganadero, de ahí que su utilidad en la agricultura es ilimitada (Castellanos, 1982).

El uso de residuos orgánicos incorporados al suelo disminuyó en la época de 1940 a 1978 por el auge de los fertilizantes químicos (Power y Legg, 1978); pero en la actualidad se vuelve a incrementar su uso por su mayor efecto residual como fertilizante y porque influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; y dentro de las físicas su mayor efecto

está en la conducción y retención de agua y gases, y evitar la deformación de la masa del suelo (Castellanos, 1985b).

### Efecto sobre las Características del Suelo

Los residuos orgánicos afectan el potencial hidrógeno (pH) en base a la cantidad de humus que aportan al suelo y el tiempo de descomposición de éstos. Los residuos de cosecha tienen poca cantidad de humus, en cambio el estiércol de bovino presenta mayor proporción durante el primer año después de su aplicación. El humus ya formado actúa como un ácido débilmente asociado y tiene como principales componentes a el ácido húmico y el ácido flúvico, que se conocen como sustancias húmicas, las cuales acidifican en poco grado el medio y disminuyen después de un período de tiempo el pH del suelo en décimas, en base a la escala logarítmica (Flaig et al., 1977).

Contreras (1985), aplicó dosis de 5 y 10 ton/ha de estiércol de bovino en un suelo calcáreo del SE de Coahuila y no encontró diferencias en los valores de pH a las condiciones iniciales después de un ciclo agrícola; Vega (1987), en la misma región para un suelo migajón arcilloso, aplicó 20 ton/ha de estiércol y después de un ciclo agrícola con maíz encontró una diferencia menor de 0.2 respecto al pH del testigo (7.7 vs. 7.5).

Espinoza (1984) con dosis de 25 ton/ha de estiércol, disminuyó el valor del pH de 8.45 a 8.32 en un período de seis meses en un suelo calcáreo y Gil (1986), en Navidad, N.L., con dosis de 30 y 60 ton/ha de estiércol no observó diferencia en el valor de pH respecto a no aplicar estiércol.

La concentración de sales en el suelo se puede incrementar por la adición de estiércol de bovino y no por los residuos de cosecha, el efecto del estiércol depende de su mineralización y la cantidad incorporada al suelo, con dosis y espaciamientos adecuados las aportaciones de sales no se observan el primer año de aplicación (Pratt, 1982).

Dosis de estiércol de bovino de 60 ton/ha incorporadas a un suelo arcilloso una vez al año durante cuatro; al primer año la conductividad eléctrica del estrato de saturación del suelo (CEes) se incrementa a 7.8 mmhos/cm respecto a 7.2 del testigo sin estiércol, y el segundo año a 11.4 mmhos/cm por lo que a partir del segundo año los valores de CEes se elevan significativamente (Figueroa y Rosales, 1985).

Ramos (1985) en un suelo calcáreo de Coahuila, aplicó dosis de 30 y 40 ton/ha de estiércol de bovino y al final de un ciclo agrícola observó que la CEes se incrementó a 2.75 y 3.35 mmhos/cm en las dosis respecto al testigo con valor de 1.18 mmhos/cm.

Gil (1986), en un suelo calcáreo de Navidad, N.L., encontró con dosis de 30 y 60 ton/ha evaluadas a 132 días después de aplicadas que disminuyó el valor de CEes en 0.12 mmhos/cm para la dosis de 30 ton/ha y la incrementa en 0.95 para la dosis de 60 ton/ha, y concluye que el efecto del estiércol de bovino no es significativo en la aportación de sales al suelo.

El aplicar residuos orgánicos al suelo es para mejorar las pobres condiciones físicas de éste y un incremento en su fertilidad, el cual se puede conseguir también con fertilización química; el cambio físico del suelo ocurre a través de una aplicación continua, pero en forma mas directa el efecto de los residuos

orgánicos se observa en el contenido de materia orgánica (MO) (Castellanos, 1985b).

La descomposición de los residuos de cosecha del maíz es muy lenta por las cantidades de lignina presentes, Covarrubias (1985), encontró que después de tres ciclos de cultivo continuo con maíz y la reincorporación del rastrojo, el incremento de MO en el suelo para el estrato 0-30 cm fue de 0.14 por ciento respecto al no incorporar.

Lee (1972), después de 14 años de incorporar residuos de cosecha de trigo, maíz y algodón al suelo respecto a quemarlo o sustraerlo, reportó un incremento en el contenido de MO de 0.07 por ciento sin aplicar fertilización nitrogenada y de 0.34 por ciento aplicando 120 unidades de nitrógeno cada ciclo agrícola.

El aumento del contenido de MO por adición de estiércol de bovino lo demuestra Ramírez (1982), con dosis de 120 ton/ha incrementó la MO en 0.51 por ciento después de ocho meses de su aplicación.

Unger y Stewart (1983), en un estudio para diferentes tipos de suelos, señalan que la cantidad de estiércol de bovino necesaria para incrementar una unidad porcentual de MO dentro del rango de 0.1 a 10.0 por ciento para el estrato de suelo 0-30 cm, es de 45 ton/ha.

Castellanos (1985a), con dosis de 30 y 60 ton/ha de estiércol incrementó el contenido de MO en 0.08 y 0.18 por ciento después de un ciclo agrícola y concluye que al aumentar la dosis se incrementa el contenido de MO y el incremento está en función a la descomposición del estiércol por organismos aeróbicos, por lo

que no siempre puede tenerse respuesta el primer año de aplicación.

La contribución de los residuos orgánicos a la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) está en función del pH, a un valor de 2.5 la CIC es de 36 meq/100 g y a 8.0 de 213 meq/100 g; siempre muestra una relación directamente proporcional entre el contenido de MO y el valor de CIC (Himes y Barber, 1957); pero al mantener el pH constante, contenidos de 1.48 por ciento de MO en un suelo migajón limoso, presenta valores de CIC de 7.3 a 15.7 meq/100 g (Allison, 1973).

La respuesta de la CIC al contenido de MO se debe a la composición del humus que es el causante directo de la alta CIC en los suelos; porque las partículas de humus que forman el complejo órgano-mineral tienen valores de 101 a 470 meq/100 g dentro de un amplio rango de suelos (Flaig et al., 1977).

Contreras (1985) encontró con dosis de 5 y 10 ton/ha de estiércol que valores de CIC se incrementan en 2 y 3.5 meq/100 g respecto al testigo sin estiércol, diferencia no significativa y sin representar una mejoría en las propiedades del suelo porque sólo evaluó un ciclo agrícola.

Soria (1986) en un suelo calcáreo del SE de Coahuila con 15 y 30 ton/ha de estiércol, observó un incremento en la CIC de 6.7 y 7.2 meq/100 g respecto al testigo; y Gil (1986), con dosis de 0, 30 y 60 ton/ha de estiércol aplicadas 132 días antes de su evaluación encontró valores de CIC en 20.61, 24.31 y 26.22 meq/100 g para cada dosis respectivamente; en cambio al aplicar - 200 días antes de su evaluación los valores de CIC fueron de 28.61, 24.31 y 26.22 meq/100 g en el mismo

orden anterior y concluyen que estas dosis presentan un incremento directamente proporcional a la CIC en un menor período de aplicación.

El mayor efecto físico de la MO, se presenta en la formación y estabilización de agregados estructurales del suelo que influyen en forma directa en la porosidad, flujo de agua, desarrollo de raíces y absorción de agua por la planta (Hamblin, 1985).

La MO proveniente de residuos de cosecha tiene poco efecto en la estabilidad de agregados, pero los estiércoles por la acción más rápida de los microorganismos producen gomas a base de polímeros, que representan del 5 al 20 por ciento de la MO y son causantes en parte de la estabilidad estructural del suelo (Allison, 1968).

Las partículas de arcilla y la MO como humus forman complejos órgano-minerales de una gran superficie específica y cohesividad entre las partículas y cuando ésta se logra, la degradación de los agregados sólo se obtiene mediante oxidación del componente orgánico; pero también cuando el suelo contiene un excesivo contenido de MO, resulta lo inverso con poca cohesividad entre las partículas y un valor de densidad aparente próximo a  $1.0 \text{ g/cm}^3$  por la cual el suelo queda sujeto a la erosión (Gandoy, 1982).

La diferencia entre valores de estructuración por adición de MO deben ser muy marcadas para que el efecto sobre el resto de las características se pueda detectar en la producción de un cultivo, pero dentro de las mismas condiciones de agregación del suelo, un incremento en el porcentaje de macroagregados (diámetro  $< 0.25\text{mm}$ ) es más notorio por la adición de MO

(Olechko, 1985).

El incremento en el contenido de MO en el suelo y la respuesta en el porcentaje de agregados difiere en base al tipo de textura; Fernández (1982), señala que en un suelo migajón arcillo arenoso, la MO tiene mayor efecto en el incremento del porcentaje de microagregados, en cambio en suelos tipo migajón limoso, migajón arenoso y franco, la respuesta está en el incremento del porcentaje de macroagregados y en los dos últimos tipos, los agregados mayores de 1.65 mm representan el 80 por ciento del total a contenidos de MO entre 6.17 y 7.70 por ciento.

Contreras (1985), en un suelo calcáreo y cultivo de papa, aplicó dosis de 5 y 10 ton/ha de estiércol de bovino e incrementó el porcentaje de agregados en 3.9 y 11.9 respectivamente; Espinoza (1984), con dosis de 25 ton/ha de estiércol, incrementó el porcentaje de macroagregados en 8.02 por ciento; Soria (1986), con dosis de 15 y 30 ton/ha en 5.1 y 7.0 por ciento; y Gil (1986), en Navidad, N.L., con dosis de 30 y 60 ton/ha en 4.21 y 10.1 por ciento; en todos los casos se observa que al incrementarse la dosis, se logra mayor estabilidad de agregados.

La densidad de sólidos (DS) de un suelo se considera constante y puede presentar valores de 2.55 a 2.64 g/cm<sup>3</sup> por efectos de la MO fuertemente agregada a las partículas que aun con oxidación no puede ser eliminada; su valor constante es porque los principales compuestos minerales son a base de sílice y aluminio, que tienen valores de DS próximos a 2.65 g/cm<sup>3</sup> (Grande, 1980).

La densidad aparente ( $D_a$ ) del suelo presenta mayor respuesta a la aplicación de residuos orgánicos, al disminuir el peso de la masa del suelo por la formación de partículas órgano-minerales e incrementar el volumen del agregado; con adición de MO se disminuye el valor de  $D_a$  y se incrementa la capacidad de porosidad total de un suelo (Hamblin, 1985).

Existe una relación inversamente proporcional entre el valor de  $D_a$  y la capacidad de porosidad total, por tal razón al disminuir el valor de densidad aparente en un suelo, se observa un incremento en la porosidad total.

El rastreo de maíz presenta poco efecto en la  $D_a$  en el suelo, Covarrubias (1985), después de tres ciclos con maíz en labranza mínima e incorporando el rastreo, encontró que el valor de  $D_a$  disminuyó en  $0.02 \text{ g/cm}^3$  respecto a las condiciones iniciales.

La acción del estiércol al disminuir la  $D_a$  está demostrando (Stewart, 1982; Fernández, 1982); su uso en suelos calcáreos es señalado por Espinoza (1984), quien con dosis de 25 ton/ha disminuyó el valor de  $1.44$  a  $1.38 \text{ g/cm}^3$  y logró un incremento en la porosidad total de 7.05 por ciento en un período de seis meses.

Las dosis de estiércol varían su respuesta a la  $D_a$ , Ramos (1985) con 30 y 40 ton/ha de estiércol observó que la  $D_a$  disminuye en  $0.08$  y  $0.12 \text{ g/cm}^3$  respecto al no aplicar estiércol; Soria (1986), con dosis de 15 y 30 ton/ha la disminuyó en  $0.03$  y  $0.07 \text{ g/cm}^3$  y Gil (1986) en Navidad, N.L., con dosis de 30 y 60 ton/ha disminuyó la  $D_a$  en  $0.07$  y  $0.17 \text{ g/cm}^3$ , además este autor observó un incremento en la porosidad de 2.24 y 4.86 por ciento para las dosis señaladas respecto

al tratamiento sin estiércol.

Cuando los agregados en el estrato superficial son mayores de 1.0 mm de diámetro, en un suelo húmedo se interrumpe el flujo capilar hacia la superficie y sólo la capa entre 0 y 5 cm de profundidad se seca rápidamente por efecto de la evaporación directa, almacenándose la humedad en los estratos inferiores (Jasso y Rojas, 1982).

El contenido de MO es directamente proporcional a la capacidad de almacenamiento de humedad de un suelo, es inversamente proporcional a la resistencia en la compactación y aereación del suelo (Van Doren y Allmaras, 1978).

La MO puede absorber de dos a seis veces su propio peso en agua, pero su mayor valor está en aumentar la capacidad de retención de agua en el suelo, por el hecho de mejorar la estabilidad de la estructura la distribución del tamaño de poros y la continuidad de éstos dentro de la estructura (Gandoy, 1982; Hamblin, 1985).

La respuesta en el almacenamiento de humedad por adición de residuos orgánicos, se presenta al aumentar el valor de las constantes de humedad del suelo como capacidad de campo (Rodríguez, 1967); y como resultado de esto, el contenido volumétrico de agua en el suelo se incrementa a razón de 1.8 por ciento por cada unidad de MO adicionada dentro del rango de textura arenosa a arcillosa (Unger y Stewart, 1983), pero la eficiencia en almacenar humedad en el suelo está limitada por el volumen de almacenamiento, la baja capacidad para retener humedad y una alta demanda evaporativa.

Con la adición del rastrojo de maíz en un suelo arcilloso durante tres ciclos agrícolas, Covarrubias (1985), observó que la humedad aprovechable del suelo se incrementó en 19 por ciento respecto a un sistema de labranza mínima; Lee y Núñez (1985) incorporaron al suelo los residuos de cosecha de maíz, trigo y algodón durante 14 años, incrementaron la humedad aprovechable en 1.91 por ciento respecto al no incorporar.

Campos (1982) incorporó al suelo 5 ton/ha de rastrojo de maíz asociadas con 10 ton/ha de estiércol de bovino e incrementó la capacidad de almacenamiento de humedad en 4 por ciento y mantuvo los niveles de humedad aprovechable entre 34 y 81 por ciento durante todo el ciclo agrícola en maíz de tempral.

White et al. (1959) indican que adiciones de residuos de cosecha mejoran las propiedades de almacenamiento y la humedad disponible, pero también disminuyen el contenido de nitrógeno disponible en el suelo; Villarreal (1967) señala que existe una menor producción del cultivo por la escasez de nitrógeno en el suelo que es utilizado por los microorganismos para degradar la MO por lo que al incorporar residuos de cosecha se requiere de prácticas de fertilización adecuadas.

El efecto del estiércol de bovino sobre la conservación del agua se resume en un incremento en la capacidad de almacenar humedad en la infiltración y en disminuir la velocidad de escurrimiento (Loehr, 1982).

En suelos calcáreos de regiones semiáridas de México, Contreras (1985) observó un incremento en la humedad aprovechable del 2.1 por ciento con dosis

de 10 ton/ha de estiércol; Arias (1986) aplicó 15 ton/ha a 57 días antes de siembra de papa y encontró un incremento de la humedad aprovechable del 3.7 por ciento; Ramos (1985) con dosis de 30 y 40 ton/ha también tuvo un incremento del 0.03 y 2.8 por ciento respectivamente; y Gil (1986), con dosis de 30 y 60 ton/ha en Navidad, N.L., observó el aumento en 2.02 y 2.32 por ciento de la humedad aprovechable en ambas dosis.

Los residuos orgánicos tienen una relación directa con la infiltración por su acción sobre la estructura del suelo, aplicaciones de estiércol en un suelo migajón limoso incrementa la velocidad de infiltración inicial en forma proporcional al aumento la concentración de MO en el suelo, pero aplicaciones en diferentes estratos de profundidad tiene poca respuesta en la infiltración básica.

Stewart y Meek (1977) con aplicaciones continuas por tres años de 144 ton/ha de estiércol de bovino, encontraron que la infiltración inicial se incrementa en 1.37 cm/hr y la infiltración básica en 0.26 cm/hr respecto a no aplicar estiércol; Castellanos (1982) en la región lagunera aplicó 240 ton/ha y observó después de un ciclo agrícola un incremento en la infiltración inicial de 2.3 cm/hr y en la infiltración básica de 0.2 cm/hr ambas respecto al testigo; Espinoza (1984) con dosis de 25 ton/ha después de seis meses de aplicadas encontró que la infiltración básica disminuye en 3.1 cm/hr, situación errónea porque sólo dosis altas de estiércol y poco tiempo de mineralización obstruyen la continuidad de los poros.

El valor de la conductividad hidráulica en el perfil del suelo es muy variable y dentro de un mismo sitio también; Hamblin (1985) señala que en

condiciones de saturación se tienen coeficientes de variación del 100 a 200 por ciento al analizar y en condiciones insaturadas de 200 a 400 por ciento, por lo que al determinar el efecto de los residuos orgánicos éste se ve influenciado por esta variabilidad del análisis.

Stewart (1982) encontró que dosis de 22 ton/ha de estiércol aplicadas durante nueve años, la conductividad hidráulica se incrementa en 3.9 mm/seg y dosis de 67 ton/ha en el mismo período sólo la incrementa en 0.6 mm/seg, y concluye que dosis bajas tiene un mayor efecto.

Soria (1986) en un suelo calcáreo en Derramadero Coah., con dosis de 15 y 30 ton/ha de estiércol, observó al final del ciclo agrícola con frijol que el valor de la conductividad hidráulica se incrementó de 3.41 a 5.31 cm/hr respecto al testigo sin estiércol.

### Relación con la Producción de Trigo

La influencia de los residuos orgánicos en la producción se debe al efecto de las sustancias húmicas sobre las características del suelo, esto es un efecto indirecto, pero también existe un efecto directo causado por la absorción en la planta de compuestos orgánicos de bajo peso molecular, los cuales alteran el metabolismo en la planta. Los compuestos fenólicos tienen mayor efecto el incrementar la resistencia de la planta al frío, sequía u otro stress, pero estos efectos favorables se observan cuando las condiciones atmosféricas están por debajo del óptimo o la relación de nutrimentos dentro de la planta está desbalanceada (Flaig et al., 1977).

Smirka et al. (1969) señalan que al aplicar residuos de cosecha que sobrepasen 3 ton/ha, se puede detectar un decremento en la disponibilidad de nutrientes que ocasionan una reducción de hasta 1 ton/ha en trigo respecto a no aplicar residuos, en cambio si se adicionan dosis adecuadas de fertilización o si los residuos tienen un alto contenido de nutrientes la indisponibilidad de nutrientes no se presenta en los primeros años.

Anderson y Russell (1964) al aplicar rastrojo inmediatamente después de sembrar trigo, encontró que el rastrojo no incrementa el rendimiento en 25 por ciento respecto al testigo y señala también, que la reducción del rendimiento fue causada por un prolongado período de baja temperatura en el suelo y por la poca acumulación de humedad en el perfil, no encontrándose relación en esto porque los residuos de cosecha reducen la evaporación directa en el suelo.

Efectos positivos en el rendimiento de trigo son indicados por Black (1970) que al aplicar rastrojo incrementó el rendimiento en 250 kg/ha, debido a un aumento en el contenido y retención de humedad en el suelo, aun cuando se presentan bajas temperaturas en el suelo. Smirka et al. (1969) aplicó 10 ton/ha de rastrojo en el período de descanso y observó un incremento en el contenido de humedad del suelo y un aumento de 54.5 kg/ha de grano en trigo por cada centímetro de incremento en la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo.

Mathers y Stewart (1974) con diferentes dosis de estiércol al suelo en rotación maíz-trigo y al determinar la producción de maíz, encontró que las dosis de 22 y 67 ton/ha durante tres años, tienen el mayor

efecto en incrementar el rendimiento de materia seca por tener mayor efecto al inicio con la dosis de 22 ton/ha; en cambio dosis superiores a 112 ton/ha tienden a reducir el rendimiento hasta cero, como el caso de 896 ton/ha de estiércol, por la acumulación de sales y toxicidad por nitratos (más de 2000 ppm) en base a peso seco; de igual manera sucede con el trigo donde el efecto se observó hasta el tercer año en la producción de materia seca con las dosis de 22 y 67 ton/ha.

Dosis de 60 ton/ha de estiércol de bovino reducen el rendimiento del trigo en 579 kg respecto al testigo durante el primer ciclo de cultivo y sólo hasta el tercer ciclo las aplicaciones de estiércol superan en el rendimiento al testigo por 1 ton/ha (Figueroa y Rosales, 1985).

## MATERIALES Y METODOS

### Descripción del Sitio Experimental

#### Localización

La fase experimental de esta investigación se realizó durante el ciclo agrícola invierno-primavera 1985/1986, en el campo experimental "Navidad" perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN), ubicado en la colonia agrícola de Navidad, municipio de Galeana, N.L., en el km 187 de la carretera 57 tramo Matehuala-Salttillo y a 7 km por camino vecinal hasta llegar al campo. Su localización es a 25'04'33" Latitud norte, 100'36'00" Longitud oeste del Meridiano de Greenwich y 1895 msnm, como se observa en la Figura 1.

#### Clima

La región tiene una temperatura media anual de 14.3°C, con extremas de 40 y 15°C para los meses de septiembre y enero respectivamente. La primera helada puede presentarse en septiembre y con mayor frecuencia en diciembre y enero, pero pueden prolongarse hasta abril siendo éstas severas (-8°C) y causar daño a la agricultura del ciclo primavera.

El régimen de lluvias más abundantes se presenta en verano durante los meses de mayo, junio y julio, con un total anual promedio de 516.2 mm. La relación

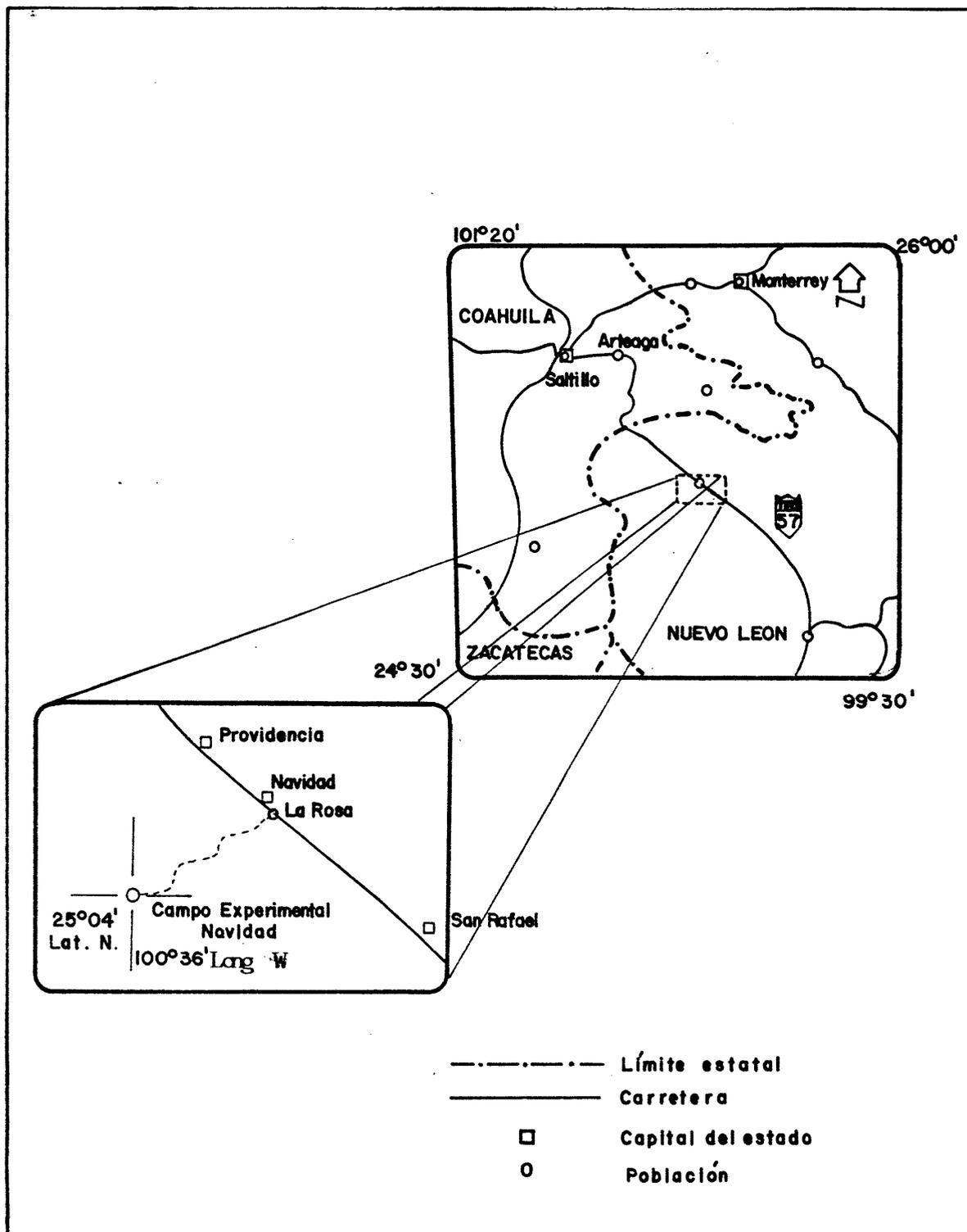


Figura 1. Localización geográfica del Campo Experimental "Navidad", perteneciente a la UAAAN.

con la temperatura se indica a través del climógrama de Gaussen para la región (Figura 2), donde el mes seco es marzo y el resto como meses húmedos, pero la humedad relativa sólo alcanza el 70 por ciento como máximo.

La evaporación anual promedio es superior a 150 cm, con menor intensidad en invierno con un valor de 100 cm y mayor en abril y mayo que puede llegar a 200 cm. Los vientos dominantes durante el año predominan del oeste o del suroeste, el mayor período luminoso promedio es de 13.55 hr en junio y el menor de 10.45 hr en diciembre.

El tipo de clima en base a la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García para condiciones de México es BSl k x' (e'), como clima semiseco, templado, muy extemoso y con lluvias todo el año (Mendoza, 1983).

### Vegetación

En el perímetro dentro del campo experimental se establecen cultivos como maíz, cereales de grano pequeño, hortalizas, pastos y especies con potencial a condiciones adversas de humedad como calabacilla loca, guayule y nopal (UAAAN, 1987). La vegetación en condiciones naturales está constituida por matorrales bajos, inermes o espinosos; matorrales rosetófilos y matorrales crasicuales, dominando la presencia de gramíneas; este tipo de vegetación presenta características xeromórficas (Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agosto-dero (COTECOCA), 1973).

Dentro de las gramíneas se encuentra el zacate navajita (Bouteloua gracilis), el zacatón alcalino (Sporobolus airoides), pajita tempranera (Setaria macrostachya) y liendrilla apar o (Muhlenbergia repens).

Las arbustivas forrajeras mas comunes son costilla de vaca (Atriplex canescans), hojaseñ (Flourensia cernua), chaparro prieto (Acacia rigidula), mezquite (Prosopis laevigata) y huajillo (Acacia berlandieri).

El resto de las especies son la palma pita (Yucca filífera), palma samandoca (Yucca filífera), palma samandoca (Yucca carnerosana), biznaga burra (Echinocactus palmeri), nopal tunero (Opuntia liedheimeri), garambullo (Myrtillocactus geomatrizana), lechugilla (Agave lechugilla), ocotillo (Fouquieria splendens) y coyonoztle (Opuntia imbricata).

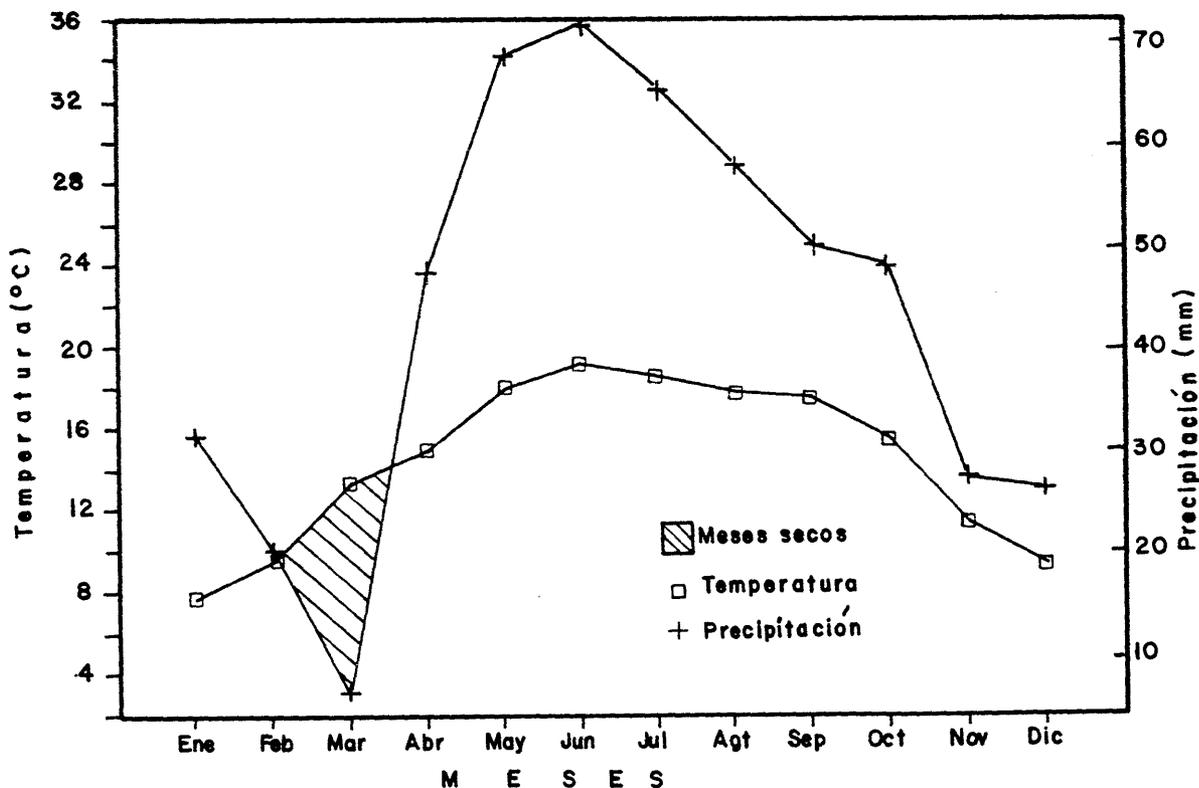


Figura 2. Climograma representativo para la Región de Navidad, Galeana, N.L.

## Suelo

El campo cuenta con una superficie de 88-66-00 ha de tierras bajo riego, con terreno en su mayor parte plano (menos del 0.5 por ciento de pendiente) y el resto con pendientes suaves (menos de 1.0 por ciento). El suelo pertenece a la serie "Navidad" (Morales et al., 1986), cuyas características del perfil representativo se observan en los Cuadros 1 y 2.

El perfil se compone de tres estratos:

Ap. Es el horizonte de labranza, tiene color café amarillento en húmedo, textura migajón limosa, estructura del tipo bloques subangulares de tamaño medio, moderado desarrollo y consistencia muy friable; poros abundantes y finos, raíces abundantes y medias y fuerte reacción al HCL. El valor de  $D_a$  y las constantes de humedad indican una disponibilidad de lámina de agua de 133.17 mm/m, el pH es moderadamente alcalino, sin problemas de sales y un nivel de medio a rico en macronutrientes y MO (Tavera, 1985). Esto porque se realizan aplicaciones continuas de fertilizantes y quedan efectos residuales.

Alcab. Este horizonte se modifica con el paso del arado de subsuelo; su color en húmedo es café grisáceo, de similar textura al anterior, la estructura es del tipo bloques subangulares de tamaño medio, moderado desarrollo y consistencia friable, con pocos poros y finos, raíces pocas y finas; con presencia de humedad entre los

Cuadro 1. Descripción del perfil de suelo de la serie "Navidad".

Estrato	Profundidad (1) (cm)	Textura (2)	Estructura			Color en Húmedo	Poros	Reacción		Raíces (4)	Observaciones
			Tipo (3)	Clase	Consistencia en húmedo			HCL	IN		
Ap	0-34	Migajón arcillo lim.	Bs	Media y moderado desarrollo	Muy friable	10 YR 5/4	finos y abundantes	fuerte		ma	Presencia de gra vas finas redon- das
Aicab	34-51	migajón arcillo lim.	Bs	Media y moderado desarrollo	friable	10 YR 5/2	finos y pocos	fuerte		fp	Presencia gravas y carbonatos ilu viados
Cx	51-90	migajón limoso	Bs	Media y poco desarrollo	firme	10 YR 8/2	finos y pocos	muy fuerte		sp	Fragmentos de calcio

(1) los límites entre estratos son gradual y brusco

(2) al tacto y visual

(3) Bs = bloques subangulares

(4) ma = medias y abundantes

fp = finas y pocas

sp = sin presencia

Cuadro 2. Características edáficas del perfil de suelo de la serie "Navidad".

Característica	Método de Análisis	Profundidad (cm)		
		0-30	34-51	51-90
Arcilla (%)	Hidrómetro	15.6	16.3	15.6
Limo (%)	de	63.6	67.6	73.6
Arena (%)	Bouyoucus	20.8	16.1	10.8
Textura	Triángulo de Texturas	migajón limoso	migajón limoso	migajón limoso
Densidad Ap. (g/cm <sup>3</sup> )	Extractor de Núcleos	1.16	1.21	1.25
Cap. de Campo* (%)	Ollas de Presión	28.32	28.66	30.55
Marchitez Perm.* (%)		16.84	16.77	17.15
Humedad Disp. (mm/m)	Gravimétrico	133.17	143.38	157.50
Infiltración** (cm/hr)	Kostiakov	5.5		
pH (2:1)	Potenciómetro	7.6	7.8	7.8
C. Elec. a 25 C (ds/m)	Puente de Wheatstone	2.3	2.2	2.1
Nitrógeno Aprovechable (%)	Kjeldahl	0.157	0.096	0.036
Fósforo Aprovechable (kg/ha)	Olsen	44.77	16.81	50.09
Potasio Intercambiable (kg/ha)	Cobaltinitrito de sodio	350.59	213.17	128.01
Materia Orgánica (%)	Walkley-Black	2.67	1.13	0.93
Carbonatos Totales (%)	NaOH 1 N	45.74	43.35	86.61
Capacidad Intercambio Catiónico (meq/100g)	Acetato de Amonio pH 7.2	42.9	67.6	14.3

\* Contenidos de humedad en base a peso seco.

\*\* Se determina en la interfase Suelo-Atmósfera  $I = 157.05 T^{0.633}$

límites con el siguiente estrato lo que indica poca movilidad del agua. El contenido de humedad disponible es mayor (143.88 mm/m), pH alcalino, sin salinidad y contenido pobre de nutrimentos y MO (Tavera, 1985). En este estrato hay presencia de carbonatos iluviados.

Cx. Este horizonte sin modificación mecánica tiene textura similar al primero, estructura en bloques subangulares, tamaño medio, poco desarrollado y consistencia firme, poros pocos y finos; el color es blanco y la reacción al HCl es fuerte, que indica presencia de carbonatos de calcio, y fragmentos rocosos de yeso. El contenido de nutrimentos, pH, salinidad y MO es similar al estrato anterior, existe un incremento en el contenido de carbonatos y disminución en la CIC (Cuadro 2).

En base al análisis del perfil, el suelo se clasifica de la siguiente manera:

Sistema FAO-UNESCO 1970, modificado por CETENAL (Silva, 1978).

Unidad	Regosoles
Subunidad	Calcárico
Textura	Media
Relieve	Plano
Fase Física	Petrocálcica profunda (Kk/3)



00204

Sistema americano, séptima aproximación (Soil Survey Staff, 1975).

Orden	Molisoles
Suborden	Xeral
Gran grupo	Calcixereral
Sub-grupo	Típico
Familia	Argílico
Serie sin límite	Navidad

### Agua de Riego

El campo cuenta con dos pozos profundos de un gasto máximo promedio de 75 l/seg que surten la demanda de los cultivos. La clasificación del agua con el criterio del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (USSL, 1954) es  $C_3S_1$ , que es agua altamente salina, no puede usarse en suelos con drenaje deficiente sólo especies tolerantes a sales, y sin problemas de sodificar al suelo (Cuadro 3).

El principal componente salobre del agua es el  $CaSO_4$  con un límite de solubilidad de 30 meq/l; también se encuentran presentes sales de carbonato de Ca y Mg, cuyo límite de solubilidad es menor (10 meq/l), esto indica sales poco estables en la solución y que precipitan fácilmente (Pizarro, 1978).

Cuadro 3. Análisis del agua de riego del campo experimental "Navidad". Ciclo agrícola invierno-primavera 1986/1987.

Cationes (meq/l)		Aniones (meq/l)		CE a 25°C (micro mhos/cm)	pH	Boro
Ca <sup>++</sup>	39.5	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	44.98	1800	7.7	ausencia
Mg <sup>++</sup>	15.5	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	00.1			
Na <sup>+</sup>	0.34	Cl <sup>-</sup>	11.0	RAS = 0.0648		
K <sup>+</sup>	1.0	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	12.0	Clasificación: C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>		
	<u>56.4</u>		<u>68.08</u>	Salinidad Efectiva=16.84 meq/l Salinidad Potencial=33.49 meq/l Indice de Saturación= 1.73		

$$RAS = Na / ((Ca+Mg)0.5)^{0.5}$$

$$SE = \Sigma \text{Cationes} - Ca$$

$$SP = Cl + 0.5 SO_4$$

$$IS = pH \text{ suelo} - pH \text{ agua}$$

El criterio de clasificación del agua de riego es el siguiente (Aceves, 1979):

La salinidad efectiva (SE), con un valor positivo (Cuadro 3) relaciona las sales que precipitan fácilmente cuando el agua pasa a formar parte de la solución del suelo. La salinidad potencial (SP) es la cantidad de Cl y SO<sub>4</sub> que afectan los cultivos y al suelo según su permeabilidad, su valor es alto (33.49 meq/l) y el mayor componente es el SO<sub>4</sub> los cuales al precipitar disminuyen la concentración de sales y la permeabilidad del perfil. Para determinar la magnitud de sales que precipitan en el suelo se utiliza el Índice de Saturación (IS) propuesto por Bower *et al.* (1965), que se define como el pH del suelo menos el pH que el agua tendría si estuviera en equilibrio con las sales de calcio y cuyo valor indica que el agua al entrar en contacto con la solución del suelo va a precipitar sales de CaCO<sub>3</sub> y CaSO<sub>4</sub> así el estrato Alcab se caracteriza por presencia de carbonatos iluviados,

debido al exceso de éstos en el agua de riego más los existentes en el suelo.

#### .Características del Material Biológico Utilizado

Se utilizó la variedad Aricosta S-83, generada por la Sección de Cereales de la UAAAN; este genotipo presenta un hábito de crecimiento de primavera con ciclo de desarrollo de intermedio a tardío dependiendo de la acumulación de unidades calor, la altura promedio es de 95 cm, la floración se presenta a los 90 días después de siembra y la madurez fisiológica a los 140 días que varía en base a la época de siembra; el grano tiene un color crema suave.

#### Descripción de Residuos Orgánicos

Las características de los residuos orgánicos se determinaron por el Método de Weende y se muestran a continuación:

<u>Determinación</u>	<u>Estiércol de Bovino</u>	<u>Rastrojo de Maíz</u>
Materia Seca (%)	70.3	75.2
Humedad (%)	29.7	24.8
Proteínas (%)	13.85	5.6
Grasas (%)	8.7	10.5
Fibra Cruda (%)	30.3	28.7
Cenizas (%)	13.7	6.3
Carbohidratos (%)	33.8	48.9

El estiércol de bovino se obtuvo de los establos de "Ganadera Navidad" como producto de desecho o "cirre" y el rastrojo de maíz como residuo de los experimentos realizados en el campo experimental.

### Selección de Tratamientos

Los niveles probados fueron tres para estiércol de bovino y cuatro para rastrojo de maíz, la descripción de éstos se señala en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Tratamientos utilizados en el experimento.

Tratamiento	Clave	Estiércol de Bovino (ton/ha)	Rastrojo de Maíz (ton/ha)
1	EOR0	0	0
2	EOR5	0	5
3	EOR10	0	10
4	EOR15	0	15
5	E3OR0	30	0
6	E3OR5	30	5
7	E3OR10	30	10
8	E3OR15	30	15
9	E6OR0	60	0
10	E6OR5	60	5
11	E6OR10	60	10
12	E6OR15	60	15

### Diseño Experimental y Distribución de Tratamientos

El diseño del experimento fue con parcelas divididas en arreglo de bloques al azar; con los tres niveles de estiércol como parcela grande y los cuatro niveles de rastrojo como parcela chica, que representan 12 tratamientos (3\*4), cada uno con cinco repeticiones. El modelo de parcelas divididas descrito por Steel y Torrie (1980), es:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \delta_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijk}$$

donde

$Y_{ijk}$	=	Variable de respuesta de la $i$ -ésima repetición de la combinación del $j$ -ésimo nivel del factor estiércol y $k$ -ésimo nivel del factor rastrojo
$\mu$	=	Efecto de la media general
$\rho_i$	=	Efecto de la $i$ -ésima repetición
$\alpha_j$	=	Efecto de $j$ -ésimo nivel del factor estiércol
$\delta_{ij}$	=	Error de la parcela grande
$\beta_k$	=	Efecto del $k$ -ésimo nivel del factor rastrojo
$(\alpha\beta)_{jk}$	=	Efecto de la interacción del $j$ -ésimo nivel del factor estiércol en el $k$ -ésimo nivel del factor rastrojo
$E_{ijk}$	=	Error de la parcela chica
		$i = 1, \dots, 5$ repeticiones
		$j = 1, \dots, 3$ niveles de estiércol
		$k = 1, \dots, 4$ niveles de rastrojo
		$\delta_{ij} \sim N(0, \sigma_{\delta}^2)$
		$E_{ijk} \sim N(0, \sigma_{\epsilon}^2)$

El total de unidades experimentales fue de 60 ( $3 \times 4 \times 5$ ), las dimensiones de la parcela grande fue de  $20 \times 5$  m y la parcela chica de  $5 \times 5$  m donde se aleatorizaron la parcela chica dentro de la grande y a la vez la parcela grande en las repeticiones, quedando la unidad experimental con  $25 \text{ m}^2$  de los cuales  $3 \text{ m}^2$  fueron seleccionados al azar y se utilizaron como parcela útil; el esquema de la distribución en campo de los tratamientos se representa en la Figura 3.

### Manejo del Cultivo

#### Aplicación de Tratamientos

Los residuos se aplicaron a los 91 días antes de siembra, el estiércol en trozos de forma irregular

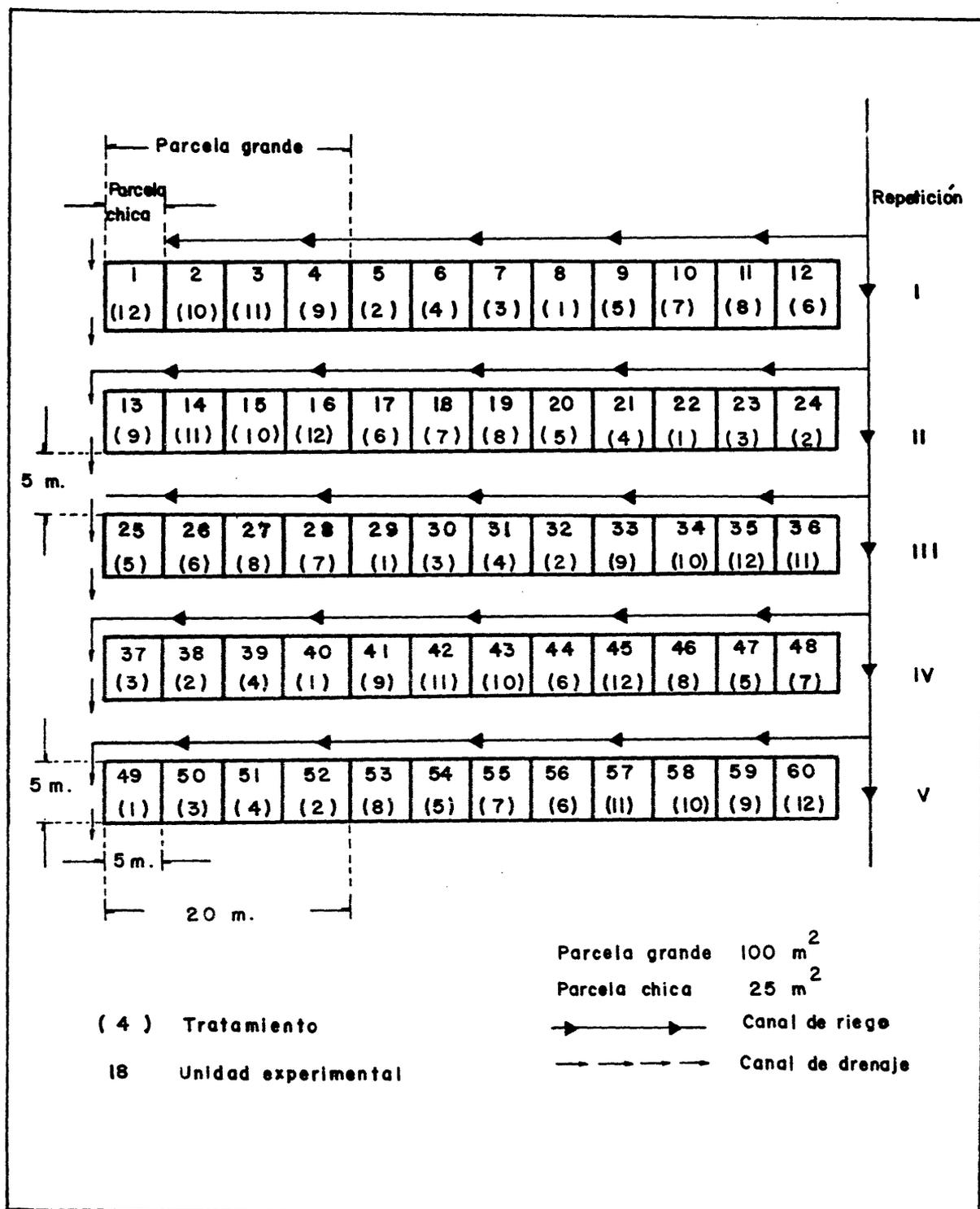


Figura 3. Distribución de tratamientos y dimensiones del lote experimental.

de 5 a 30 cm de diámetro y el rastrojo, previamente picado en una cosechadora de forraje para ensilar, en trozos de 5 a 10 cm de longitud. La dosis para cada tratamiento se aplicó en forma manual sobre cada una de las parcelas y después se incorporaron con un paso de arado de discos y se cubrió con un paso de rastra para dejar en descanso el terreno.

### Preparación del Terreno

En el área de siembra, dos ciclos antes se estableció el cultivo de papa y el siguiente sin cultivo para realizar prácticas de riego.

Para el ciclo invierno-primavera 1985/1986, el terreno después de aplicar los tratamientos y terminar el descanso, se le dio un paso de rastra, el trazo de riego en melgas de 30\*10 m y se aplicó el riego de presiembra; cuando el terreno se encontraba a humedad adecuada para permitir el paso de maquinaria (determinación al tacto), se tumbaron bordos, fertilizó, rastreó y realizó el surcado mediante cinceles con separación de 30 cm.

### Siembra

La siembra se efectuó a una densidad de 120 kg/ha, la semilla con un porcentaje de germinación de 90 por ciento que equivale a 27.78 g de semilla por metro lineal para una distancia entre surcos de 30 cm.

La siembra se realizó en forma manual a "chorrillo" en el terreno previamente surcado y se cubrió la semilla removiendo el suelo con el pie, depositando ésta a una profundidad promedio de 4 cm.

## Fertilización

La dosis recomendada para la región de Navidad, N.L., es de 120-80-00, se aplicó la mitad del nitrógeno y todo el fósforo antes de siembra, y el resto en la etapa de amacollo del trigo. Las fuentes que se utilizaron fueron urea y superfosfato de calcio triple.

El cultivo estuvo afectado por heladas en la etapa final del amacollo, dañando los ápices de crecimiento vegetativo y presentó deficiencias nutrimentales en el encañe que fueron diagnosticadas como deficiencias de hierro y zinc en base al aspecto de la planta y pH del suelo; situación que se controló mediante la aplicación de una solución de un compuesto de hormonas a base de ácido giberélico, ácido indolacético y zeatina, otro compuesto de quelato de hierro y un último con quelato de zinc en proporción 1:2:1 a razón de 1 l/ha y tres días después urea foliar al 1 por ciento para reforzar el desarrollo vegetativo afectado por las bajas temperaturas.

## Riegos

El riego fue superficial alimentado por un pozo profundo y se aplicó con sifones de dos pulgadas de diámetro en cajetes de cada una de las unidades experimentales; el trazo de riego se observa en la Figura 3.

La programación de riegos es una variable de estudio y se contempla en la eficiencia en el uso de agua.

## Control de Organismos Dañinos

Al inicio de la etapa de amacollo del trigo hubo incidencia de pulgón (Schazarhis graminum) y diabrotica (Diabrotica spp.), pero desertaron del cultivo por efecto de las heladas. El pulgón reincidió en la etapa de fecundación del grano y también se presentó daño en la espiga por saltamontes en un 10 por ciento que se controló con dos aplicaciones de Oxidemeton Metil en dosis de 1 l/ha.

El control de malezas se realizó en la etapa de amacollo con aplicación de 2-4 Damina en dosis de 1.5 l/ha.

Este genotipo es susceptible a la roya de la hoja (Puccinia recondita) en condiciones climáticas propicias, ésta se presentó con una intensidad del 10 por ciento en etapa de formación del grano y se incrementó hasta un 40 por ciento en madurez fisiológica, esto no repercute en la producción de grano, como lo señala el CIMMYT (1977) en base a sus estudios.

## Cosecha

La cosecha se realizó con hoz cuando el grano presentó un contenido del  $18^{\pm} 2$  por ciento que fue a los - 167 días de la siembra, para evitar un posible daño de las aves y porque a los 164 días se presentó lluvia seguida de fuertes vientos que provocaron acame de tallo en la mayoría de las parcelas, que fue más intenso en las perimetrales. Para la cosecha se utilizó un cuadro de madera de  $1 \text{ m}^2$  de superficie interior y se colocó al azar dentro de la parcela experimental para contar los tallos que estuvieran dentro de él éstos se trasladaron a la Sección de Cereales de la UAAAN para terminar de secar el grano y después determinar los componentes del rendimiento. La cronología del

manejo del cultivo se observa en el Cuadro 5.

### Evaluación del Efecto de los Tratamientos

Los resultados de los tratamientos que presentan valores en porcentaje y fracción decimal, se distribuyen estadísticamente como una función Binomial (Steel y Torrie, 1980), por lo que fueron transformados para tener un comportamiento de una función Normal de la siguiente manera:

$$Y = \text{Arc Sen } \sqrt{X}$$

donde:

X = valor con distribución binomial

Y = valor con distribución normal

### Propiedades del Suelo

Las determinaciones fueron enfocadas a las propiedades del suelo que son afectadas por la MO incorporada; las muestras se tomaron con una pala a los 30 días después de cosecha y 287 días después de haber incorporado los residuos; para los estratos 0-31 y 31-51 cm como zona de exploración de raíces y de incorporación de residuos, se obtuvo una muestra representativa del perfil (0-51) en cada unidad experimental, se secó a la sombra y se tamizó de acuerdo al análisis, las determinaciones y métodos de análisis fueron los siguientes:

pH. Se define como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno en una solución (Goijberg y Aguilar, 1987) y se determinó en una solución acuosa de suelo y agua en proporción 1:2 con un potenciómetro de un electrodo.

CEes. Mide indirectamente las concentraciones aproximadas de sales en el extracto de saturación

Cuadro 5. Cronología del manejo del cultivo y fenología observada, por el trigo. Navidad, N.L. 1987

DIAS REFERIDOS A LA SIEMBRA	ACTIVIDAD	ETAPA DE CRECIMIENTO
- 91	Incorporación de residuos orgánicos	
- 15	Preparación del suelo	
- 12	Riego de presiembra	
- 3	Fertilización inicial	
0	Siembra (7/II/1989)	
15		Emergencia
38	Presencia de pulgón y diabrótica	
40		Inicio de amacollo
49	2da. Fertilización y control de malezas	50% de amacollo
58	Deficiencia de micronutrientes	
60		Inicio de encañe
65	Control de micronutrientes	
68	Aplicación de urea foliar al 1%	
72		4o. nudo
90		Hoja bandera
94		Embuche
100		Espigamiento
108	Presencia de pulgón, saltamontes y su control	
110		Antésis
116	Aplicación contra pulgón y saltamontes	
120	Roya de la hoja al 10%	Formación de grano
135		Grano lechoso
144		Grano masoso
147	Roya de la hoja al 40%	Madurez fisiológica
164	Acame de tallo al 35%	
167	Cosecha	

mediante las propiedades de las sales para conducir electricidad y se realizó con un puente de conductividad eléctrica Wheatstone so ubrige con elda de pipeta y se reporta en  $\text{mi}^2/\text{cm}$  a  $25^\circ\text{C}$  (USSL, 1954).

MO. Se analizó por el método de Walkley y Black (1934) como contenido de carbono orgánico por combustión húmeda y transformada a MO bajo la siguiente forma (León y Aguilar, 1987).

$$\text{MO} (\%) = 1.34 (V1-V2)N$$

donde:

1.34 = constante de ajuste por carbono orgánico (100/77)

V1 = mililitros de  $\text{FeSO}_4$  para testigo

V2 = mililitros de  $\text{FeSO}_4$  para la muestra

N = normalidad del  $\text{FeSO}_4$

CIC. Su medición fue por el método de saturación con acetato de amino 1 normal pH 7 y su valor se determinó como sigue (UAAAN, 1987):

$$\text{CIC} (\text{meq}/100 \text{ g suelo}) = \frac{(V \text{ HCl} * N1) - (V \text{ NaOH} * N2)}{5 \text{ g suelo}} * 100$$

donde:

V HCl = volumen de HCl en la solución destilada

N1 = normalidad del HCl (0.1)

V NaOH = volumen de NaOH en la titulación

N2 = normalidad del NaOH (0.1)

Ds. Es la relación de una masa de suelo seco (ms) y el volumen que ocupa dicha masa por su contenido mineral (vs), y se determinó por el método del picnómetro (Velasco, 1983).

Da. Es la masa por unidad de volumen de suelo seco; el volumen considerado incluye partículas sólidas del suelo y el espacio poroso (vt) y fue obtenida por el método del extractor de núcleos tipo Uhland (Soil Test, 1983).

Porosidad (E). Es la porción del suelo que no está ocupada por partículas sólidas, pero ocupada por agua y/o aire y se obtiene por diferencia del total del volumen de suelo y el espacio ocupado por sólidos (Narro, 1986).

Microestructura. Proporciona el grado de agregación de las partículas del suelo cuyo diámetro sea menor de 0.25 mm. El método utilizado es el coeficiente de dispersión descrito por Olechko (1985), que consiste en un valor indirecto de la estructuración del suelo en base al contenido de arcilla obtenido en el análisis de textura, por efecto de la defloculación del suelo con el dispersante, en este caso hexametáfosfato de sodio y sin él y se calcula como sigue:

$$\text{coeficiente dispersión} = \frac{\% \text{ arcilla sin dispersante}}{\% \text{ arcilla con dispersante}}$$

Tipo de estructura. Determina la forma de los agregados en el suelo y se obtuvo de muestras inalteradas siguiendo los criterios de clasificación de Cuano (1981).

Clase de estructura. Se define por el tamaño de los agregados en muestras inalteradas, donde el tamaño se determinó por el volumen de agua desplazado en una probeta por un terrón cubierto con parafina (Grande, 1980).

Grado de Estructura. Depende de la estabilidad y cohesividad de los agregados bajo agua en movimiento; y se utilizó el principio del método de Yoder descrito por Ruíz (1985), que consiste en una columna de tamices de mayor abertura en la superior y decreciendo y se coloca una muestra de 100 g de la estructura representativa del perfil en el tamiz superior, donde se introduce agua por la parte inferior de la columna hasta cubrir la muestra y se desaloja el agua por donde se introdujo; esta operación se repite 10 veces. El porcentaje de agregación de la muestra contenida en cada malla se obtiene por la relación descrita por Kemper (1965), que es:

$$\text{Agregación (\%)} = \frac{\text{masa de suelo en el tamiz}}{\text{masa inicial de la muestra}}$$

Conductividad Hidráulica (K). Es la capacidad del suelo para permitir el flujo de un fluido a través de él y se determinó por el método del permeámetro a carga hidráulica constante en muestras con estructura alterada, en este caso tamizada en malla de 2.0 mm, se utilizó el aparato y método descrito por Klute (1965).

### Crecimiento del Trigo

Se determinó los componentes primarios del análisis de crecimiento del cultivo como altura de planta, peso de materia seca (MS) y área foliar (AF).

La altura de planta se determinó cada 20 días a partir de 15 días después de emergencia, por medio de una regla graduada a ras del suelo hasta la hoja superior completamente ligulada en las primeras fases del desarrollo y al final en la espiga.

El peso de materia seca por planta se realizó cada 20 días a partir de 20 días después de emergencia, tomando una planta en competencia completa por tratamiento en la I, III y V repetición; y llevada a una

estufa con temperatura de 75°C hasta tener peso constante en una balanza analítica.

El área foliar fue estimada seleccionando 5 tallos por tratamiento y etiquetándolos para diferenciarlos durante el período de desarrollo, la frecuencia del muestreo es similar al de MS en las mismas tres repeticiones; la relación de AF es la siguiente:

$$AF = K \sum_{i=1}^n (L * A)_i$$

donde:

K = factor de proporcionalidad

L = longitud de la lámina activa en cm

A = ancho de la lámina activa en cm

n = número de hojas por tallo

El factor K se obtuvo de la relación del AF medida con un integrador de áreas automático y el área del producto L\*A, cuyo valor en este estudio fue 0.73.

En base a los componentes primarios, se determinó los índices fisiotécnicos siguientes:

Velocidad de Crecimiento. Calculada como altura de planta y ajustada con la curva logística (Hunt, 1982), en cm/día.

$$Y_i = \frac{\hat{\theta}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_i}}$$

donde:

Y<sub>i</sub> = altura de planta del día i

β<sub>0</sub> y β<sub>1</sub> = componentes de regresión

e = base de logaritmos naturales

$\hat{\theta}$  = estimador de máxima altura

X<sub>i</sub> = día de observación i

El estimador de máxima altura fue propuesto de la siguiente manera:  $\hat{\theta} = n+1/n$  donde n es el valor de la máxima observación de altura durante el ciclo.

Tasa relativa de crecimiento (TRC). Como el resultado de los procesos metabólicos que se realizan en la planta para una mayor eficiencia de producción de materia seca por efecto de aportar residuos orgánicos al suelo, y se utilizó la fórmula descrita por Radford (1967) en g/g/día.

$$TRC = \frac{\ln MS_2 - \ln MS_1}{t_2 - t_1}$$

donde

$\ln MS_2$  = logaritmo natural de materia seca final

$\ln MS_1$  = logaritmo natural de materia seca inicial

$t_2$  y  $t_1$  = tiempo final e inicial del período en días

Tasa de asimilación neta (TAN). Para conocer la ganancia neta en peso por unidad de área foliar como un índice promedio de asimilación en un ambiente con aportación de residuos orgánicos al suelo, y se estimó con la fórmula original de Watson (1952), en g/cm<sup>2</sup> día.

$$TAN = \frac{2 ( MS_2 - MS_1 )}{(AF_2 + AF_1) (t_2 - t_1)}$$

donde

$MS_1$  y  $MS_2$  = materia seca inicial y final de un período dado en gramos

$AF_1$  y  $AF_2$  = área foliar al inicio y final del mismo período en cm<sup>2</sup>

$t_1$  y  $t_2$  = tiempo inicial y final del período en días

### Componentes de Rendimiento del Trigo

Al momento de la cosecha se determinó la densidad de población en tallos por metro lineal, por si existían diferencias en tratamientos poder ajustarlos por covarianza con los componentes de rendimiento, y siendo

éstos:

Longitud de espiga en centímetros  
 Número de granos por espiga  
 Peso de mil granos en gramos  
 Peso hectolítrico en kilogramos por hectolitro  
 Producción de grano al 13 por ciento de humedad en humedad en kilogramos por hectárea  
 Producción de biomasa en kilogramos por metro cuadrado

Con los resultados de rendimiento de grano y de biomasa se determinó el índice de cosecha (IC) propuesto por Donald y Hamblin (1976), como el efecto de aportación de fotosintatos en la producción de grano con respecto a la producción de biomasa, y se representa como:

$$IC = \frac{\text{rendimiento de grano}}{\text{rendimiento de biomasa}}$$

### Eficiencia en el Uso del Agua

El consumo de humedad por el cultivo está en función de un programa de riegos en base a un balance hídrico que se realizó al testigo (sin rastrojo y estiércol) y donde se consideró que las condiciones iniciales de humedad en el perfil como referencia para los demás.

El modelo de balance hídrico utilizado es el descrito por Ramírez (1988).

$$L_{ij} = L_{i-1, j} - ET_{ai} + PP_i + R_i - D_i$$

donde

$L_{ij}$	=	lámina disponible del día $i$ en el estrato $j$
$L_{i-1, j}$	=	lámina disponible del día $i-1$ en el estrato $j$
$ET_{ai}$	=	evapotranspiración actual del día $i$
$PP_i$	=	precipitación del día $i$

Ri = riego del día i

Di = lámina drenada del día i (no se considera aquí)

La variable ETai la estima por el modelo: ETai = Kc \* Ks \* Ev que se transforma de la siguiente manera:

$$ET_{ai} = (K + F \left( \frac{t_i}{t_c} \right)^2 \left( 1 - \frac{t_i}{t_c} \right)) * \left( \frac{1}{1 + \frac{E_{vi}}{60} * \frac{1 - H_{ai}}{H_{ai}}} \right) * E_{vi}$$

donde

- K = parámetro de la proporción de evaporación del suelo sin vegetación
- F = índice de área foliar medio
- ti = tiempo de desarrollo del cultivo desde la siembra al día i en días
- tc = duración del ciclo vegetativo del cultivo en días
- 60 = constante en función de la conductividad hidráulica del suelo
- Hai = humedad aprovechable residual para el día i
- Evi = evaporación para el día i

Los niveles de abatimiento de humedad del suelo se seleccionaron en base a la revisión bibliográfica para tres etapas fenológicas: la etapa vegetativa desde la germinación hasta la aparición de la espiga, con un nivel de abatimiento de humedad del 60 por ciento (129.8 mm, Cuadro 6); la etapa de floración desde el espigamiento hasta grano lechoso, con un abatimiento del 30 por ciento (150.9 mm, Cuadro 6) y la etapa de madurez desde grano lechoso a madurez fisiológica, con un abatimiento del 30 por ciento.

Así cuando el testigo llegaba al límite de abatimiento indicado por el balance de humedad, se determinaba el contenido de humedad en los tratamientos por el método gravimétrico (Pw), muestreado a dos profun-

Cuadro 6. Características iniciales de humedad del perfil de suelo (0-15 cm) de la serie "Navidad" 1987

Pw	Lámina (mm)	Humedad disponible (%)	Potencial mátrico (bar)	Potencial* hídrico (bar)
33.04	199.67	-----	- 0.1	- 1.20
28.48	172.12	100.00	- 0.3	- 1.58
25.94	156.77	78.24	- 0.6	- 2.01
24.22	146.37	63.49	- 1.0	- 2.51
22.06	133.32	44.98	- 2.0	- 3.65
20.88	126.19	34.87	- 3.0	- 4.75
20.09	121.41	28.11	- 4.0	- 4.82
19.49	117.78	22.96	- 5.0	- 6.87
19.02	114.95	18.94	- 6.0	- 7.92
18.63	112.59	15.59	- 7.0	- 8.96
18.29	110.54	12.68	- 8.0	- 9.99
18.01	108.84	10.28	- 9.0	-11.02
17.75	107.27	8.05	-10.0	-12.05
17,53	105.94	6.17	-11.0	-13.08
17.32	104.67	4.37	-12.0	-13.33
17.14	103.58	2.83	-13.0	-14.34
16.97	102.56	1.37	-14.0	-15.36
16.81	101.59	0.00	-15.0	-16.69
16.66	100.68	----	-16.0	-17.71

Pw = Porcentaje de humedad en base a peso seco del suelo.

\* = Potencial hídrico = Potencial mátrico + Potencial osmótico.

tidades de 0-30 y 30-51, tres veces por unidad experimental en tres repeticiones (I, III y V).

Al final del ciclo de la muestra de análisis en las propiedades del suelo, se determinó la curva característica de humedad para cada tratamiento por medio de la olla y membrana de presión; de los valores ajustados de la curva característica se determinó el contenido gravimétrico, el cual se transformó a lámina de humedad en el perfil de la siguiente manera:

$$L = \frac{w * Da * Pr}{Dw}$$

donde

- w = fracción del contenido gravimétrico de agua en base a peso seco del suelo
- Da = densidad aparente en g/cm<sup>3</sup>
- Dw = densidad del agua en g/cm<sup>3</sup>
- Pr = profundidad de muestreo en cm

Para fines de cálculo Dw = 1. Con los valores de lámina antes de cada riego para cada tratamiento se estimó el consumo de humedad en mm entre riegos y sumó el total al final del ciclo.

La EUA se consideró de dos maneras, la descrita por Fischer y Turner (1978), como:

$$EUA = \frac{\text{producción de materia seca}}{\text{volumen de agua consumido por el cultivo}}$$

y la otra forma es la relación con la producción de grano como parte económica del cultivo (Narro, 1987).

$$EUA \text{ grano} = \frac{\text{rendimiento de grano}}{\text{volumen de agua consumido}}$$

## RESULTADOS Y DISCUSION

El desglose de esta sección comprende el efecto de los residuos orgánicos en las características del suelo, en el crecimiento y los componentes del rendimiento del trigo; y en el consumo de humedad del trigo y su eficiencia en el uso de agua.

### Propiedades del Suelo

Las determinaciones de las características de cada propiedad del suelo se realizó con muestras de 287 días después de haber aplicado los residuos orgánicos y esto corresponde a 30 días después de la cosecha.

#### Potencial Hidrógeno

Los valores obtenidos de pH se observan en el Cuadro 1A, donde se denota que al incremento de la concentración de residuos orgánicos el valor de pH disminuye, con un valor mínimo promedio de 7.43 con el tratamiento de máxima concentración de residuos orgánicos (E60R15); el efecto de los tratamientos redujo el valor inicial de pH (Cuadro 2) en los niveles de 30 y 60 ton de estiércol de bovino, no así con 0 ton de estiércol donde se mantiene similar, y para el efecto de rastrojo no se tienen cambios.

La tendencia del efecto del estiércol se comprueba en el Cuadro 7 donde se presenta el análisis de varianza para las propiedades del suelo y el pH

Cuadro 7. Cuadrados medios de las propiedades del suelo en respuesta a los residuos orgánicos, con cultivo de trigo en Navidad, N.L. 1987.

Fuente de variación	g.l.	pH	CEes	MD	CIC	Ds	Da	E(1)	Estructura		K
									Micro(1)	Clase	
Bloques	4	0.0091	0.011	0.3631	64.01*	0.0316	0.0109	10.11	804.6	77.5	85.5
Niveles de Estiércol	2	0.4957*	0.0071	0.0844	80.82*	0.0373	0.0443**	30.95*	2.73	91.3	106.8
Error (a)	8	0.0626	0.0487	0.1165	15.98	0.0358	0.0037	5.69	478.4	122.6	116.9
Niveles de Rastrojo	3	0.0237	0.0067	0.6166*	36.28	0.0158	0.0051	4.07	265.7	92.4	91.4
Estiércol X Rastrojo	6	0.0426	0.0117	0.1766	23.61	0.0091	0.0092	5.54	315.3	64.7	58.9
Error (b)	36	0.0535	0.015	0.1578	16.69	0.0212	0.0102	7.57	189.1	68.2	160
CV (a) %		3.3	9.2	7.3	35.9	7.2	5.1	5	22.5	38.7	37.4
CV (b) %		3	5.1	16.9	35.6	5.6	8.5	5.8	28.4	28.9	87.7

\* Diferencia significativa con 0.05

\*\* Diferencia significativa con 0.01

(1) Datos transformados con  $Y = \text{ARC SEN } \sqrt{X}$

tiene diferencia significativa ( $\alpha = 0.05$ ) entre niveles de estiércol, no así entre niveles de rastrojo y la interacción de ambos. El coeficiente de variación (cv) para el nivel de estiércol es de 3.2 por ciento y para rastrojo y su interacción de 3.0 por ciento indica poca variabilidad del pH respecto a la aplicación de residuos orgánicos, aunque el mayor valor de pH para los niveles de estiércol influye en su significancia estadística.

Dentro de los niveles de estiércol, en el Cuadro 8 se presenta el valor promedio de pH; en la dosis de 30 y 60 ton disminuye el valor en 0.22 y 0.31 respecto al testigo sin estiércol, y ambas dosis son estadísticamente similares, pero diferentes a la dosis de 0 ton con una diferencia media significativa (DMS) con probabilidad de error del 0.05 o menor.

Cuadro 8. Estiércol de bovino y su efecto en el potencial hidrógeno del suelo. Navidad, N.L., 1987.

Estiércol de bovino (ton/ha)	potencial hidrógeno
0	7.80 a *
30	7.58 b
60	7.49 b

\* DMS con 0.05

El estiércol de bovino contiene ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico) y ácidos húmicos y flúvicos, que acidifican el medio donde se encuentren con subsecuente fermentación por los microorganismos del suelo que incrementan la cantidad de ácidos orgánicos en la solución del suelo, y por consecuencia se disminuye la alcalinidad y se tiende a valores neutros (Lynch, 1982), estos resultados son semejantes

con otros estudios donde la adición de estiércol disminuye el valor de pH (Contreras, 1985; Vega, 1987), pero Gil (1986), con las mismas dosis de estiércol no observa diferencias significativas de pH en la región de Navidad, N.L. En este estudio resulta indiferente aplicar 30 o 60 ton/ha de estiércol para disminuir el valor de pH, y el efecto del rastrojo sólo y con la interacción con estiércol no demuestra ningún beneficio con cualquiera de sus niveles.

### Conductividad Eléctrica

La concentración de sales en el suelo por efecto de los tratamientos se presenta en el Cuadro A2, los valores medios observados no demuestran un cambio significativo respecto a la adición de residuos orgánicos; el tratamiento E0R0 presenta el menor valor con 2.31 mmhos/cm y el tratamiento E30R0 el mayor valor con 2.48 mmhos/cm, ambos valores están dentro del rango de un suelo no salino (USSL, 1954).

El efecto de los tratamientos en el suelo resultó estadísticamente similar (Cuadro 7), sin diferencia significativa para los niveles de estiércol con un cv del 9.2 por ciento y para los niveles de rastrojo y su interacción con estiércol, ambos con un cv de 5.1 por ciento, variabilidad dentro de lo normal para efectos del diseño.

Los resultados no concuerdan con otros autores respecto a los valores de conductividad eléctrica; Stewart (1982), indica que dosis de 22 y 67 ton/ha de estiércol de bovino incrementan la conductividad eléctrica en 1.21 y 2.03 mmhos/cm, pero Pratt (1982) señala que el estiércol incrementa el valor de sales solubles en el suelo, pero este efecto se presenta

con dosis continuas en un período mínimo de 2 años, situación no observada en este estudio.

Con la adición de rastrojo de maíz no se reporta algún efecto en la conductividad eléctrica y al interactuar con el estiércol, si existe efecto éste se debe al estiércol, por lo que los niveles de residuos orgánicos de este estudio no causan la salinización del suelo durante el primer ciclo agrícola.

### Materia Orgánica

La adición de residuos orgánicos como consecuencia debe incrementar el contenido de MO en el suelo. En el Cuadro A3 se puede observar el efecto de los tratamientos en el suelo, donde con excepción del tratamiento E3OR5 y E6OR0, el resto supera al testigo EOR0; el comportamiento muestra una tendencia a incrementar el contenido de MO en forma proporcional a los niveles de residuos orgánicos excepto los tratamientos antes mencionados, en especial el E6OR0 que representa el máximo nivel de estiércol, y en la revisión bibliográfica se muestra un mayor efecto en el incremento de MO.

En el análisis del efecto de los tratamientos (Cuadro 7), sólo los niveles de rastrojo de maíz tuvieron diferencia significativa en el contenido de MO en el suelo, con un cv de 16.9 por ciento, variabilidad mayor que el efecto de los niveles de estiércol con 7.3 por ciento, situación que influye en la significancia de rastrojo por la variación de los valores respecto a la media.

El análisis de los niveles de rastrojo se presenta en el Cuadro 9, donde la tendencia es a incre-

mentar el contenido de MO en forma proporcional a los niveles de rastrojo. La dosis de 15 ton/ha de rastrojo es estadísticamente superior al testigo sin rastrojo con 0.473 por ciento más de MO y similar a las dosis de 5 y 10 ton/ha, éstas a su vez son similares a la dosis de 0 ton/ha.

Cuadro 9. Materia orgánica en el suelo por aplicación de rastrojo de maíz. Navidad, N.L., 1987.

Rastrojo de maíz (ton/ha)	Materia orgánica (%)
0	2.097 b *
5	2.267 ab
10	2.423 ab
15	2.570 a

\* DMS con 0.05

Era de esperarse una respuesta a los niveles de estiércol de acuerdo a lo expuesto por Castellanos (1985a), situación que no se presenta por el tratamiento E6OR0, cuyo valor es el mínimo en MO, incrementando el error experimental en los niveles de estiércol, y cuya explicación se debe a la relación Carbono:Nitrógeno del estiércol, que es menor que la del rastrojo y a 287 días después de aplicados los residuos y con cantidad suficiente de nitrógeno en el suelo, el estiércol forma parte de la fracción órgano-mineral ya en un proceso de mineralización muy avanzado, que no se puede cuantificar por el método de análisis basado en la determinación de carbono como MO; en cambio el rastrojo por sus elevados contenidos de lignina, su relación C:N es mayor y se puede cuantificar el carbono por el mayor tiempo que requiere para su mineralización (Allison, 1973).

Los incrementos de MO por la adición de rastrojo son mayores respecto a lo señalado por Covarrubias (1985) y Lee (1972), por tratarse sólo de un ciclo agrícola, pero demuestra en parte el beneficio del rastrojo de maíz en el contenido de MO y la diferencia en el incremento en MO es similar en forma estadística para los niveles de 5, 10 y 15 ton/ha que es mejor aplicar el menor nivel para disminuir costos.

### Capacidad de Intercambio Catiónico

La respuesta de un incremento en la CIC por adición de residuos orgánicos no se logró en los tratamientos EOR15 y E3OR15 que fueron superados por el testigo con 1.36 y 0.54 meq/100 g respectivamente; en cambio el resto de los tratamientos muestra un incremento directamente proporcional a la dosis de residuos orgánicos (Cuadro A4).

El desglose de los efectos individuales de rastrojo y estiércol se observa en el Cuadro 7, sólo los niveles de estiércol son diferentes significativamente con un cv del 35.9 por ciento, los niveles de rastrojo y su interacción con estiércol presentan un cv de 35.6 por ciento que ocasiona una alta variabilidad en esta propiedad respecto a la media de los tratamientos.

Los niveles de estiércol muestran una tendencia a incrementar la CIC, en aumento de la dosis el nivel de 60 ton/ha supera estadísticamente al nivel de 30 y 0 ton/ha, éstos son similares (Cuadro 10).

Cuadro 10. Capacidad de Intercambio Catiónico en el suelo por efecto del estiércol de bovino. Navidad, N.L. 1987.

Dosis de estiércol (ton/ha)	Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100 g)
0	9.30 b*
30	10.09 b
60	14.02 a

\* DMS con 0.05

La respuesta de la CIC al estiércol coincide con los resultados de MO que no tiene respuesta al estiércol porque parte de él forma ya parte del complejo del intercambio de las partículas órgano-mineral del suelo y al momento del muestreo parte de las dosis de estiércol empleadas forman parte de la fase de intercambio por lo que existe una relación directa entre el contenido de MO y la CIC, no así para el rastrojo cuya descomposición es más lenta y su respuesta se observa en el contenido de MO, pero sin efecto significativo en la CIC.

La aportación del estiércol con sustancias húmicas para formar el complejo órgano-mineral induce a tener altos valores de capacidad de intercambio que por lo general varían entre 100 y 300 meq/100 g a pH de 7.0 y de cuyo valor de carga depende del pH por tratarse de complejos anfotéricos (Hamblin, 1985). En este caso los valores están por debajo de los descritos, pero existe similitud de los resultados de estiércol con los encontrados por Contreras (1985) y Gil (1986), para suelos calcáreos, pero el tiempo de aplicación al muestreo es mayor respecto al de ellos y la dosis de 60 ton/ha presenta mayor incremento de la CIC en la región de Navidad, N.L., que los encontrados por Gil (1986).

Un valor de CIC de 14.02 meq/100 g respecto al valor de 9.3 meq/100 g del Cuadro 10 al convertir esta proporción a peso por hectárea la cantidad de meq es muy superior; y también al comparar estos valores con la proporción de CIC para la fracción de arcilla en el suelo ésta es más baja, lo que indica que en el análisis de textura parte del limo en suspensión se considera como arcilla, esto por no realizar previamente la oxidación de la MO en análisis de la descripción del perfil (Cuadro 2).

Para tener un incremento significativo es necesario aplicar 60 ton/ha de estiércol de bovino y su respuesta en la CIC se presenta en las últimas etapas de desarrollo del trigo pero como un beneficio para los siguientes cultivos:

#### Densidad de Sólidos

El valor de esta característica tiene una tendencia a mantenerse constante con la adición de residuos orgánicos, los resultados (Cuadro A5) están en un rango entre 2.52 g/cm<sup>3</sup> (E60R5) y 2.74 g/cm<sup>3</sup> (E30R10), con mínimas desviaciones respecto al valor de la constante para esta propiedad de 2.65 g/cm<sup>3</sup>.

El análisis estadístico (Cuadro 7) señala que no existe diferencia entre las fuentes de residuo y su interacción, sus coeficientes de variación se mantienen en 7.2 por ciento para los niveles de estiércol y 5.6 por ciento para rastrojo y su interacción con estiércol, esto concuerda con lo expuesto por Grande (1980), que esta propiedad tiende a permanecer constante por tratarse de una determinación de la parte mineral del suelo.

Los valores mínimos promedio de Ds se presentan con los niveles mayores de estiércol y esto se puede deber a que el método de oxidación de la MO a niveles

de 60 ton/ha de estiércol no fue totalmente eficaz y ésta ya se encontraba mineralizada; además existe una relación de las observaciones de MO y CIC para estiércol, porque los efectos se muestran en el complejo órgano-mineral de las partículas del suelo; así la respuesta de la  $D_s$  a la adición de estiércol es mínima y no tiene una diferencia significativa en los niveles aplicados.

### Densidad Aparente

Los residuos orgánicos incorporados al suelo tienden a disminuir la  $D_a$  del suelo por el decremento del valor de la masa del suelo con la adición de la MO; al incrementar los niveles de estiércol se observa más marcadamente esta tendencia (Cuadro A6) y sólo el tratamiento EOR5 supera el valor del testigo con 0.04 centésimas diferencia mínima y de poco efecto en el sistema de porosidad del suelo.

La tendencia de los niveles de estiércol a modificar la  $D_a$  se demuestra en su análisis de varianza (Cuadro 7), con una diferencia altamente significativa y un cv de 5.1 por ciento; contrario para los niveles de rastrojo y su interacción con estiércol donde no existe diferencia entre los tratamientos.

Dentro de los niveles de estiércol, la dosis de 30 y 60 ton/ha disminuyen en 0.07 y 0.08 g/cm<sup>3</sup> respecto al testigo, como se observa en el Cuadro 11; los niveles de 30 y 60 ton/ha son estadísticamente similares y ambos diferentes respecto al nivel de 0 ton/ha de estiércol de bovino.

Cuadro 11. Densidad aparente en el suelo por incorporación de estiércol. Navidad, N.L. 1987.

Estiércol de bovino (ton/ha)	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )
0	1.23 a *
30	1.16 b
60	1.15 b

\* DMS con 0.05

La adición de residuos orgánicos disminuyó la Da, y más notorio con los niveles mayores de estiércol probados; los cambios observados son similares a lo reportado por Espinoza (1984) y Gil (1986) para suelos calcáreos; pero en la dosis de 60 ton/ha, la respuesta encontrada por estos investigadores fue mayor en menor tiempo después de incorporar los residuos que los obtenidos en este experimento.

La respuesta del estiércol en la Da y no en el contenido de MO indica los cambios en el volumen del suelo también fueron influenciados por los humedecimientos de los riegos y por el desarrollo de las raíces del cultivo, el primero por el hinchamiento de las partículas arcillosas y el segundo por el desplazamiento del suelo por las fuerzas de crecimiento de la raíz.

La respuesta en los cambios de la Da por la adición de rastrojo de maíz no indican diferencia en los niveles explorados, en cambio con los niveles de estiércol se tiene una respuesta inversamente proporcional y al utilizar el nivel de 30 ton/ha se tiene un comportamiento similar a 60 ton/ha de ahí que resulte mejor utilizar el menor nivel para mejorar esta propiedad.

## Porosidad

La porosidad (E) como la relación total de espacios libres en un agregado estructural, tiene una tendencia a incrementarse hasta el nivel medio de los tratamientos (E30R5 y E30R10), pero disminuye en menor grado al incremento en los máximos niveles de residuos orgánicos, como se observa en el Cuadro A7.

En el análisis de varianza se tiene diferencia para los niveles de estiércol (Cuadro 7) con un cv del 5.0 por ciento y en los niveles de rastrojo y su interacción con estiércol no existe diferencia y presentan un cv de 5.8 por ciento; estos valores no mostraron una distribución normal por lo que fueron transformados en base a la metodología descrita para su análisis.

Al comparar los niveles de estiércol que resultaron significativamente diferentes, las dosis de 30 y 60 ton/ha tiene una respuesta estadísticamente similar, pero superan al nivel de 0 ton/ha con 7.75 y 6.59 por ciento respectivamente, como se observa en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Índice de porosidad del suelo por adición de residuos orgánicos. Navidad, N.L. 1987.

Estiércol de bovino (ton/ha)	Porosidad
0	0.516 a *
30	0.556 b
60	0.550 b

\* DMS con 0.05

El incremento en la porosidad se relaciona directamente con un incremento de la  $D_a$ , ambos con el estiércol de bovino, esto ha sido demostrado por diversos autores (Taylor y Ashcroft, 1972; Stewart, 1982 y Hamblin, 1985), porque los cambios en la  $D_s$  son mínimos por tratarse sólo de la parte mineral del

suelo y así la relación de la porosidad se debe a la Da, obteniendo un beneficio que repercutirá en la aereación y movimiento del agua en el suelo.

Los incrementos observados en este trabajo superan con 5.51 y 1.28 por ciento a los obtenidos por Gil (1986), en Navidad, N.L., las mismas dosis con estiércol, pero difieren con los obtenidos por Espinoza (1984), que obtuvo una mayor respuesta con 25 ton/ha.

Al igual que los resultados de la Da, en los niveles explorados de estiércol la respuesta de 30 y 60 ton/ha es similar estadísticamente y por lo cual es mejor utilizar el mínimo nivel de respuesta para disminuir los costos en el mejoramiento de las características del suelo.

### Microestructura

El comportamiento de esta característica bajo los tratamientos no mostró una tendencia respecto al incremento de los residuos orgánicos; el método del coeficiente de dispersión utilizado para determinar esta propiedad presenta valores dentro de un rango de 0.33 (Cuadro A8) para el tratamiento E6OR10 y 0.67 para el tratamiento E3OR10 y donde el testigo (EOR0) presenta un valor próximo a la media (0.48), situación inconsistente porque no es de esperarse que el testigo tenga un comportamiento a un nivel con mayor aportación de residuos orgánicos, esto indica que el método no representa en forma confiable la representatividad de esta propiedad.

Los valores menores señalan que la aportación de residuos orgánicos mantienen la microestructura bajo un efecto de manejo menos drásticos que la desestabilize, por el uso de los dispersantes químicos, que son la base del método de análisis, en cambio a valores mayores de 0.5 del coeficiente de dispersión indican

que la microestructura es poco estable y requiere un manejo de conservación (Olechko, 1985).

En los resultados del Cuadro A8, sólo el testigo y el tratamiento E6OR10 tienen valores menores de 0.5, y muestra que los agentes estabilizantes de la materia orgánica como el ácido húmico y el ácido flúvico, no tuvieron acción debido a la falta de reacciones de estos compuestos con metales oxidables y cationes intercambiables, además la descomposición de la materia orgánica fue mínima en base a que los suelos calcáreos presentan poca actividad microbiana y oxigenación para la descomposición de los residuos (Allison, 1968 y Hamblin, 1985).

### Macroestructura

La conjugación de las propiedades del suelo, se representan en la estructura por su aportación en la aereación, movimiento de agua y patrón de crecimiento de las raíces y el efecto de los tratamientos se observa en el Cuadro 13, donde el tipo de estructura encontrado fue de bloques subangulares dentro del perfil muestreado para los 12 tratamientos, no existiendo diferencia entre ellos y observándose poco el efecto de los residuos orgánicos por lo redondeado de las aristas de la estructura; en este estudio por mantenerse sin movimiento el suelo durante el desarrollo del cultivo, puede encontrarse este tipo de estructura que es característica de un horizonte B del suelo.

El tamaño de la estructura se representa en su clase y al comparar los tratamientos en sus valores medios (Cuadro A9), el mayor tamaño lo tiene el nivel E3OR0 con  $34.4 \text{ cm}^3$  y el menor fue el E6OR5 con  $21.5 \text{ cm}^3$  que comparándolos con el testigo, los valores indican la misma situación que la microestructura, en la inconsistencia de los valores. En el análisis de varianza,

Cuadro 13. Características de la estructura del suelo al final del ciclo de cultivo por efecto de los residuos orgánicos. Navidad, N.L. 1987

Tratamiento	Tipo	Clase (cm <sup>3</sup> )	Grado (%)		
			0.25mm	2.00mm	6.35mm
EOR0	Bs	27.9	15.2	20.3	1.7
EOR5	Bs	26.2	11.3	18.7	0.9
EOR10	Bs	33.7	12.5	22.3	1.3
EOR15	Bs	32.1	10.8	27.2	2.7
E3OR0	Bs	34.4	8.9	20.9	2.6
E3OR5	Bs	27.4	6.6	19.3	4.9
E3OR10	Bs	32.6	10.3	18.0	3.2
E3OR15	Bs	29.6	5.6	23.0	5.1
E6OR0	Bs	26.4	6.1	28.7	8.3
E6OR5	Bs	21.5	6.7	27.0	10.7
E6OR10	Bs	26.2	4.7	31.0	9.6
E6OR15	Bs	25.1	5.9	28.8	8.9

Bs = Bloques subangulares

los niveles de estiércol, de rastrojo y la interacción no indican diferencia estadística, pero en los niveles de estiércol, el error tiene un valor elevado, que representa la inconsistencia de las observaciones con un CV(a) de 38.7 por ciento, que respecto al CV(b) sólo disminuye en un 10 por ciento.

Los valores de clase son propios de la estructura de bloques subangulares y se comportan en forma similar al tipo de estructura característico del horizonte B, aquí la descomposición de la MO de los residuos no demuestra la bondad de la estructura migajonosa propia en suelos orgánicos además durante el muestreo se detectaron residuos de estiércol y rastrojo sin descomponerse, así el efecto de estos residuos en la estructura es lento, tomando en cuenta la mineralización de la MO y la presencia de microorganismos y adecuada oxigenación para que la descomposición se realice (Allison, 1968 y Pratt, 1982).

Con la baja descomposición de la MO y su efecto en el tipo y clase de estructura, la estabilidad puede considerarse sin beneficio por la menor descomposición y aun así el tamaño de los agregados se encuentran dentro del rango descrito por Hamblin (1985), entre 1 y 100 mm de diámetro para fines agrícolas, pero por su tamaño, el diámetro de poro estimado quedaría dentro del rango que ocupan las raíces de tipo lateral, seminal y nodal del trigo (Russell, 1977) y en la humedad del suelo y actividad microbiana que comprende el rango de 30 a 0.1 Mm no se detecta en este estudio este tamaño de estructura.

El humedecimiento y secamiento por los riegos y el período entre el último riego (147 DDS) y el muestreo del suelo (197 DDS) comprende 50 días durante los cuales el suelo permaneció sin actividad por el cultivo y las muestras de suelos formaban aglomerados de mayor tamaño que la clase de estructura descrita

asi al contacto con el agua en el análisis los tratamientos presentan mayor grado de estabilidad en la malla de 2.0 mm con 23.7 porciento del total, en cambio la malla de 6.35 mm tiene un 4.9 porciento y la de menor o igual a 0.25 mm con 8.7 porciento, demostraron asi mayor grado de agregación en la malla de 2.00 mm (Cuadro 13).

Al comparar los tratamientos entre los grados de estructura a menos de 0.25 mm, el mayor porcentaje de agregación está en los tratamientos con la menor aportación de residuos orgánicos, en cambio a 6.35 mm el mayor porcentaje está en los tratamientos con estiércol a 60 ton/ha a razón del nivel E0 con 1.65 porciento, E30 con 3.95 porciento y E60 con 9.37 porciento; e indica que el estiércol aun sin descomponer retiene mayor agregados de partículas de suelo y las hace más estables.

El incremento en el porcentaje de agregados a 6.35 mm al incrementarse la dosis de estiércol, concuerda con los obtenidos por Soria (1986) en 15 y 30 ton/ha para los suelos calcáreos de Navidad, N.L., y como consecuencia se disminuye el porcentaje a menos de 0.25 mm, considerado como microestructura (Ruíz, 1985).

En la estructura del suelo, los efectos de los residuos orgánicos se observa con mayor intensidad en el grado, que en la clase y tipo. El uso de estiércol a 60 ton/ha con 5 ton/ha de rastrojo supera al resto de los tratamientos y es recomendable para tener una mayor estabilidad del suelo al efecto de la erosión hídrica y el usar esta dosis, aun cuando su costo sea superior respecto a usar 30 ton/ha, su beneficio en pro de la coservación del suelo lo compensa.

## Conductividad Hidráulica

El análisis de esta propiedad por el método del permeámetro no muestra una tendencia a aumentar en proporción al incremento de residuos orgánicos (Cuadro A10). El testigo supera a los tratamientos EOR5, EOR10 y E3OR0, situación incongruente por el beneficio que aportan los residuos orgánicos en esta característica al incrementarla.

El análisis de varianza (Cuadro 7), no indica diferencia entre los niveles de estiércol, de rastrojo y la interacción de ambos, en cambio los valores del cuadrado medio del error (a) y error (b) al superar al resto, indica que la variabilidad de esta propiedad se acumula en el error, de ahí que el cv (a) sea de 37.4 por ciento y el cv (b) de 87.7 por ciento.

La variación de los valores de conductividad hidráulica concuerda con lo descrito por Hamblin (1985), respecto a que los métodos de muestreo son menos precisos que para las otras propiedades del suelo y por la heterogeneidad en la geometría de los poros.

El aplicar dosis de 60 ton/ha de estiércol asociadas con rastrojo de maíz se tuvo un incremento en la conductividad hidráulica, con un mayor beneficio al nivel de E6OR10 que supera al testigo con 11.1 cm/día (Cuadro A10), estos resultados concuerdan con lo descrito por Castellanos (1982) y Stewart (1982), y para suelos calcáreos de la región por Soria (1986), quien logra un mejor incremento de esta propiedad con 30 ton/ha de estiércol.

La relación existente entre la conductividad hidráulica y la infiltración básica de un suelo nos demuestra que el tratamiento E6OR10 también puede incrementar la infiltración básica y en general la dosis de 60 ton/ha de estiércol asociada con rastrojo tiene mejor respuesta.

## Humedad Disponible

El contenido de humedad del suelo en base a la curva de retención se presenta en el Cuadro 14, estos valores son los ajustados a una tensión de humedad determinada y obtenida de los modelos descritos en el Cuadro A11, con los cuales se pueden estimar el resto de los valores.

A la tensión de 0.3 bar característica de la capacidad de campo, se observa un incremento proporcional del contenido gravimétrico ( $P_w$ ) y con excepción del tratamiento E3OR5, el resto supera al testigo, pero con mayor proporción el tratamiento E3OR5 en 1.9 por ciento seguido del E6OR10 con 1.7 por ciento. Los incrementos aunque son bajos, responden a las aportaciones de residuos orgánicos y concuerdan con lo obtenido por Rodríguez (1967), respecto al incremento del valor de la capacidad de campo, pero no a la misma intensidad respecto a lo señalado por Unger y Stewart (1983).

El valor de humedad entre capacidad de campo y un valor próximo a 5.0 bar de tensión se conoce como humedad fácilmente disponible y representa el mayor porcentaje de humedad aprovechable (Narro, 1987), pero difiere en cada tratamiento en base a la pendiente de los modelos descritos en el Cuadro A11; donde los valores de  $P_w$  en cada tratamiento a 5.0 bar indican que sólo el tratamiento E3OR0 es menor al testigo y el resto lo superan; pero el intervalo de  $P_w$  entre 0.3 y 5.0 es menor para el resto de los tratamientos respecto al testigo, que señala menor humedad fácilmente disponible.

El valor de 15 bar de tensión propio del punto de marchitez permanente indica una tendencia a incrementar el contenido gravimétrico de humedad con los niveles de residuos orgánicos y sólo el tratamiento E3OR0 resulta menor al testigo en forma similar a 5.0

Cuadro 14. Contenido gravimétrico de humedad del suelo (%) a tres tensiones y humedad disponible por efecto de residuos orgánicos. Navidad, N.L.; 1987

Tratamiento	Tensión (bar)			Humedad disponible	
	0.3	5.0	15.0	(%)	A
E0R0	32.0	18.0	14.3	17.7	0
E0R5	32.5	18.3	14.6	17.9	1.13
E0R10	31.9	18.0	14.3	17.6	-0.56
E0R15	32.5	18.1	14.4	18.1	2.26
E30R0	32.3	17.6	13.9	18.4	3.95
E30R5	33.9	18.7	14.9	19.0	7.34
E30R10	32.9	18.5	14.7	18.2	2.82
E30R15	33.1	18.3	14.5	18.6	5.08
E60R0	33.2	18.8	15.1	18.1	2.26
E60R5	33.5	19.1	15.4	18.1	2.26
E60R10	33.7	19.1	15.3	18.4	3.95
E60R15	32.9	18.6	14.9	18.0	1.69

A = Desviación porcentual respecto al testigo.

bár, este incremento en la constante de humedad también es reportado por Rodríguez (1967), y al tener un incremento gradual en ambas constantes como capacidad de campo y marchitez permanente, tiene un efecto en la humedad disponible que puede resultar menor al aumentar estas constantes porque su intervalo se reduce.

La humedad disponible para cada tratamiento se observa en el Cuadro 14 donde el tratamiento EOR10 resulta con menor valor que el testigo y el resto de los tratamientos lo superan, se observa también una diferencia respecto a los niveles de estiércol en sus valores promedios de humedad disponible, el nivel E30 supera a los niveles E60 y E0 con 0.40 y 0.73 de porcentaje de humedad disponible; pero en los niveles de rastrojo el nivel de 5 ton/ha supera a los demás y esto se debe a que el tratamiento E3OR5 tiene la mayor humedad disponible. Este tratamiento supera en 7.34 por ciento al testigo seguido del E3OR15 con 5.08 por ciento, el resto no lo supera en más del 4 por ciento y sólo el EOR10 es menor en 0.56 por ciento.

Estos incrementos son mayores a los obtenidos por Ramos (1985) con 30 y 40 ton/ha de estiércol y de Gil (1986), con 30 ton/ha de estiércol, y para el nivel de 60 ton/ha sólo el tratamiento E6OR10 lo supera el resto son menores a los incrementos obtenidos por éstos en suelos calcáreos de la región.

El rastrojo de maíz no mostró una tendencia tan marcada que el estiércol y al asociarse se presenta con mayor intensidad el efecto del estiércol, estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Covarrubias (1985), con rastrojo y pueden deberse al cambio del ambiente en que se realizaron ambos trabajos, no presentándose respuesta del rastrojo de maíz en la humedad aprovechable para los suelos calcáreos de la región.

El mayor efecto del incremento de la humedad aprovechable en el nivel de 30 ton/ha de estiércol se debe

a que esta dosis tuvo mayor descomposición que la de 60 ton/ha, algunos autores (Castellanos, 1985a y Stewart, 1982) señalan que dosis pequeñas y continuas son mejores en la modificación de las constantes de humedad que dosis altas y espaciadas porque así se favorece la mineralización de la MO, además que los suelos calcáreos se caracterizan por su deficiente aereación, actividad de microorganismos y presencia de humedad, que influyen en la velocidad de mineralización y para tener a mayor cantidad un menor tiempo de descomposición (Flaig et al., 1977; Chen y Barak, 1982 y Loehr, 1982).

El utilizar niveles de 30 ton/ha de estiércol es la mejor opción de favorecer la humedad disponible del suelo en un período de 287 días después de incorporarlos al suelo y mucho mejor si se mezclan con 5 ton/ha de rastrojo de maíz, que resulta una recomendación más económica respecto a los niveles de estiércol con rastrojo; puede suceder que con mayor tiempo los niveles de estiércol de 60 ton/ha superan a los demás como lo reporta la literatura (Gil, 1986), pero esto queda fuera de este estudio.

### Análisis de Crecimiento

#### Altura de Planta

Las observaciones de altura de planta se ajustaron a la curva logística y los parámetros de ajuste se demuestran en el Cuadro A12; donde sólo los tratamientos E30R5 y E60R10 tienen un ajuste significativo en el coeficiente de determinación y el resto presenta un ajuste altamente significativo.

El comportamiento de altura se demuestra en la Figura 4, para condiciones de interacción entre el nivel de estiércol de 0 ton/ha con los niveles de rastrojo; la tendencia de estos tratamientos es similar

e indica que los niveles de rastrojo no influyeron entre si en la altura del trigo durante su desarrollo. La altura tiende a incrementarse a partir de los 60 días después de siembra (DDS) y tiene su máximo incremento entre los 100 y 110 DDS, alcanzando una máxima altura próxima a los 95 cm, valor menor a las características fenotípicas del Aricosta S-83. La semejanza entre estos tratamientos indica que los niveles de rastrojo en forma individual no afectan la altura del trigo.

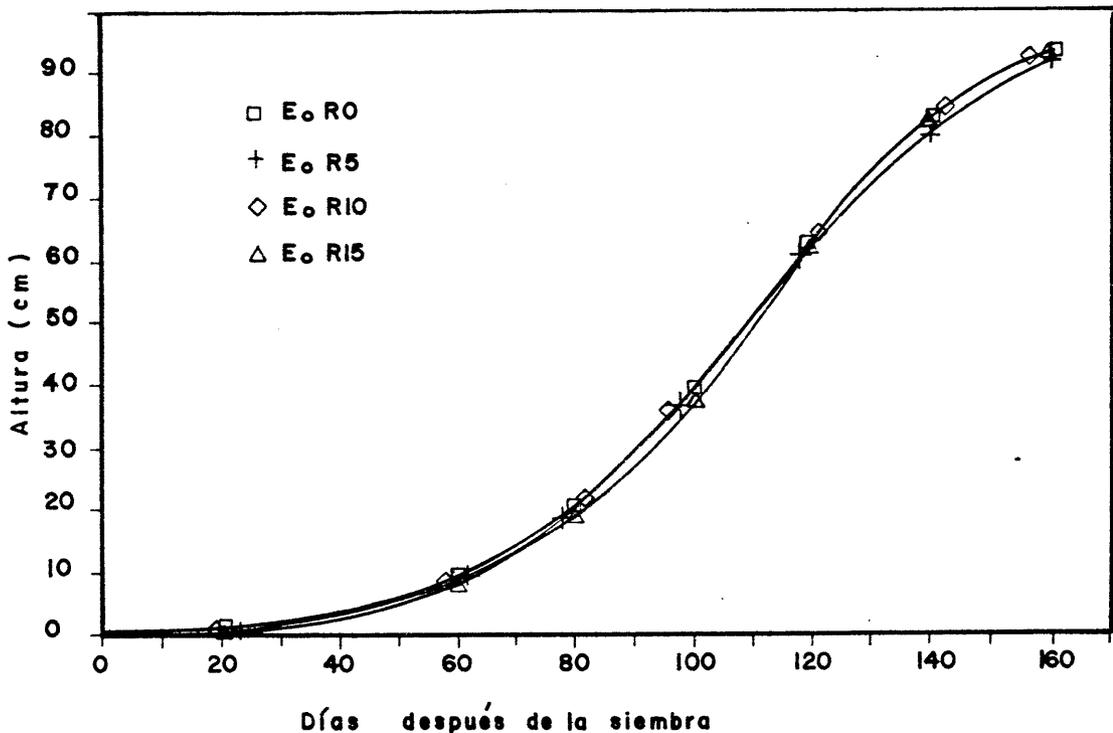


Figura 4. Altura de planta del trigo a un nivel de 0 ton/ha de estiércol de bovino y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987.

Para el nivel de estiércol de 30 ton/ha, el comportamiento difiere entre los niveles de rastrojo, los tratamientos E30R5 y E30R10 superan a los dos restantes en este nivel de estiércol a partir de los 70 DDS (Figura 5), teniendo su máximo incremento entre los 90 y 100 DDS, en cambio los tratamientos E30R0 y E30R15 lo tiene de los 105 a 115 DDS, esta diferencia también se presenta en la altura final donde el tratamiento E30R5 supera al resto con 103 cm de altura final y decreciendo la altura según se incremente el nivel de rastrojo con excepción del nivel de 0 ton/ha de rastrojo, la diferencia dentro del nivel de 30 ton/ha de estiércol representa que la aportación de estiércol favorece el desarrollo de la altura del trigo.

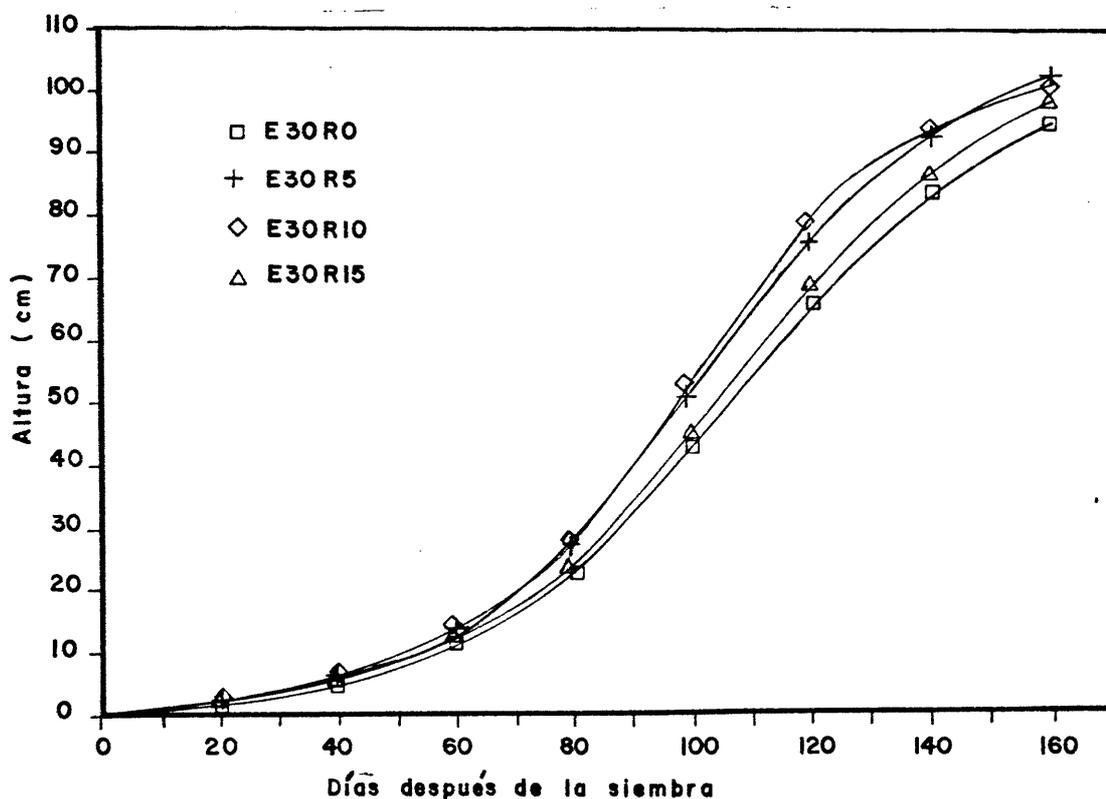


Figura 5. Altura de planta del trigo a un nivel de 30 ton/ha de estiércol de bovino y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987.

En el nivel de 60 ton/ha de estiércol como se observa en la Figura 6, el nivel sin rastrojo es superado por el resto de los niveles; estos a partir de los 60 DDS presentan su máximo nivel de altura de planta vs tiempo y entre los 90 y 100 DDS, el tratamiento E6OR0 se mantiene abajo en altura del resto durante el ciclo de desarrollo y su máximo incremento lo tiene entre los 110 y 120 DDS.

Los tratamientos con rastrojo al nivel de 60 ton/ha de estiércol presenta un comportamiento similar hasta los 120 DDS donde el tratamiento E6OR5 supera a los demás hasta la altura final, seguido del tratamiento E6OR10 y E6OR15 respectivamente el tratamiento E6OR0 difiere del resto como se observa en la Figura 6 y su altura siempre es superada por el resto y podemos indicar que el tratamiento E6OR5 tiene la máxima altura y un nivel mayor de rastrojo la afecta, por lo que este nivel es el adecuado para mayor expresión de altura de planta.

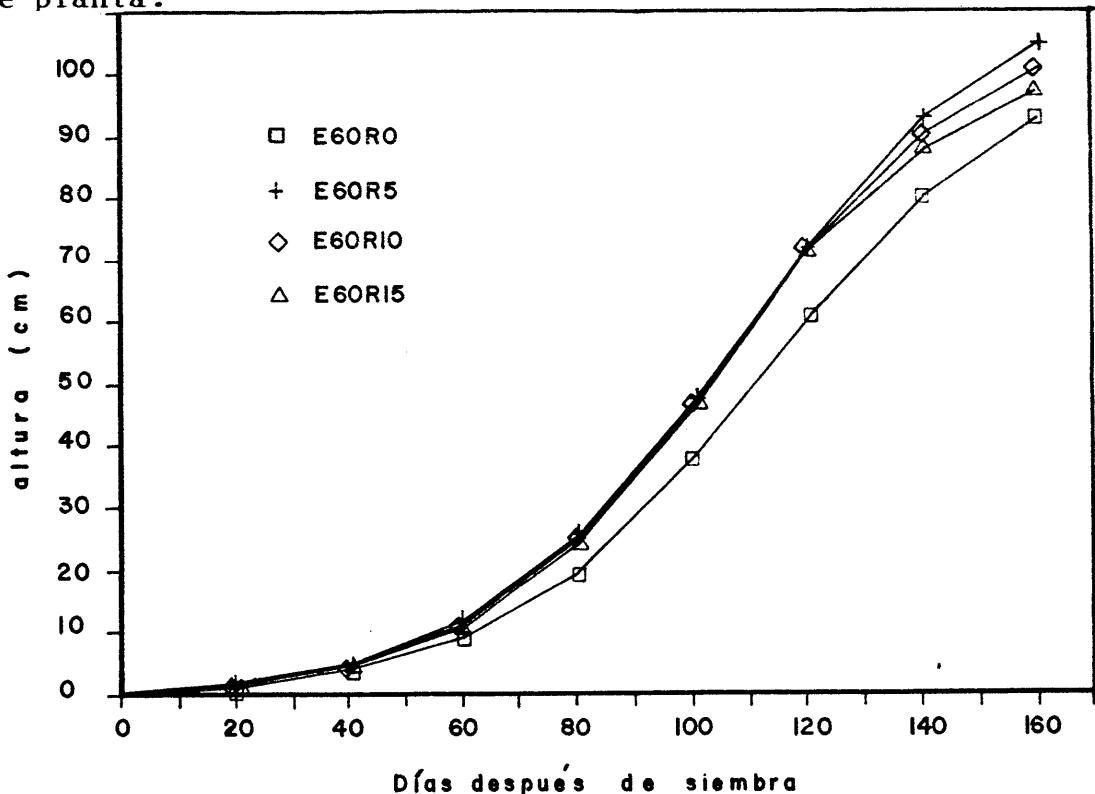


Figura 6. Altura de planta del trigo a un nivel de 60 ton/ha de estiércol de bovino y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad. N.L.1987.

Al agrupar el total de tratamientos sobresalen en el desarrollo de la altura los niveles de 30 y 60 ton/ha de estiércol con 5 ton/ha de rastrojo de maíz, pero el E3OR5 presenta el mejor comportamiento, como se observa en las Figuras 4 y 5. Esta situación indica que niveles superiores a 5 ton/ha de rastrojo inducen menor altura de plantas de trigo y esto puede deberse a que el rastrojo a un nivel de 10 y 15 ton/ha, aunque sea incorporado al suelo, ocasiona un daño mecánico en la altura de planta. No así con los niveles de 60 ton/ha de estiércol que presentan la mayor estabilidad y menor tamaño de agregados, esto indica que el posible daño mecánico se reduce al disminuir la tenacidad o dureza de un suelo.

El efecto de las bajas temperaturas en la altura de planta a los 73 DDS y las precipitaciones ocurridas entre los 69 y 89 DDS de 81 mm (Figura A1 y A2) no muestran un retraso significativo en la altura de todos los tratamientos, la respuesta es similar y puede ser porque el cultivo se encontraba entre los 60 y 80 DDS sujeto a un stress por déficit nutrimental y bajas temperaturas, pero la presencia de lluvia, alta humedad relativa por la lluvia y la aplicación de nutrimentos redujo el efecto nocivo del stress y a partir de esta situación se acelera el crecimiento como se observa en las Figuras 4, 5 y 6.

La representación gráfica de altura se basó en la curva logística cuyo comportamiento es semejante a una "S" y por efecto del ajuste al inicio y al final de la altura sus incrementos son mínimos (Hunt, 1982), también al utilizar el estimador de máxima altura nos indica que la altura final debe mantener una tendencia con pendiente cero o positiva.

## Tasa Relativa de Crecimiento

Este parámetro está en función a la acumulación de la materia seca en el desarrollo del trigo y ajustada por la fórmula descrita por Radford (1967); en la Figura 7 se observa el comportamiento para el nivel de 0 ton/ha de estiércol y su interacción con los niveles de rastrojo.

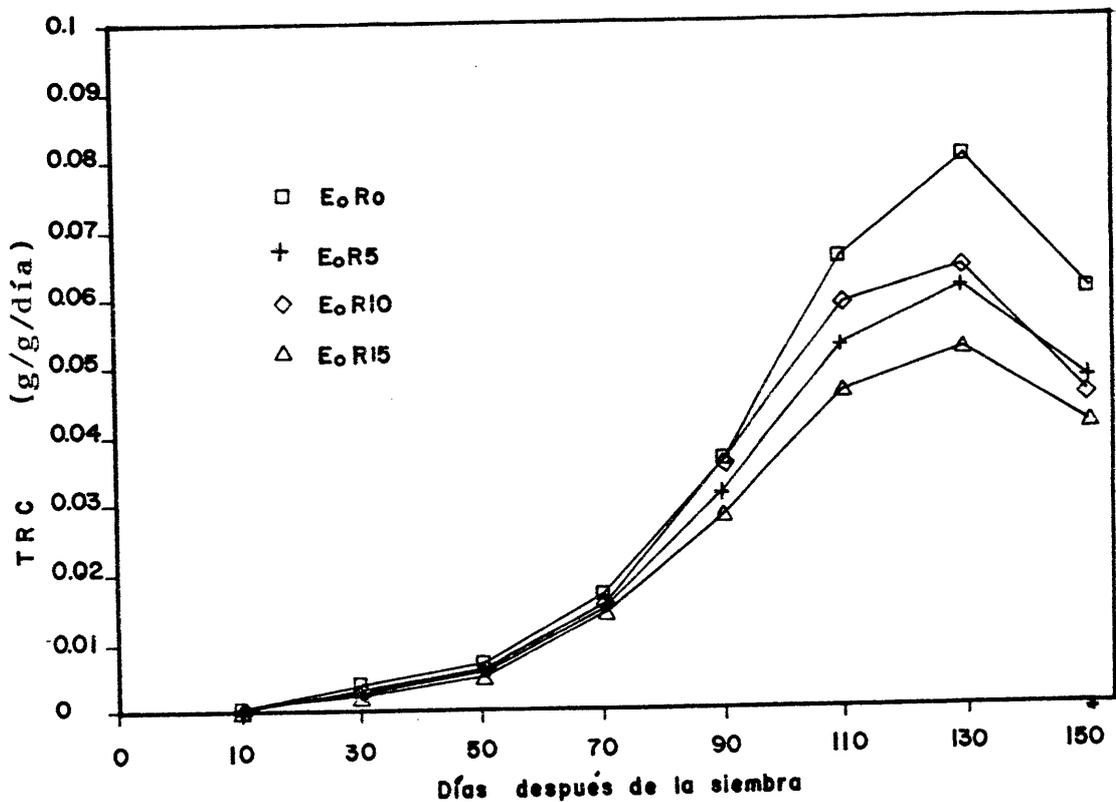


Figura 7. Tasa relativa de crecimiento (TRC) del trigo con 0 ton/ha de estiércol y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987

A este nivel el testigo EOR0 supera al resto de tratamientos en el crecimiento relativo que al inicio del ciclo se mantiene uniforme en los cuatro tratamientos, pero a partir de los 70 DDS el testigo supera a los demás, alcanzando su máximo valor a los 130 DDS con 0.08 g/g/día y a partir del ahí decrece en forma similar a los demás tratamientos. El tratamiento EOR15 tiene el menor crecimiento y este comportamiento muestra obviamente que a partir de los 70 DDS este nivel disminuye el crecimiento relativo y tratar de explicar este comportamiento es porque una dosis de 15 ton/ha de rastrojo de maíz es excesiva y puede ocasionar daños mecánicos por obstrucción del crecimiento además para esta fecha el rastrojo no se ha descompuesto en partículas menores, esto provoca que en este nivel se tenga una máxima tasa de crecimiento relativo de 0.05 g/g/día.

Los tratamientos EOR5 y EOR10 tiene un crecimiento relativo entre los dos tratamientos restantes de este nivel y su comportamiento es similar en la tendencia, pero su máximo crecimiento es 0.065 g/día para EOR10 y de 0.063 g/g/día para EOR5, considerando que es un crecimiento promedio de estos tratamientos para este nivel.

En el nivel de 30 ton/ha de estiércol y su interacción con rastrojo, el valor asociado con 15 ton/ha tiene un menor crecimiento relativo durante el ciclo de desarrollo del trigo, al igual que el nivel de 0 ton/ha de estiércol, el máximo valor se tiene con 0.048 g/g/día a los 110 DDS y decrece hasta el final del ciclo como se observa en la Figura 8.

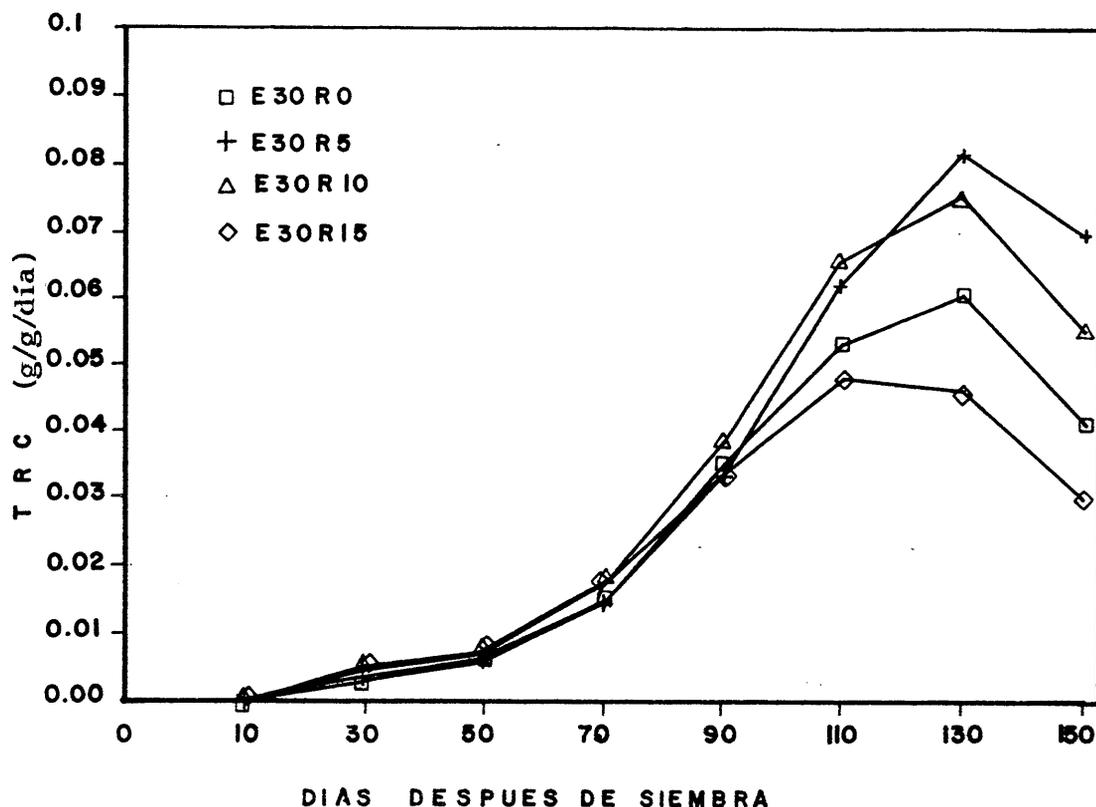


Figura 8. Tasa relativa de crecimiento (TRC) del trigo con 30 ton/ha de estiércol y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987

Los tratamientos E30R0, E30R10 y E30R5 tiene su máximo crecimiento a los 130 DDS siendo el mayor éste último con 0.083 g/g/día valor que supera al máximo nivel sin estiércol y sin rastrojo pero sólo en 0.03 g/g/día que indica que no representa realmente ventaja para la TRC los residuos orgánicos o que no alcanzaron a biodegradarse; también se observa en la Figura 8 que existe una diferencia contrastante entre estos tratamientos dentro de la etapa de grano lechoso y la diferencia se debe a que el proceso de llenado de grano se encuentra afectado por varias causas como

al disminuir el intervalo de riegos, porque el abatimiento de humedad es del 30 por ciento, esto provoca que las etapas fenológicas de desfasen y al momento de la observación a 130 DDS el tratamiento E30R5 se encuentra todavía creciendo por contar con mayor humedad aprovechable en el perfil, mayor MO y menor pH, aunque por estar en las últimas etapas de desarrollo se aprovechará el siguiente ciclo al considerar que el tiempo para biodegradarse los residuos no se realiza en un solo ciclo.

El exceso que representa las 15 ton/ha de rastrojo en la TRC de trigo es una de las causas del menor crecimiento del tratamiento E30R15 y la aplicación de las 30 ton/ha no influyeron en el crecimiento al contrario los disminuyeron porque el E30R15 crece menos que el E0R15 como se observa en las Figuras 7 y 8.

La caída drástica al final del ciclo de desarrollo por los tratamientos en este nivel, en especial el E30R15, es un indicio que en la planta después de los 130 DDS el crecimiento es disminuído pero al siguiente muestreo después de la madurez fisiológica y la presencia de roya de la hoja (puccinia recondita) es del 40 por ciento en la planta, (Cuadro 5) promedio en todos los tratamientos que ocasiona menor área foliar por efecto de esta enfermedad, por lo que el crecimiento relativo se representa en su mayoría por el peso del tallo y la espiga de la planta, además de la senescencia natural en hojas inferiores, por lo que se pierde biomasa.

En la Figura 9 se observa el comportamiento del crecimiento relativo del trigo al nivel de 60 ton/ha de estiércol de bovino relacionado con los niveles de rastrojo, al inicio la tendencia es ascendente y similar al resto de los tratamientos, pero a partir de los 30 DDS el tratamiento E60R10 supera a los otros en hasta los 110 DDS, en esta fecha los incrementos

ya superan a los niveles de 0 y 30 ton/ha de estiércol y sus interacciones con rastrojo de maíz, el tratamiento E60R5 tiene el menor valor de la máxima tasa de crecimiento con 0.068 g/g/día y lo mantiene constante durante los 110 y 130 DDS.

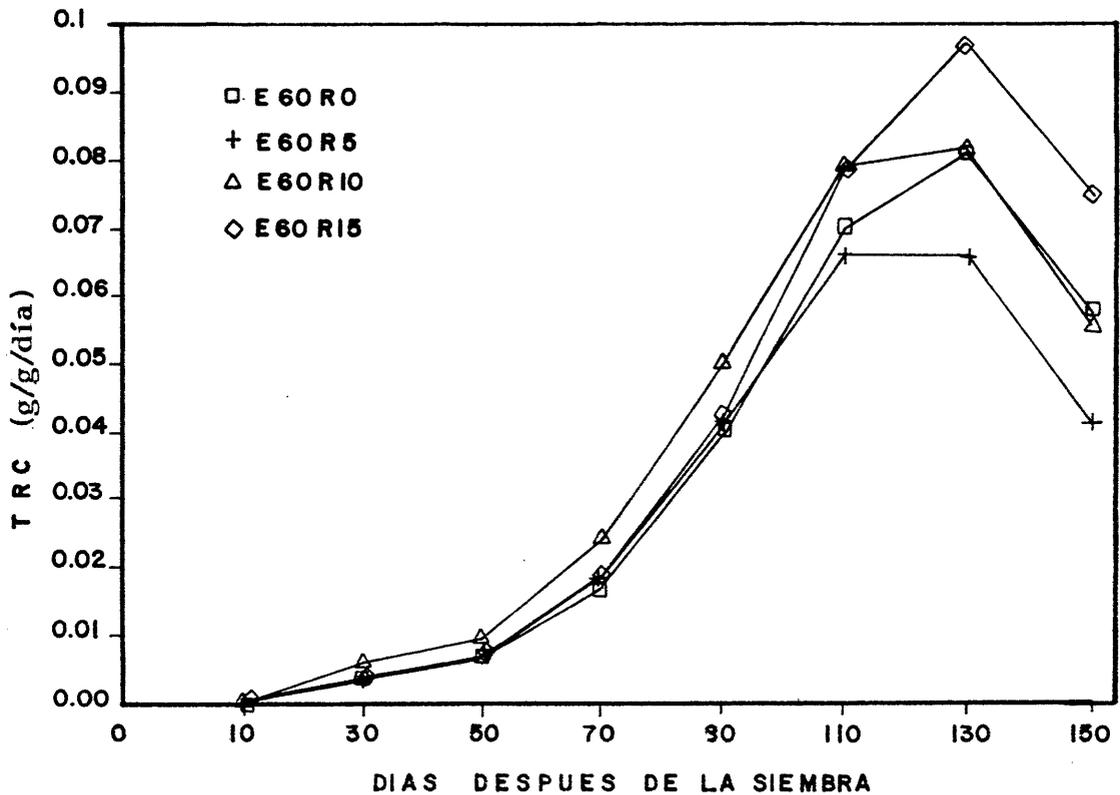


Figura 9. Tasa relativa de crecimiento (TRC) del trigo con 60 ton/ha de estiércol y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987

La máxima tasa de crecimiento relativo es para el tratamiento E60R15 con 0.097 g/g/día y se presenta a los 130 DDS, este valor supera al total de tratamientos en este estudio, este incremento sobresale del resto como se observa en la Figura 9, pero también decae

igual que los demás; esto resulta contrario respecto a lo mencionado para el nivel de 15 ton/ha de rastrojo, donde este nivel se ha mantenido abajo en estos tratamientos y la suposición en cuanto al efecto de obstrucción por exceso de rastrojo se descarta en este tratamiento porque los 60 ton/ha de estiércol de bovino disminuye el efecto nocivo en el crecimiento, por incrementar la consistencia del suelo (Cuadro 13) y como consecuencia menor dureza al esfuerzo mecánico del crecimiento (Bowen, 1981).

Por lo general todos los tratamientos tiene una baja tasa de crecimiento relativo al inicio del ciclo, y esto se debe a las bajas temperaturas imperantes en la región que se muestran en la Figura A2, donde se observa que al inicio la temperatura mínima es menor a cero grados centígrados en la mayoría de los días afectando el desarrollo del cultivo que no puede desarrollar por tratar de recuperarse del efecto del clima como lo señala Fisher (1973), pero al incrementarse la temperatura todos los tratamientos presentan su mayor incremento de crecimiento relativo entre los 70 y 110 DDS que se puede observar en las Figuras 7, 8 y 9. También es notorio la disminución del crecimiento relativo después de los 130 DDS en todos los tratamientos y esto se debe al efecto de la roya de la hoja sobre las plantas y la senescencia natural que afecta el área foliar; porque un genotipo de trigo después de su liberación es susceptible a esta enfermedad (CIMMYT, 1982) sobre todo cuando se tienen las condiciones propicias del desarrollo, pero no al afectarse el área foliar se debe presentar un menor desarrollo porque esto se compensa con el peso del grano (Evans, 1980); y en general sólo el tratamiento E60R15 tiene el mayor crecimiento relativo que influye en la producción de biomasa como producto de una fotosíntesis neta.

El contraste de la TRC después de la floración en los tratamientos se debe a varias causas y una de ellas son las características del suelo como mayor humedad aprovechable, la disminución de los intervalos entre riegos, efecto del mayor MO y CIC que influyen en la disponibilidad de nutrimentos, esto provoca que las etapas fenológicas se desfasen y al momento del muestreo algunos tratamientos sigan creciendo como el E3OR5 y E6OR15 que demuestra la bondad de los residuos orgánicos en estos tratamientos.

### Tasa de Asimilación Neta

Este parámetro nos indica a los individuos que logran la mejor eficiencia del área foliar en producción de materia seca como efecto de una fotosíntesis neta en los vegetales y que puede ser modificada por el ambiente en que se desarrolla el individuo y en este caso con trigo bajo efecto de residuos orgánicos incorporados al suelo.

Para todos los niveles, el inicio de la asimilación neta se tiene a los 30 DDS esto es porque las observaciones de área foliar y materia seca para cada tratamiento se realiza a partir de 20 DDS y continúan cada 20 días como se observa en el Cuadro A13a y al incluir los valores a la fórmula de Watson (1952), se obtiene un tiempo promedio que inicia a los 10 DDS que es el valor de la tasa de asimilación neta entre 0 y 20 DDS.

En la Figura 10 se muestra la asimilación neta del trigo a un nivel de 0 ton/ha de estiércol y su asociación con los niveles de rastrojo, que viene a ser el efecto del rastrojo en forma individual; el tratamiento EOR10 tiene el mayor incremento al inicio del desarrollo y decae a los 70 DDS pero se recupera a los 130 DDS, este alto incremento inicial no lo man-

tiene hasta el final del ciclo quedando abajo de los niveles con menos rastrojo; el testigo EORO tiene un inicio abajo del resto pero con la misma tendencia y a partir de los 110 DDS incrementa su tasa de asimilación superando a todos con  $0.56 \text{ mg/cm}^2 \text{ día}$ .

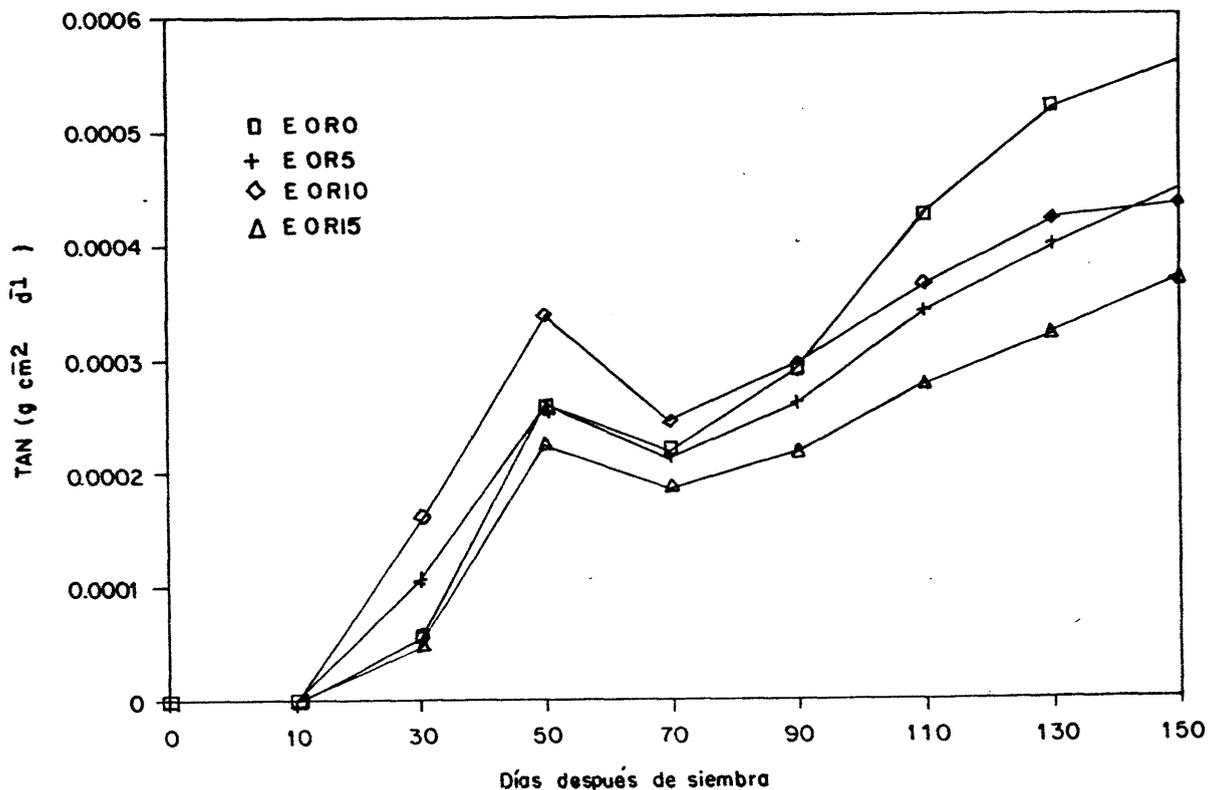


Figura 10. Tasa de asimilación neta (TAN) del trigo a un nivel de 0 ton/ha de estiércol y su interacción con rastrojo. Navidad, N.L. 1987.

La menor tasa de asimilación la tiene el tratamiento EOR15 con  $0.34 \text{ mg/cm}^2 \text{ día}$ , aquí el máximo nivel de rastrojo se comporta igual que en altura de planta y tasa de crecimiento relativo, el efecto de aplicar un nivel elevado de 15 ton/ha de rastrojo impide un

incremento en la asimilación neta del riego y esto se debe a la competencia en la asimilación que representa esta dosis de rastrojo; también es notoria la caída de la tasa de asimilación neta a los 70 DDS.

Para el nivel de 30 ton/ha de estiércol y los niveles de rastrojo, los tratamientos E3OR5 y E3OR15 tiene un incremento ascendente en la tasa de asimilación neta hasta los 50 DDS como se puede ver en la Figura 11, pero los tratamientos E3OR0 y E3OR10 al inicio tienen una tasa de asimilación neta menor de  $0.05 \text{ mg/cm}^2$  día, pero en el siguiente punto a los 50 DDS se incrementa rápidamente de tal manera que el E3OR10 iguala a los tratamientos E3OR5 y E3OR15; pero después todos bajan en su tasa de asimilación a los 70 DDS y ascender a la siguiente fecha hasta un máximo valor que lo tiene el tratamiento E3OR5 con  $0.58 \text{ mg/cm}^2$  día, mayor que el nivel anterior de estiércol. El tratamiento E3OR0 tiene la mayor tasa de asimilación final con  $0.33 \text{ mg/cm}^2$  día, señalando esta situación que al disminuir la tasa de asimilación a los 70 DDS, los tratamientos con rastrojo presentan mayor recuperación e indica además que la asociación de estiércol a 30 ton/ha con cualquier cantidad de rastrojo favorece la tasa de asimilación neta del trigo pero mejor al mezclarlo con 5 ton/ha de rastrojo.

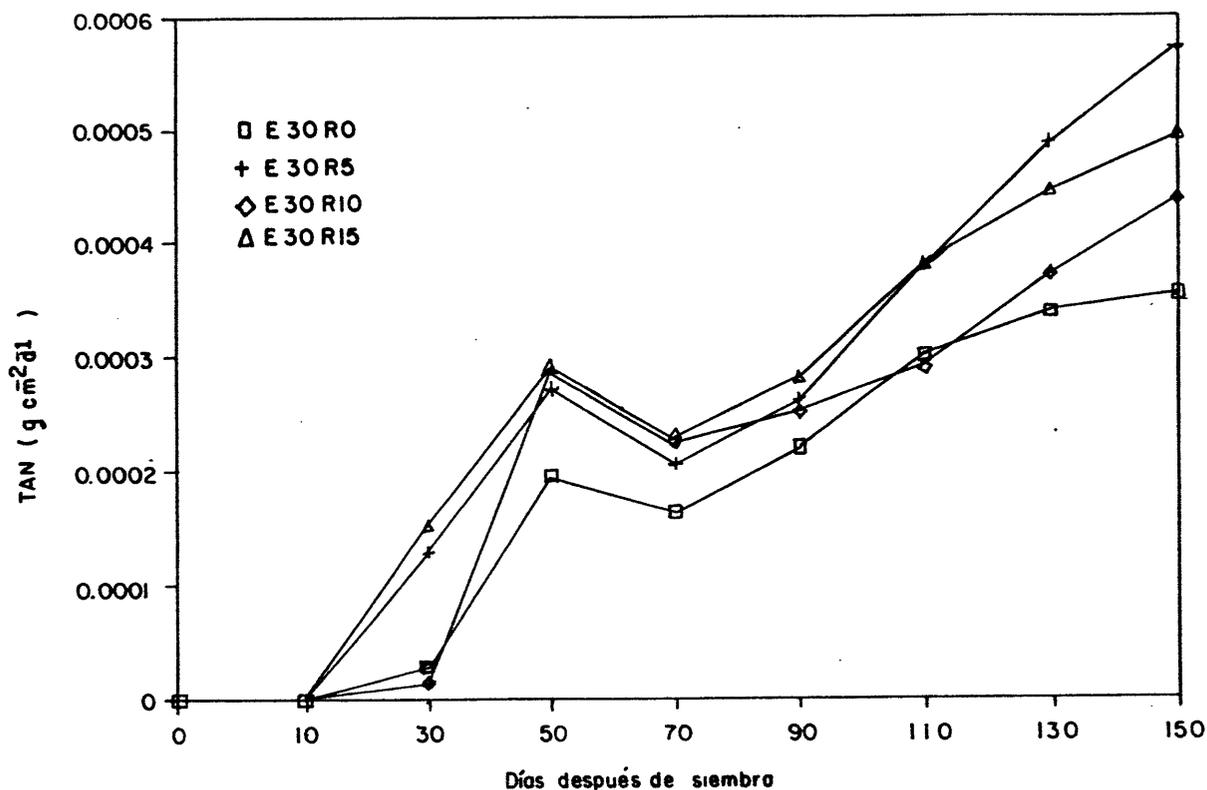


Figura 11. Tasa de asimilación neta (TAN) del trigo a un nivel de 30 ton/ha de estiércol y su interacción con rastrojo. Navidad, N.L. 1987.

En el nivel de 60 ton/ha de estiércol, el tratamiento E60R15 tiene la mayor tasa de asimilación neta hasta los 110 DDS donde en la fecha siguiente es superado por el tratamiento E60R0 y E60R10 hasta el final del muestreo, observando a esta fecha el mayor valor de asimilación, el tratamiento E60R10 con  $0.59 \text{ mg/cm}^2$  día, seguido del E60R0 con  $0.47 \text{ mg/cm}^2$  día como se muestra en la Figura 12.

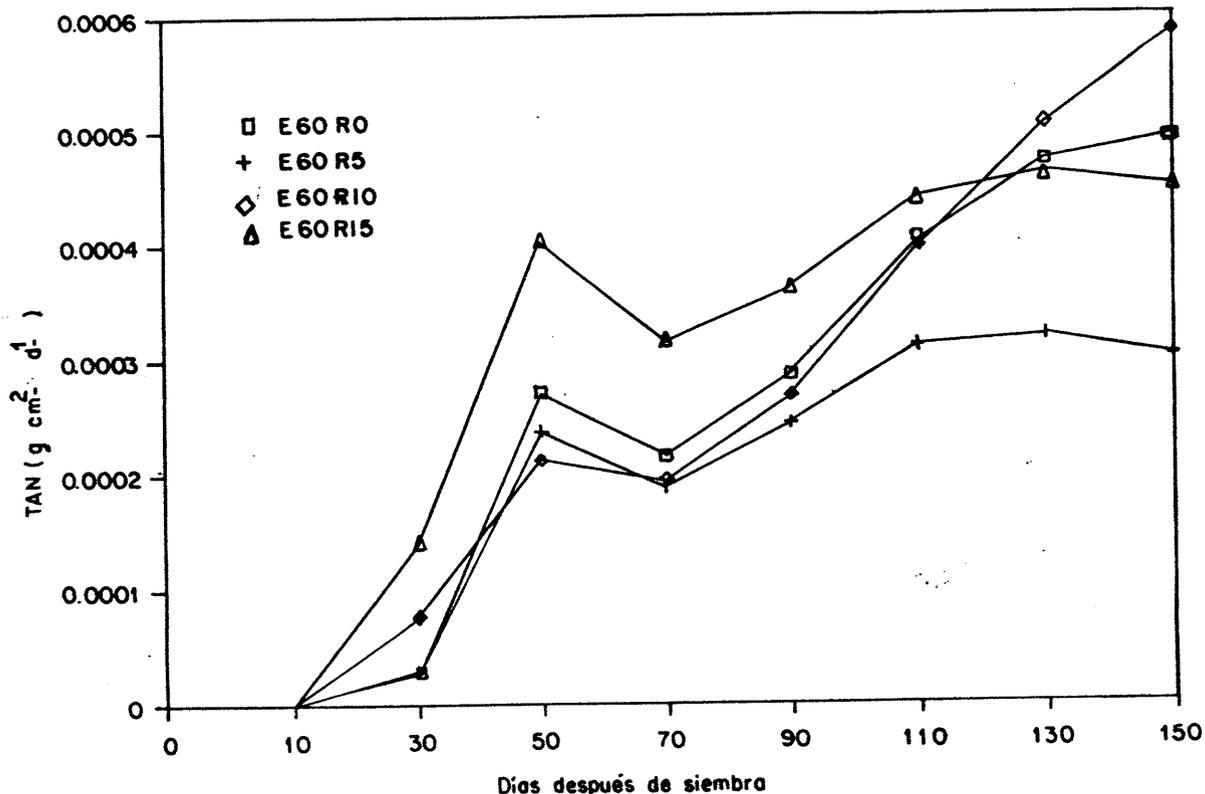


Figura 12. Tasa de asimilación neta (TAN) del trigo, a un nivel de 60 ton/ha de estiércol y su interacción con rastrojo. Navidad, N.L. 1987.

El tratamiento E60R5 tiene la menor tasa de asimilación neta y sólo a los 50 DDS supera al tratamiento E60R10 para continuar abajo de la tasa de asimilación hasta el final con  $0.305 \text{ mg/cm}^2 \text{ día}$ , su valor máximo es de  $0.31 \text{ mg/cm}^2 \text{ día}$  a los 130 DDS y como se muestra en la Figura 12 tiene un comportamiento estable al final del ciclo de desarrollo.

En este nivel de estiércol sólo el tratamiento E60R5 se mantiene abajo y los demás no muestran una tendencia clara durante el desarrollo como para señalar que uno es mejor que otro, sólo se obtiene un comportamiento claro hasta los 110 DDS donde el tratamiento E60R15, es el de mejor tasa de asimilación; este efecto también se presenta en altura de planta y crecimiento relativa para este tratamiento y puede decirse que los máximos niveles de rastrojo y estiércol benefician al trigo en su desarrollo en este período, para después el tratamiento E60R10 resulte mejor en su asimilación neta, razón por lo cual el nivel adecuado de residuos orgánicos para una alta tasa de asimilación se encuentra entre 60 ton/ha de estiércol entre 10 o 15 ton/ha de rastrojo de maíz dependiendo de la etapa de desarrollo del trigo.

En general la tasa de asimilación neta tiene un inicio ascendente, debido a que el primer valor a los 10 DDS es cero por las causas que se mencionaron y el incremento continúa hasta los 50 DDS donde decae en todos los tratamientos a los 70 DDS, esto es ocasionado por la relación del área foliar entre los 60 y 80 DDS y la materia seca que se puede observar en el Cuadro A13, donde el incremento en el área foliar es mayor al de la materia seca, y esto se debe primeramente a la precipitación ocurrida a los 72 y 73 DDS que fue de 49 mm y por la presencia de heladas con temperaturas menores a cero a los 77 DDS y ascender a 21°C en el mismo día, como se muestra en la Figura A1 y A2, esta situación afectó el desarrollo por la alta humedad y bajas temperaturas que representan una baja en la TAN por los factores ambientales de la región de Navidad, N.L. En la planta esto repercute en el intercambio gaseoso por la fijación de CO<sub>2</sub> y acumulación de materia seca que se reduce y ocasiona que la relación de asimilación neta baje en este período (Riddell y

Gries, 1958b; Salisbury y Ross, 1978); también el daño foliar, pero la disminución más drástica es en la velocidad de reacciones enzimáticas, lo que se traduce en menor producción y elongación celular y por lo tanto menor TAN (Fischer y Turner, 1978 y Evans, 1980); aunque se recuperaron por aplicación de fertilizantes foliares para corregir la deficiencia de fierro y zinc ocasionados por el estiércol (Huffaker et al., 1967 y Narro, 1987).

La época de mayor tasa de asimilación neta ocurre entre los 130 y 140 DDS, que se relaciona con el incremento ascendente de la producción de materia seca en el período de llenado de grano, porque en esta etapa se tiene una intensa demanda de la fuente (hojas) y la velocidad de fotosíntesis se incrementa así como la translocación que se representa en los tratamientos que tiene mayor TRC al igual que TAN (Leopold y Kriedemann, 1975), esto en condiciones adecuadas de humedad sobre todo en aquellos tratamientos que favorecieron mayor humedad aprovechable y retención de humedad y disponibilidad de nutrimentos y las aportaciones de hormonas que influyen en la división y elongación celular que es un proceso irreversible, así los tratamientos E30R5, E30R15, E60R10 y E60R15 tienen el mejor crecimiento bajo el ambiente de Navidad, N.L., para el año de 1987.

### Componentes de Rendimiento

#### Densidad de Población

En la densidad de población se consideró el amacollamiento que puede tener cada planta como variable, por tal razón se determinó en tallos por metro lineal y se presenta en el Cuadro A14, donde el tratamiento E0R5 tiene el menor valor con 166.8 tallos/m y el máximo

valor para el tratamiento E3OR10 con 230.8 tallos/m, con un valor medio entre tratamientos de 190 tallos/m.

El crecimiento presentado por el trigo no se ve afectado por la densidad de población o viceversa, el valor de 230 tallos/m es una desviación respecto al segundo mayor valor que es de 203 tallos/m que corresponde al testigo, así en el resto es menor y esta desviación repercute en la significancia de los tratamientos.

En el Cuadro 15 se presenta el análisis de varianza para los componentes de rendimiento, y en densidad de población no se observa diferencia significativa entre niveles de estiércol, de rastrojo y la interacción entre ambos; los cv son elevados respecto al resto y son para (a) de 10.97 por ciento y para (b) de 21.3 por ciento, pero ambos dentro de un rango de aceptación para esta variable, los valores se deben al índice de amacollamiento por planta y al porcentaje de germinación y emergencia del trigo que debe ser el mismo por tratarse del mismo genotipo; en el Cuadro A14 no se muestra una tendencia respecto al incremento en los niveles de residuos orgánicos y puede ser una razón que los niveles elevados de rastrojo no presenten un efecto de daño mecánico que se mencionó en el análisis de crecimiento para el máximo nivel de rastrojo sin estiércol que puede impedir la emergencia del trigo; en el análisis de varianza no se tiene diferencias significativas entre tratamientos y podemos decir que la densidad de población del trigo se comporta similar en este estudio, esto lo explica Stoskopf (1981), porque en trigo la densidad de población se compensa con el amacollamiento que presenta la planta y al tener alta población se incrementa la competencia y provoca que disminuya el amacollamiento; teniendo una densidad de población uniforme entre tratamientos.

Cuadro 15. Cuadrados medios del efecto de los residuos orgánicos en los componentes de rendimiento del trigo. Navidad, N.L. 1987.

Componentes del Rendimiento	Fuentes de Variación			Coeficiente de variación (a) (%)	Coeficiente de variación (b) (%)
	Niveles de estiércol	Niveles de rastrojo	Estiércol X rastrojo		
Densidad de población	541.1	2 787.6	1 695.5	10.97	21.30
Longitud de espiga	0.67	0.29	0.10	2.75	5.52
Granos por espiga	18.39	10.80	15.59	10.26	13.47
Peso mil granos	6.87	7.46*	4.47	2.24	4.45
Peso hectolítrico	2.34	3.75	1.27	9.20	12.17
Grano	407 936.0	622 549.3	325 013.3	6.82	17.34
Biomasa	0.024	0.074*	.0019	7.54	15.10
Indice de cosecha (1)	10.75	4.53	3.61	7.78	6.65

\* Diferencia significativa con 0.05

(1) Datos transformados con  $Y = \text{Arc Sen } \sqrt{X}$

La presencia del acame a los 164 DDS no afectó significativamente este componente, los beneficios por cambios en la humedad aprovechable del suelo, y estructuración y contenidos de MO y CIC tampoco excepto por el tratamiento E3OR10 no hay respuesta en la densidad de población.

### Longitud de Espiga

Este componente relaciona una espiga en longitud con un mayor número de granos que repercute en el rendimiento; esta variable se muestra en el Cuadro A15, la longitud de espiga en centímetros para el tratamiento EOR10 tiene el menor valor con 7.94 y el mayor valor para el E3OR0 con 8.75 y un promedio entre los tratamientos de 8.42 cm.

En el análisis de varianza para esta variable que se muestra en el Cuadro 15, no se observa diferencia significativa entre los niveles de estiércol, de rastrojo y su interacción, tienen un cv para (a) de 2.75 por ciento y para (b) de 5.52 por ciento, con valores bajos se concuerda que no existe diferencias entre los tratamientos respecto a la desviación del valor promedio y esto puede deberse a que los trataminetos estuvieron sujetos al mismo programa de riego, además esta variable dentro de condiciones adecuadas de humedad no presenta cambio alguno dentro de un mismo genotipo (Fischer, 1973), también concuerda con los trabajos hechos por el CIMMYT (1982 y 1983), en la generación de genotipos con resistencia a un stress hídrico.

Los efectos encontrados en las propiedades del suelo y análisis de crecimiento no influyeron en este componente y seleccionar cualquier tratamiento es indiferente, o si se relaciona con humedad y que un déficit repercute se seleccionaría el E3OR5, E6OR15 con sus respectivos análisis económicos.

## Granos por Espiga

El número de granos por espiga observada en el experimento indica que no existe una tendencia ascendente en el número de granos por espiga con el incremento en los residuos orgánicos; el tratamiento EOR10 representa el menor promedio de granos por espiga con 27.3 y el E6OR0 tiene el mayor promedio con 32.7 granos, el valor medio entre el promedio de los tratamientos es de 30.4 granos por espiga que se puede observar en el Cuadro A16.

En el análisis de varianza del Cuadro 15, la diferencia entre los niveles de estiércol, de rastrojo y la interacción entre estiércol y rastrojo no es significativa, los cv son para (a) que representa los niveles de estiércol, del 10.26 por ciento y para (b) con los niveles de rastrojo y para la interacción es del 13.47 por ciento, ambos cv representan menos del 15 por ciento de variación y la desviación entre los tratamientos respecto a la media es aceptable dentro de la variabilidad estadística de un experimento (Steel y Torrie, 1980).

El no encontrar diferencia entre los tratamientos en el número de granos por espiga, se debe a que todos los tratamientos no estuvieron sujetos a un stress hídrico, por lo cual el número de riegos aplicados sean de once (Cuadro 18) y el suministro de agua fue continuo no teniendo efecto los residuos orgánicos en este parámetro de rendimiento, que de acuerdo con lo expuesto por Jordan (1983) y Clarke *et al.* (1984), indican que el número de granos por espiga es muy sensible al déficit hídrico; también no se encontró el efecto que menciona Fischer (1979), respecto a la influencia entre la asimilación de fotosintatos como crecimiento y el incremento entre el número de granos por espiga

en cada tratamiento, aunque existió diferencias en el análisis de crecimiento y en las propiedades del suelo.

### Peso de Mil Granos

Se utiliza para uniformizar el efecto en el llenado de grano entre los tratamientos, en el Cuadro A17 se presenta el comportamiento entre los tratamientos en las cinco repeticiones y el promedio entre éstos; el mayor peso es para el tratamiento EOR10 con 38.56 g y el menor para el E6OR5 con 35.47 g y un promedio entre tratamientos de 36.77 g.

En el Cuadro 15 se presenta el análisis de varianza donde en los niveles de estiércol no existe diferencias entre tratamientos y también en la interacción entre estiércol y rastrojo, pero en los niveles de rastrojo se observaron diferencias significativas; los valores del cv para (a) es de 2.24 por ciento y para (b) es de 4.45 por ciento.

La diferencia entre los niveles de rastrojo se presentan en el Cuadro 16 donde el mayor rendimiento lo tiene el nivel de 10 ton/ha de rastrojo con 37.26 g y es diferente significativamente respecto a los demás niveles de rastrojo, en cambio los niveles de 0, 5 y 15 ton/ha son similares estadísticamente. El nivel de mayor peso supera al testigo en 3.82 por ciento y también los niveles de 5 y 15 ton/ha, esto indica que dentro de los niveles de rastrojo cualquiera aumenta el peso de mil granos respecto a no aplicar rastrojo de maíz, pero el que mejor resultado proporciona es el nivel de 10 ton/ha.

Cuadro 16. Peso de mil granos en trigo bajo el efecto de rastrojo de maíz. Navidad, N.L., 1987.

Rastrojo de maíz (ton/ha)	Peso de mil granos (g)
0	35.89 b*
5	36.11 b
10	37.26 a
15	36.83 b

\* DMS con 0.05

Las diferencias encontradas en el peso de mil granos por efecto del rastrojo de maíz indican que durante el llenado de grano, la asimilación y consumo de humedad del trigo fue favorecido por el rastrojo que indujo un mejor peso del grano, en esto el rastrojo favorecido con una adecuada translocación de fotosintatos al grano en condiciones ambientales propicias del trigo, induce un mayor llenado de grano (Evans, 1980), y la relación de asimilación favoreció el peso del grano en lugar de acumularse como materia seca.

#### Peso Hectolítrico

Esta determinación nos indica el peso específico de la semilla de trigo al igual que el parámetro anterior que es una manera de determinar el potencial harinero en los genotipos de trigo; para conocer el efecto de los residuos orgánicos en este componente, se encontró que el tratamiento E60R15 tiene el mayor peso con 67.74 kg/hl y el menor peso para el tratamiento E60R5, con un peso promedio entre tratamientos de 66.81 kg/hl (Cuadro 18A).

En el análisis de varianza para los componentes de rendimiento (Cuadro 15) no se encontró diferencia significativa en los niveles de estiércol, de rastrojo

y la interacción de ambos en el peso hectolítrico; los cv son para (a) de 9.20 por ciento y para (b) de 12.17 por ciento y al igual que los anteriores son aceptables. La falta de significancia entre los tratamientos, denotan que la aportación de residuos orgánicos no influyen en el peso hectolítrico del trigo, y al hablar de la mejor respuesta se tendría al tratamiento E60R15, que aunque estadísticamente no indica que al nivel máximo de residuos orgánicos supera al testigo en 0.89 por ciento y al tratamiento E60R5 que es el mínimo en 3.5 por ciento, que considerando el porcentaje el incremento obtenido este aumento es mínimo, por esto no se tiene diferencia estadística entre tratamientos.

Este parámetro es utilizado para fines de panificación de la harina de trigo y podemos decir que los residuos orgánicos utilizados en este experimento no tienen diferencias en usar cualesquiera de ellos y se cumple lo reportado por CIMMYT (1982 y 1983) donde este parámetro se afecta por un stress hídrico, pero no es parte del objetivo del estudio.

### Producción de Grano

Para fines de una evaluación económica en cualquier cultivo básico, la producción de grano representa un ingreso para el sustento del agricultor, por eso la importancia de este componente, que en este estudio el tratamiento E60R15 presenta el mayor rendimiento con 5969 kg/ha, el menor rendimiento con 4913 kg/ha fue para el tratamiento E30R5 y el promedio entre tratamientos es de 5931 kg/ha (Cuadro A19.). El tratamiento con mayor rendimiento supera al testigo con 706 kg/ha y al de menor rendimiento con 1056 kg/ha, que para fines económicos el superar al testigo sin aplicar residuos orgánicos con 706 kg/ha de grano que en la actualidad a un precio de garantía de 310 mil por tone-

lada de trigo<sup>1</sup>, representa 219 mil pesos por hectárea de ganancia; este resultado no concuerda con el nivel del menor rendimiento que al compararlo con el testigo resulta anti-económico utilizar 30 ton/ha de estiércol con 5 ton/ha de rastrojo en tratar de incrementar la producción de grano de trigo.

Para este experimento en el análisis de varianza de este parámetro no se encuentra diferencia significativa entre los niveles de estiércol, de rastrojo y la interacción de estiércol y rastrojo; los cv para (a) es de 6.82 por ciento y para (b) de 17.34 por ciento, el no tener diferencias significativas entre tratamientos respecto al ingreso por incrementar el rendimiento, contrapone el resultado estadístico y la variabilidad observada con los 706 kg/ha está dentro del error experimental, que ocasiona que no exista diferencia estadística entre tratamientos.

En el período que comprende este estudio, el nivel E6OR15 presenta el mayor rendimiento superando al testigo en 12.8 por ciento, y concuerda con Smirka *et al.* (1969) en el incremento pero no a la misma magnitud, siendo en este estudio mayor con el nivel de 60 ton/ha de estiércol, este resultado supera la tesis de Mathers y Stewart (1974); y Figueroa y Rosales (1985); donde este nivel de estiércol de bovino reduce el rendimiento de grano de trigo en el primer año de incorporación; esta situación se debe a lo señalado por Villarreal (1967), que al aplicar residuos orgánicos se debe suministrar más nitrógeno que el utilizado ordinariamente porque los residuos orgánicos necesitan del nitrógeno que es utilizado por los microorganismos en la descomposición de la MO que compiten con el cultivo reduciendo la productividad de éste (Allison, 1973).

---

<sup>1</sup> al 15 de julio de 1989

Los niveles utilizados, los rendimientos de este estudio (Cuadro A19) se superan a los obtenidos por Martínez (1987), en trigo y se disminuye el número de riegos de 15 aplicados por Ramírez (1988) en el genotipo Aricosta-S83 a 11 para obtener el mejor rendimiento de trigo; y para la región de Navidad, N.L., utilizando los mismos niveles de abatimiento de humedad del suelo pero sin aplicar residuos orgánicos, se obtiene mejor rendimiento en trigo que Ramírez (1980), que es superado al doble con la aplicación de los residuos orgánicos en este estudio.

El tratamiento E3OR5 que presenta una de las mejores TRC y TAN además de la mayor humedad aprovechable presenta el menor rendimiento, esto indica que si los beneficios obtenidos por este tratamiento se diluyen con otros componentes y no en el de mayor importancia que el rendimiento de grano.

El mayor rendimiento del tratamiento E6OR15 también se favoreció con una mejor TRC y TAN esto sin considerar los aspectos en el suelo indica que el crecimiento favoreció una asimilación en el grano que repercute en el rendimiento.

### Producción de Biomasa

El entorno de material vegetativo de una planta que comprende el efecto de la asimilación total a las aportaciones de manejo utilizadas y los efectos ambientales imperantes en el desarrollo del cultivo, se resume en este parámetro; donde los niveles utilizados de residuos orgánicos indican que el tratamiento E6OR15 presenta la mayor producción con  $1.431 \text{ kg/m}^2$  y el tratamiento E6OR0 presenta el menor valor con  $1.139 \text{ kg/m}^2$  con un promedio entre tratamientos de  $1.259 \text{ kg/m}^2$ , en esta variable el tratamiento E6OR15 supera al testigo con  $0.194 \text{ kg/m}^2$  que representa el 15.68 por ciento

(Cuadro A20). La tendencia de incrementar la biomasa con los niveles de residuos orgánicos no corresponden a los valores obtenidos en cada tratamiento por eso el testigo supera a los tratamientos E30R0, E30R5 y E60R0.

En el análisis de varianza de los componentes de rendimiento (Cuadro 15), no se observa diferencia significativa en los niveles de estiércol y la interacción entre estiércol y rastrojo, pero en los niveles de rastrojo se tiene diferencia significativa entre ellos; los cv son para (a) de 7.64 porciento y para (b) de 15.1 porciento, donde este es una muestra de la significancia existente entre los niveles de rastrojo.

El análisis de los niveles de rastrojo de maíz se muestra en el Cuadro 17, donde el nivel de 10 ton/ha presenta la mayor producción de biomasa con  $1.321 \text{ kg/cm}^2$  que supera al nivel sin rastrojo en 12.33 porciento y donde los niveles de 5, 10 y 15 ton/ha son estadísticamente similares, pero también el nivel de 5 ton/ha es similar estadísticamente al nivel sin rastrojo y éste es diferente a los niveles de 10 y 15 ton/ha, así podemos decir que los niveles de rastrojo de maíz incorporados al suelo incrementan la producción de biomasa respecto a no utilizar este residuo, y si se desea la mayor producción es conveniente utilizar el nivel de 10 ton/ha, pero para fines agrícolas del productor es de poca utilidad porque del total de biomasa, el 40 porciento representa el rendimiento de grano (Donald y Hamblin, 1976), y como la paja de trigo en especial los tallos están compuestos de celulosa, su uso para consumo animal está restringido (Evans, 1980).

Cuadro 17. Producción de biomasa del trigo bajo efecto de rastrojo de maíz. Navidad, N.L., 1987.

Rastrojo de maíz (ton/ha)	Producción de biomasa (kg / m <sup>2</sup> )
0	1.175 b*
5	1.227 ab
10	1.321 a
15	1.314 a

\* DMS con 0.05.

El aumento en la producción de biomasa también se debe en parte a las aplicaciones de nitrógeno que en trigo promueven un incremento en el rendimiento biológico y repercute en una reducción en el rendimiento de grano que se observa en el índice de cosecha del cultivo (Stoskopf, 1981); esta situación se aumenta en condiciones de humedad adecuada, que en este experimento se tuvo durante todo el ciclo de desarrollo del trigo.

#### Índice de Cosecha

El índice de cosecha es la relación del rendimiento de grano respecto al rendimiento total del material de la planta, pero el verdadero rendimiento total incluye el peso de las raíces y como éstas normalmente no se recobran, el término aquí utilizado y que se aplica actualmente no incluye las raíces en su totalidad porque durante el lavado del suelo y al quitar los agregados a las raíces, se pierde parte de ellas. Para este experimento en el Cuadro A21 se observa el comportamiento del índice de cosecha respecto a los tratamientos y no existe una tendencia a incrementarse el índice de cosecha respecto al nivel de residuos orgánicos.

El mayor índice de cosecha corresponde a los

tratamientos E6OR0 y EOR5 con 0.45 y el menor para el tratamiento E6OR5 con 0.40, con un promedio entre tratamientos de 0.429 y un rango de 0.05 que es una desviación mínima respecto a la unidad. Los tratamientos E6OR0 y EOR5 superan al testigo en 4.65 por ciento, pero los tratamientos EOR10, E3OR5, E6OR5, E6OR10 y E6OR15 tiene menor índice de cosecha que el testigo, indica las aportaciones de 60 ton/ha de estiércol asociadas con rastrojo de maíz favorecen la acumulación de material vegetativo y que la energía fotosintética asimilada se transloca como materia seca su mayor parte en lugar de favorecer la producción de grano.

En el análisis de varianza del Cuadro 15, el índice de cosecha con valores transformados no presenta diferencia significativa entre los niveles de estiércol, de rastrojo y la interacción de ambos, donde los cv para (a) es de 7.78 por ciento y para (b) de 5.65 por ciento, que indica la poca variabilidad que presentó este componente bajo el efecto de los residuos orgánicos.

En la Figura 13 se muestra la tendencia que tuvieron los tratamientos respecto a la producción de grano y materia seca total del trigo y cuya diferencia entre líneas corresponde al índice de cosecha que se puede estimar como la razón entre los dos rendimientos, donde la producción de grano mantiene un comportamiento que tiende a horizontal y las desviaciones a una recta imaginaria son mínimos, en cambio la materia seca muestra la misma tendencia que la producción de grano, pero las desviaciones son mayores y sólo los tratamientos E3OR0, E3OR5 y E6OR0 tienen valores más bajos, pero estas desviaciones también indican la diferencia significativa encontrada en este parámetro y también se comprueba que los niveles de estiércol de 60 ton/ha asociadas con rastrojo favorecen la acumulación de materia seca total.

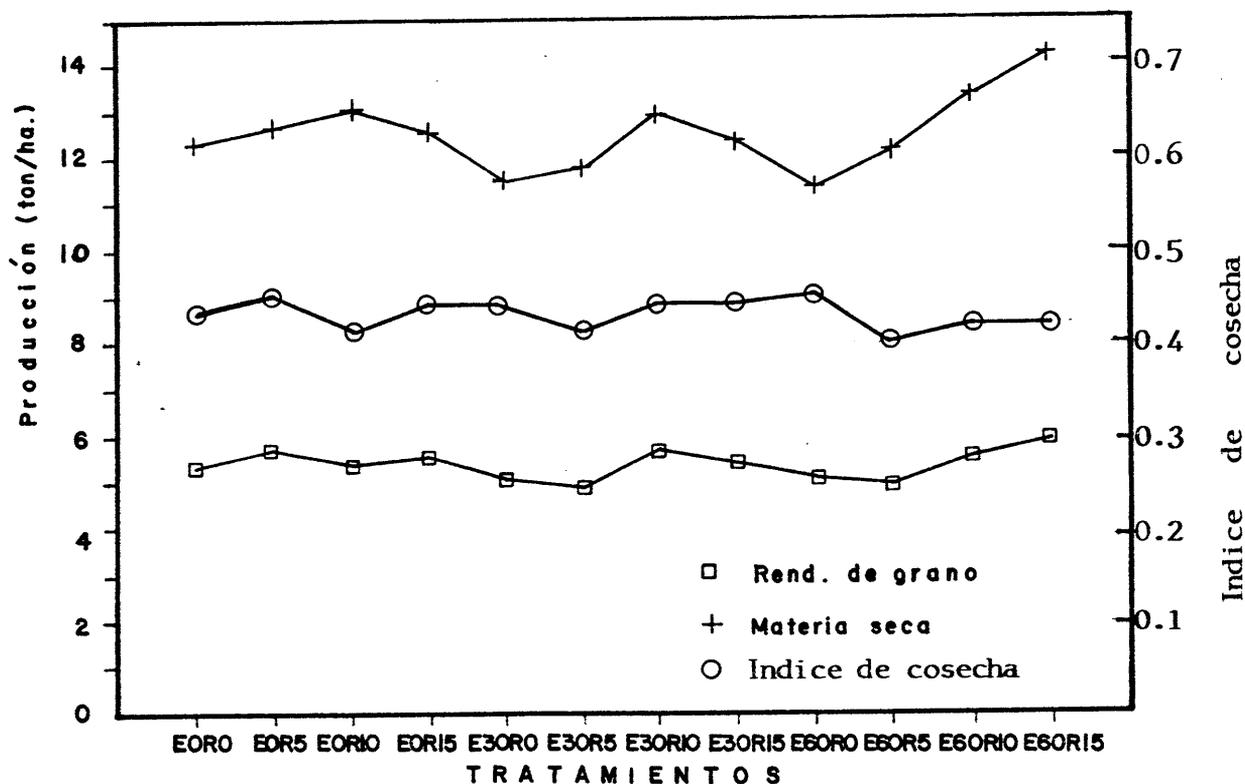


Figura 13. Producción del trigo a diferentes niveles de estiércol de bovino y rastrojo de maíz incorporados al suelo. Navidad, N.L. 1987

Los tratamientos EOR10, E3OR5, E6OR0, E6OR5, E6OR10 y E6OR15 presentes en la Figura 13 son los menores valores de IC, con excepto del EOR10 y E6OR5 los otros tuvieron un beneficio como el E3OR5 con mayor humedad aprovechable en el suelo y mayor capacidad estructural, además una de las mejores TRC y TAN, de igual forma el E6OR15 que además presenta el mejor rendimiento de grano y biomasa seguido por el E6OR10; los valores

indican que aunque los rendimientos de grano fueron superiores a 5 ton/ha la asimilación se manifiesta en la producción de biomasa y la aportación de residuos orgánicos induce este efecto en los niveles mencionados.

Los valores de índice de cosecha obtenidos se encuentran dentro de un rango entre 0.40 y 0.45, éstos valores son menores a los reportados por CIMMYT (1982 y 1983) para trigos semienanos mexicanos que tiene valores de 0.62 para trigos de invierno y de 0.66 para trigos de verano como promedio de varios ambientes, también los valores obtenidos en este experimento no se consideran bajos porque para condiciones del sur de Australia a densidades de población similares de este estudio se tuvo un índice de 0.26 y por lo general para trigos mexicanos el grano también representa el 40 por ciento del total del material vegetal (Donald y Hamblin, 1976; Evans, 1980), también hay que adicionar el efecto de hormonas y nutrientes aplicados.

Si se trata de seleccionar el nivel de residuos orgánicos con mayor índice de cosecha en base a los dos mejores tratamientos, se tendrá un contraste respecto a utilizar 60 ton/ha de estiércol y nada de estiércol, también sin rastrojo y 5 ton/ha porque no resulta contundente decir que los residuos orgánicos tengan un efecto en el incremento del índice de cosecha porque ambas combinaciones resultaron tener el mejor índice para este estudio.

#### Consumo de Humedad del Trigo .

Con base al balance de humedad utilizado para predecir la aplicación de riegos y los abatimientos de humedad del suelo que fueron del 60 por ciento de humedad aprovechable desde el inicio hasta la aparición de espiga y de esta etapa hasta madurez fisiológica

del 30 por ciento, se realizaron once riegos de auxilio, de los cuales cuatro estuvieron dentro del abatimiento del 60 por ciento y siete en el 30 por ciento, así se incrementó el número de riegos al disminuir el abatimiento.

El análisis de varianza para cada determinación de humedad se muestra en el Cuadro 18, donde tiene diferencia significativa entre los tratamientos a partir del riego aplicado a los 111 DDS para los niveles de rastrojo, a los 125 DDS para los niveles de estiércol y los niveles de rastrojo con diferencia altamente significativa, a los 130 DDS los niveles de rastrojo tiene diferencia altamente significativa y la interacción entre estiércol y rastrojo diferencia significativa, en la determinación de los 136 DDS los niveles de estiércol y la interacción estiércol con rastrojo tiene diferencia significativa, pero los niveles de rastrojo presentan diferencia altamente significativa, a los 141 DDS antes del último riego de auxilio sólo los niveles de estiércol y rastrojo tiene diferencia significativa; y a la madurez fisiológica donde el consumo de agua por la planta se detiene para su período de madurez comercial y el grano disminuye el contenido de humedad, sólo se tiene diferencia significativa en los niveles de rastrojo. Los cv que se observaron en el Cuadro 18 se encuentra abajo del 14 por ciento y no se tiene una tendencia respecto al aumentar el número de riegos, sólo se tiene un cv de 0.88 por ciento es antes del primer riego de auxilio e indica que al inicio del desarrollo los residuos orgánicos no tiene efecto en el consumo de humedad.

Las diferencias entre niveles de residuos orgánicos se inician a los 111 DDS, a partir de esta fecha los residuos orgánicos influyen en el consumo de humedad por la descomposición que han tenido éstos para lograr

Cuadro 18. Valores de F del análisis de varianza del contenido de humedad en el suelo antes de cada riego por efectos de residuos orgánicos. Navidad, N.L. 1987.

Días después de siembra	Fuentes de variación			Coeficiente de Variación (a) (%)	Coeficiente de Variación (b) (%)
	Niveles de Estiércol	Niveles de Rastrojo	Estiércol X Rastrojo		
43	3.32	0.64	0.69	0.88	4.82
54	5.11	0.23	2.43	1.45	3.88
63	0.43	0.27	0.83	4.43	4.88
89	1.04	0.59	2.46	7.85	13.87
95	0.55	2.88	2.40	4.28	6.53
103	0.20	0.55	2.06	3.98	4.62
111	0.50	3.18*	1.24	4.82	7.05
125	18.01**	12.34**	2.89	4.55	8.53
130	3.33	8.12**	3.81*	2.41	4.46
136	8.92*	18.12**	3.97*	3.91	6.30
141	9.21*	15.17*	2.86	3.21	6.48
147 <sup>(+)</sup>	0.71	4.51*	1.59	8.93	10.03

- (+) Madurez fisiológica  
 \* Diferencia significativa con 0.05  
 \*\* Diferencia altamente significativa con 0.01

un efecto después de seis riegos de auxilio, comparando entre niveles de residuos, los niveles de rastrojo de maíz tiene mayor efecto en las diferencias entre tratamientos que se indican su mayor influencia en el consumo de humedad del trigo, aunque también el estiércol de bovino tiene su influencia en tres determinaciones y la interacción de estiércol por rastrojo influye en dos determinaciones con diferencias estadísticas.

Las diferencias entre niveles de estiércol se presentan en el Cuadro 19 para valores de Pw antes del riego, donde a los 125 DDS el nivel de 60 ton/ha es estadísticamente similar al nivel de 0 ton/ha y ambos son diferentes al nivel de 30 ton/ha, y el mayor valor de Pw supera al testigo con 3.28 por ciento y al nivel con 60 ton/ha es mejor entre los niveles de estiércol en esta fecha; a los 136 DDS también el nivel de 60 ton/ha es superior al testigo con 1.22 por ciento con 11.87 por ciento en cambio a los 141 DDS ya los niveles de 30 y 60 ton/ha superan al testigo con 10.32 y 10.52 por ciento respectivamente, con esto podemos decir que el efecto del estiércol de bovino es positivo hasta los 141 DDS, porque en las fechas anteriores el testigo supera al nivel de 30 ton/ha.

Cuadro 19. Porcentaje de humedad del suelo en base a peso seco antes de cada riego para niveles de estiércol de bovino. Navidad, N.L., 1987.

Tratamiento	Días Después de Siembra		
	125	136	141
E0	30.15 a *	22.99 a	20.06 b
E30	25.96 b	20.54 b	22.13 a
E60	31.14 a	23.27 a	22.17 a

\* DMS con 0.05

El efecto de rastrojo de maíz en el contenido de humedad del suelo en el Cuadro 20, donde a los 111 DDS el nivel de 15 ton/ha es estadísticamente similar al nivel de 10 ton/ha y 0 ton/ha donde éste último a su vez es similar al nivel de 5 ton/ha y el mayor nivel supera al testigo con 6.67 por ciento; en la determinación de los 125 DDS los niveles de 10 y 15 ton/ha son similares estadísticamente y superan a los niveles de 5 y 0 ton/ha, éstos también son estadísticamente iguales entre si, y el nivel de 10 ton/ha que tiene el mayor contenido gravimétrico de humedad supera al testigo en 6.79 por ciento, a los 130 DDS el nivel de 15 ton/ha es estadísticamente similar al nivel de 10 ton/ha, éste a su vez al nivel de 0 ton/ha, que también es similar estadísticamente al nivel de 5 ton/ha, y donde el nivel de 15 ton/ha con mayor Pw supera al testigo en 6.34 por ciento, a los 136 DDS el tratamiento con 15 ton/ha de rastrojo es estadísticamente similar al nivel de 10 ton/ha y éstos a su vez diferentes a los niveles de 0 y 5 ton/ha que también son estadísticamente similares y donde el nivel de 15 ton/ha supera al testigo con 15.09 por ciento; para los 141 DDS también los niveles de 10 y 15 ton/ha son estadísticamente similares y diferentes a los niveles de 0 y 5 ton/ha pero éstos son similares en forma estadística y la diferencia entre el nivel de 15 ton/ha que tiene el

Cuadro 20. Porcentaje de humedad del suelo en base a peso seco antes del riego para niveles de rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987

Tratamiento	Días después de siembra					
	111	125	130	136	141	147
R0	29.08ab	27.21b	27.42bc	21.00b	20.75b	26.86ab
R5	28.28 b	27.18b	26.67 c	20.16b	19.24b	24.21 b
R10	30.64a	31.78a	28.90ab	23.74a	22.68a	27.36ab
R15	31.02a*	30.82a	29.16a	24.17a	23.15a	28.75a

\* DMS con 0.05

mayor contenido de humedad y el testigo es del 11.56 por ciento, la última determinación del contenido de humedad del suelo se realizó a los 147 DDS fecha donde se observó la madurez fisiológica del cultivo y donde el nivel de 15 ton/ha de rastrojo es estadísticamente similar a los niveles de 10 y 0 ton/ha, éstos a su vez son también similares al nivel de 5 ton/ha y el nivel con mayor contenido de humedad que es del nivel de 15 ton/ha supera al testigo con 7.03 por ciento; cabe señalar que desde el inicio de la diferencia entre los niveles de rastrojo de maíz, el nivel de 15 ton/ha supera al resto por mantener un mayor contenido de humedad en el suelo.

La interacción entre los niveles de estiércol de bovino y rastrojo de maíz significativas en el contenido de humedad del suelo se presentan en el Cuadro 21 que para los 130 DDS los tratamientos E30R10, E60R15, E30R15 son estadísticamente similares y a la vez éstos son diferentes al resto de los tratamientos; el tratamiento E30R10, que tiene el mayor contenido de humedad supera al testigo en 14.78 por ciento y puede decirse que los niveles de 30 y 60 ton/ha de estiércol superan al testigo excepto los tratamientos E30R0 y E30R5 donde la asociación de 30 ton/ha de estiércol con los dos mínimos niveles de rastrojo no influyen en un mayor contenido de humedad que sin aplicar residuos.

Para la interacción de estiércol y rastrojo que resultó significativa a los 136 DDS, en el Cuadro 22 se desglosa el contenido de humedad del suelo observado en cada tratamiento y donde los niveles sin estiércol y con 10 y 15 ton/ha de rastrojo tienen mayor contenido de humedad, pero éstos son similares estadísticamente a los tratamientos E60R15 y E60R10, donde éstos cuatro son diferentes estadísticamente al resto, también se observa que los niveles de 10 y 15 ton/ha de rastrojo

Cuadro 21. Contenido de humedad del suelo a los 130 días después de siembra por efecto de la interacción estiércol de bovino y rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987

Tratamientos	Humedad gravimétrica (%)
E30R10	30.67 a *
E60R15	29.87 a
E30R15	29.62 a
E60R0	29.54
E0R10	28.40 b
E0R15	27.99 b
E60R5	27.81 b
E60R10	27.63 b
E0R0	26.72 b
E30R5	26.15 b
E0R5	26.06 b
E30R0	26.01 b

\* DMS con 0.01

Cuadro 22. Contenido de humedad del suelo a los 136 días después de siembra por efecto de la Interacción Estiércol de bovino y Rastrojo de Maíz. Navidad, N.L. 1987

Tratamiento	Humedad gravimétrica (%)
EOR15	25.91 a *
EOR10	24.95 a
E6OR15	23.77 a
E6OR10	23.68 a
E6OR0	23.34 b
E3OR15	22.84 b
E3OR10	22.59 b
E6OR5	22.30 b
EOR0	22.19 b
E3OR5	19.23 b
EOR5	18.94 b
E3OR0	17.50 b

\* DMS con 0.01

de maíz son mejores para retener humedad ya sea sólo o asociados con 60 ton/ha de estiércol de bovino. El tratamiento EOR15 supera al testigo en 16.76 por ciento y sólo los tratamientos E3OR5, EOR5 y E3OR0 tiene un menor contenido de humedad que el testigo donde estos tratamientos se comportan en la misma forma que a los 130 DDS.

Para observar el consumo de humedad antes de cada riego en lámina acumulada, en la Figura 14 se tiene para el nivel de 0 ton/ha de estiércol y su asociación con los cuatro niveles de rastrojo de maíz, que desde el inicio del consumo éste se comporta similar en la tendencia y valor de la lámina, pero a partir de los 63 DDS los tratamientos EOR0 y EOR5 superan a los otros dos hasta el final del ciclo de desarrollo donde el mayor consumo es para el tratamiento EOR5, seguido del EOR0 con una diferencia aproximada de 70 mm en los tratamientos EOR15, siendo éste último quien tiene el menor consumo y es notorio el beneficio del rastrojo en reducir la evaporación.

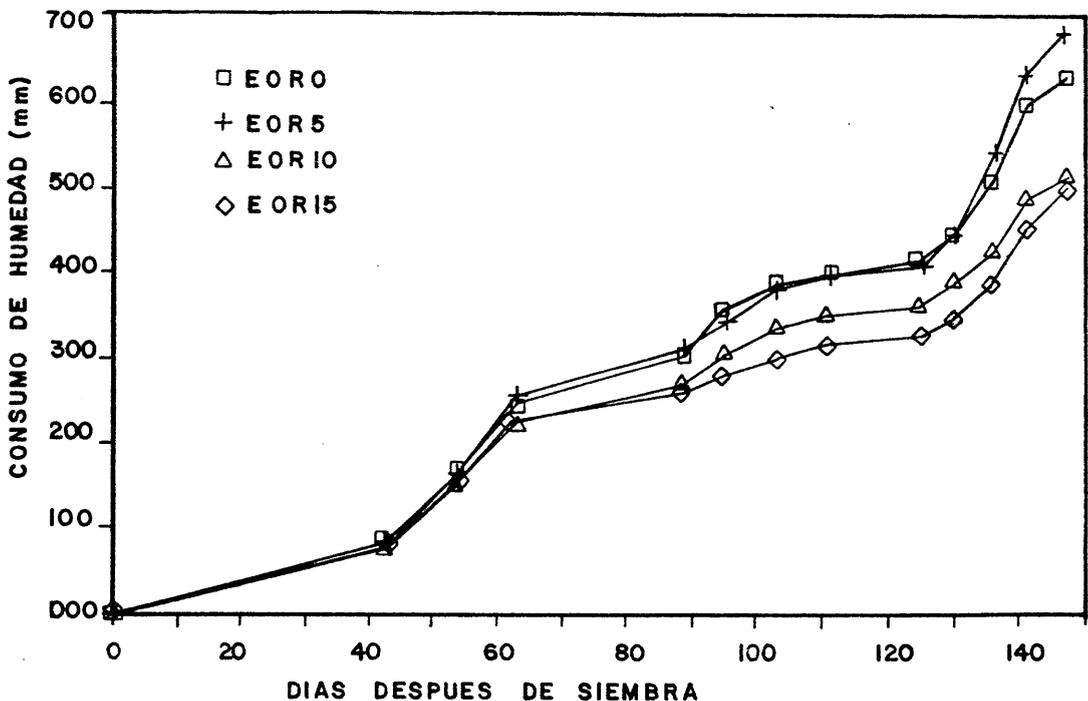


Figura 14. Consumo de humedad del trigo en su desarrollo con 0 ton/ha de estiércol de bovino y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987

En el nivel de 30 ton/ha de estiércol y su asociación con rastrojo de maíz, también al inicio del consumo fue uniforme entre tratamientos y con la misma tendencia podemos decir que antes del riego a los 63 DDS se tiene un consumo promedio de 230 mm , pero a partir de esta fecha el tratamiento E30R5 presenta el mayor consumo hasta el final y entre los 135 DDS y la madurez fisiológica tiene el mayor incremento para este nivel durante el desarrollo del cultivo como se observa en la Figura 15.

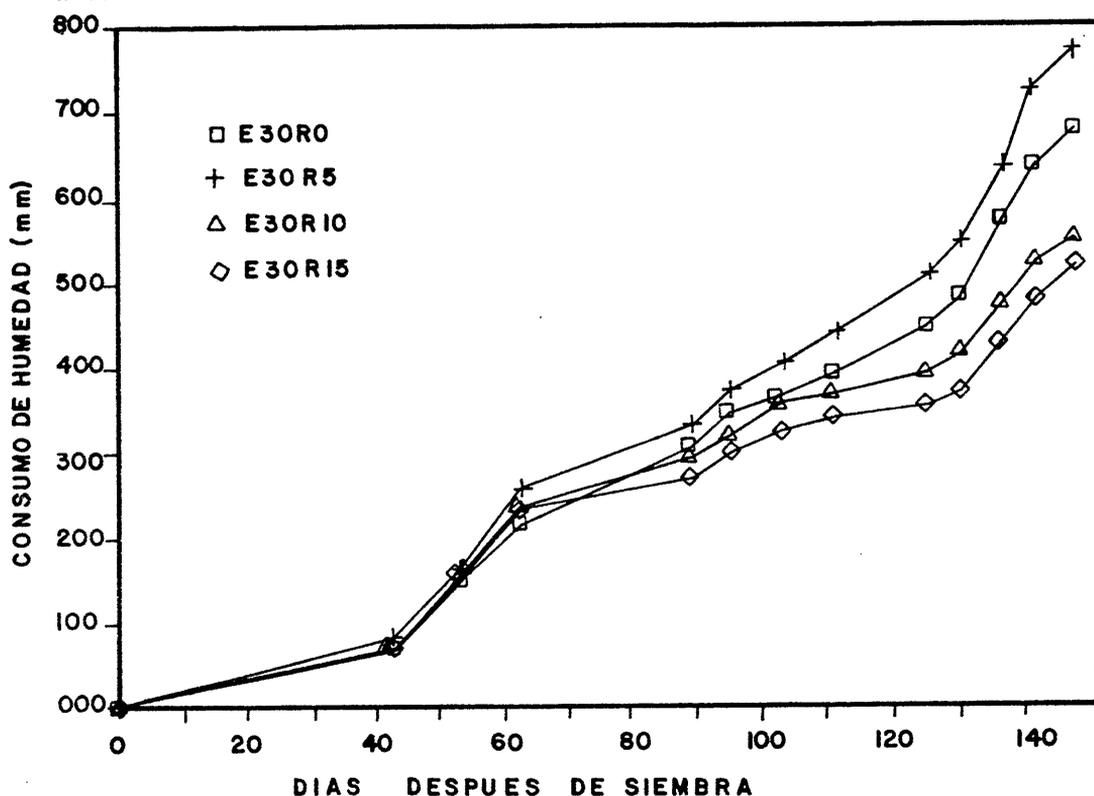


Figura 15. Consumo de humedad del trigo en su desarrollo con 30 ton/ha de estiércol de bovino y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987

El tratamiento E30R0 presenta la misma tendencia al final del desarrollo pero su consumo total es menor

respecto al tratamiento E3OR5; los tratamientos E3OR10 y E3OR15 tienen el menor consumo con el mismo comportamiento al final del desarrollo, donde también a partir del riego aplicado a los 130 DDS el incremento en el consumo para este nivel de estiércol es mayor respecto al nivel anterior, pero en su total lámina consumida este nivel con 30 ton/ha es mayor respecto al nivel anterior que tiene un valor de 780 mm (Figura 14 y 15).

El tratamiento E3OR5 que presenta la mayor humedad aprovechable y agregación estructural, así como uno de los mejores crecimientos tiene el mayor consumo, que repercute en un bajo rendimiento porque la planta alargó el ciclo y sigue todavía creciendo y al determinar el último valor a madurez fisiológica en este tratamiento todavía no se presentaba, siendo una causa del mayor consumo.

Para este nivel de 30 ton/ha de estiércol, el menor consumo es para el tratamiento de mayor aplicación de residuos orgánicos donde el consumo está influenciado por las aplicaciones de rastrojo y no por el nivel de 30 ton/ha de estiércol, teniendo mayor efecto reducir la evaporación como beneficio del rastrojo que incrementar la retención por la aportación de estiércol, (McCalla y Army, 1961; Ehling y LeMert, 1976).

Al igual que los niveles anteriores el consumo para 60 ton/ha de estiércol se comporta similar a los otros dos niveles hasta el riego de los 63 DDS, esta fecha es la etapa de encañe del trigo, después el tratamiento E6OR0 tiene el mayor consumo de humedad hasta el riego aplicado a los 136 DDS donde es superado por el tratamiento E6OR5 quien tiene el mayor valor de consumo, pero menor a los niveles anteriores de estiércol como se puede observar en la Figura 16. Los tratamientos E6OR0 y E6OR5 tienen el menor consumo después de los 87 DDS y se mantienen en los siguientes riegos entre

uno u otro tratamiento con mayor consumo que resulta al final el tratamiento E60R15 con menor consumo; aunque los tratamientos E60R5 y E60R10 son superados en un menor consumo por el E60R0 y se mantiene lo mencionado que el nivel de 15 ton/ha de rastrojo asociado con cualesquiera de los tres niveles con estiércol tienen el menor consumo de humedad.

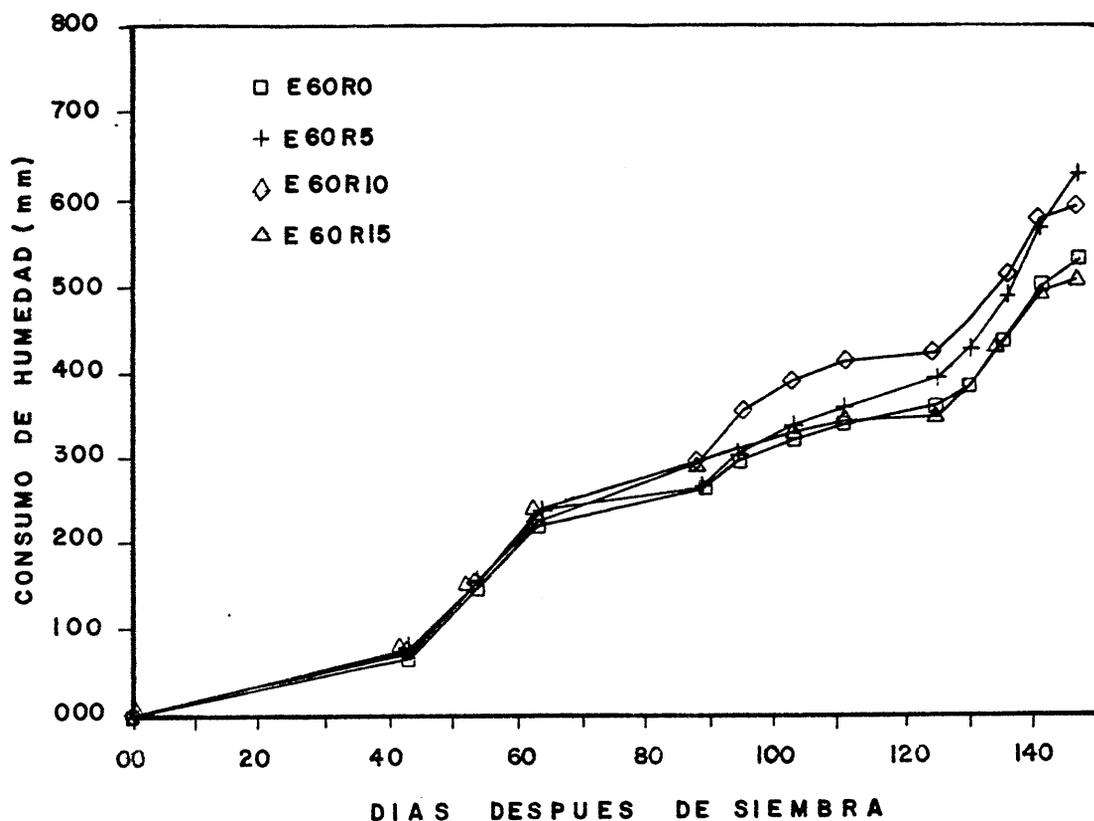


Figura 16. Consumo de humedad del trigo en su desarrollo con 60 ton/ha de estiércol de bovino y su interacción con rastrojo de maíz. Navidad, N.L. 1987.

En general en todos los tratamientos con abatimientos de humedad aprovechable del 60 por ciento se

presenta un consumo similar hasta el riego de los 63 DDS con un valor medio entre 230 y 250 mm, pero a partir del inicio de riegos a un abatimiento del 30 por ciento después de los 70 DDS, disminuye el intervalo entre riegos y el consumo entre tratamientos se desuniformiza, variando para cada uno, por las diferencias observadas en la TRC, TAN y capacidad estructural del suelo.

El consumo de humedad en los tratamientos se observa en el Cuadro 23 donde el tratamiento EOR10 presenta el menor valor con 495.8 mm; para los niveles de rastrojo la dosis de 15 ton/ha en promedio de los tres niveles de estiércol tiene el menor valor con 526.6 mm y para los niveles de estiércol entre los de rastrojo el menor valor fue para el nivel de 60 ton/ha con 565.5 mm. Para el mayor consumo de humedad el tratamiento E3OR5 tiene 780.2 mm; entre niveles de rastrojo la dosis de 5 ton/ha con 695.4 mm y los niveles de estiércol la dosis de 30 ton/ha con 635.2 mm.

En base al consumo promedio del trigo descrito por Ortíz (1984) los tratamientos EOR0, EOR5, E3OR0, E6OR5 superan el valor de 620 mm y para el consumo del genotipo Aricosta S-83 de 610 mm encontrado por Ramírez (1988), es superado también por los mismos tratamientos.

En promedio los niveles de 60 ton/ha de estiércol asociado con 15 ton/ha de rastrojo se presenta el menor consumo, esto sin considerar el valor individual del tratamiento EOR10 y se debe a que los residuos de cosecha reflejan la incidencia de los rayos solares (Torres, 1980) que disminuyen la evaporación y el consumo de humedad por la planta, existe una relación entre el incremento de la capacidad de almacenar humedad y el consumo para el tratamiento E3OR5 que tiene la mayor humedad disponible y el mayor consumo y que no repercute en una mejoría en el rendimiento, por lo que no se encontró respuesta a lo señalado por Gardner

Cuadro 23. Componentes de la eficiencia en el uso de agua de trigo bajo el efecto de residuos orgánicos incorporados al suelo. Navidad, N.L. 1987

Tratamientos	Consumo de humedad (mm)	Materia seca ( $\text{g/m}^2$ )	Producción grano (Kg/ha)	EUA ( $\text{mgMS/gH}_2\text{O}$ )	EUA grano ( $\text{Kg/m}^3$ )
EOR0	630.75	1214.24	5293	1.925	0.839
EOR5	679.87	1003.87	5729	1.482	0.842
EOR10	495.85	1029.18	5369	2.075	1.083
EOR15	512.50	1005.33	5572	1.960	1.087
E3OR0	680.30	1051.51	5077	1.545	0.746
E3OR5	780.26	1282.36	4913	1.640	0.629
E3OR10	522.68	1127.45	5729	2.157	1.096
E3OR15	557.48	1212.32	5453	2.170	0.978
E6OR0	531.80	1169.04	5086	2.178	0.956
E6OR5	626.19	1278.08	4942	2.040	0.789
E6OR10	594.42	1667.67	5569	2.805	0.937
E6OR15	509.83	1450.75	5969	2.845	1.170

y Gardner (1969) en cambio al tener el E60R15 las aplicaciones de rastrojo favorecieron una menor evaporación como lo señala McCalla y Army (1961), también el beneficio en el contenido de MO, las diferencias observadas en el contenido de humedad antes de cada riego que favorecieron a los niveles de rastrojo que asociado con el estiércol a 60 ton/ha presentan una mayor TRC y TAN, mejor estructura y como consecuencia el mayor rendimiento.

### Eficiencia en el Uso del Agua

El resumen de los componentes de la eficiencia en el uso de agua del trigo se representa en el Cuadro 23 para cada tratamiento y donde el consumo de humedad, materia seca y producción de grano ya se discutieron. La EUA como producción de materia seca presenta valores mínimos de 1.482 mg MS/g H<sub>2</sub>O para el tratamiento E0R5 y un valor máximo de 2.845 mg MS/g H<sub>2</sub>O para el E60R15, con un promedio entre tratamientos de 2.069 mg MS/g H<sub>2</sub>O y que a partir del nivel E30R10 la eficiencia se incrementa a más de 2.0 mg MS excepto en el tratamiento E0R10 que también presenta un valor mayor; el tratamiento con mayor EUA supera al testigo en 47.8 por ciento y el tratamiento con menor valor es superado por el testigo en 23.0 por ciento y por el de mayor EUA con 70.8 por ciento, que resulta un incremento considerable; donde los niveles de 60 ton/ha de estiércol asociados con rastrojo presentan la mejor EUA.

El nivel de mayor eficiencia se relaciona con un consumo de agua de 509.8 mm y una producción de MS de 1450.7 g/m<sup>2</sup> que corresponde al tratamiento E60R15; y el nivel de menor eficiencia se relaciona con un consumo de 679.8 mm y una producción de MS de 1003.8 g/m<sup>2</sup> del tratamiento E0R5 que en base al genotipo utilizado sólo los tratamientos E60R10 y E60R15 superan

la EUA obtenida por Ramírez (1988) con el trigo Aricosta S-83 y de donde podemos señalar que las aportaciones de 60 ton/ha de estiércol de bovino tienen la mayor EUA en trigo y una mejor respuesta con los niveles de 10 y 15 ton/ha de rastrojo, pudiéndose seleccionar cualesquiera de los niveles como promotor en la EUA.

En la eficiencia en el uso de agua para producción de grano (EUAgrano), el tratamiento E6OR15 tiene el mayor valor con  $1.17 \text{ kg/m}^3$  de agua y el menor valor corresponde al tratamiento E3OR5 con  $0.629 \text{ kg/m}^3$  con un promedio de  $0.929 \text{ kg/m}^3$ , el mejor tratamiento supera al testigo con 39.4 por ciento, que con excepción de los tratamientos E3OR0, E3OR5 y E6OR5, el resto también presenta mayor EUAgrano que el testigo, pero la más baja EUA grano es superada por el testigo en 25 por ciento y con el tratamiento de mayor valor con 64.5 por ciento.

La mayor EUAgrano también corresponde a la mayor producción de grano con  $1.17 \text{ kg/m}^3$  y 5969 kg respectivamente, el consumo de humedad aunque no es el menor, es el segundo con menor consumo de 509.8 mm y en contraste la menor eficiencia se relaciona con el tratamiento de menor rendimiento de grano (4913 kg/ha) y con el mayor consumo de humedad del trigo y aunque la mayor EUAgrano fue para el nivel de 60 ton/ha de estiércol y 10 ton/ha de rastrojo, los tratamientos EOR10, EOR15 y E3OR10 presenta una EUAgrano mayor a  $1 \text{ kg/m}^3$  y superan a los valores obtenidos por Hernández (1982) en Chihuahua, de Reyes (1983) en Sonora y por Ramírez (1988) en Buenavista, Saltillo, donde éste último utilizó el genotipo Aricosta S-83, y en base a lo expuesto podemos indicar que los niveles de rastrojo con 10 y 15 ton/ha se asocian con una mayor EUAgrano.

El tratamiento E6OR15 resultó con la mayor EUA en ambos casos, esto es la respuesta a una mayor TRC, TAN, mejor producción de grano y biomasa y la capacidad estructural como resultado a las modificaciones de las características del suelo, pero el incremento en la retención de humedad fue mínimo respecto al testigo y por consiguiente el consumo de humedad no fue el menor, pero si uno de los menores, esto por el beneficio que representa el rastrojo de maíz en reducir la tasa de evaporación del suelo y el poco efecto pero asociado del estiércol en su beneficio de incrementar la retención de humedad, lo anterior concuerda a lo expuesto por Ehling y LeMert (1976), que una mayor eficiencia en el uso de agua repercute en un superior rendimiento; no así el tratamiento E3OR5 que presenta la menor EUA asociada con una mayor retención de humedad y menor rendimiento que junto con los tratamientos EOR5 y E3OR0 son superados por el testigo.

## CONCLUSIONES

La asociación de estiércol de bovino y rastrojo de maíz modifican ligeramente las características del suelo sin encontrar diferencias significativas con el testigo.

El estiércol de bovino modificó significativamente el potencial hidrógeno al disminuirlo, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, disminuye la densidad aparente e incrementa la porosidad total del suelo; el nivel 60 ton/ha tiene mayor efecto en la capacidad de intercambio catiónico y densidad aparente y el nivel de 30 ton/ha en las otras dos características.

El rastrojo de maíz aumentó significativamente el contenido de materia orgánica en el suelo, con una mayor respuesta a 15 ton/ha.

El nivel de 30 ton/ha de estiércol con 5 ton/ha de rastrojo tienen la mayor humedad disponible en el suelo y los niveles de 30 ton/ha de estiércol presentan la mejor opción; la estructura tiene menor tamaño y mayor agregación con el nivel de 60 ton/ha de estiércol asociado con los máximos niveles de rastrojo de maíz.

El objetivo de mejorar las características del suelo y la hipótesis de incrementar la disponibilidad de humedad se cumplen y su efecto es mayor con el estiércol de bovino sin mostrar todo su beneficio en un ciclo agrícola.

La altura de planta se incrementa con 5 ton/ha de rastrojo asociado con 30 ton/ha de estiércol, pero niveles de 15 ton/ha de rastrojo tienen un efecto nocivo en la altura; la tasa relativa de crecimiento y la tasa de asimilación neta son mayores con 60 ton/ha de estiércol y 15 ton/ha de rastrojo aunque el nivel de 30 ton/ha de estiércol con 5 ton/ha de rastrojo responde igual a un mayor efecto en la humedad disponible del suelo. El rastrojo de maíz aplicado solo disminuye el desarrollo del trigo.

Los componentes de rendimiento responden significativamente al rastrojo de maíz en el peso de mil granos y producción de biomasa con una mayor respuesta a 10 ton/ha; los demás componentes se modifican ligeramente y la mayor producción de grano y biomasa es con 60 ton/ha de estiércol más 15 y 10 ton/ha de rastrojo que se ven favorecidos por una mayor tasa relativa de crecimiento y tasa de asimilación neta.

La retención de humedad del suelo se incrementó a partir de los 111 días después de sembrar el trigo por efecto del rastrojo de maíz con 15 ton/ha hasta el final del desarrollo, seguido por el estiércol más su interacción con rastrojo, con esto el consumo de humedad varió a partir del abatimiento del 30 por ciento de humedad para que el tratamiento con 10 ton/ha de rastrojo y sin estiércol tenga el menor consumo de humedad por el trigo, seguido del máximo nivel de residuos orgánicos en este estudio.

El tratamiento con 60 ton/ha de estiércol y 15 ton/ha de rastrojo presenta la mayor eficiencia en el uso de agua para producción vegetativa total y de grano, esta respuesta es el efecto de una mayor

tása relativa de crecimiento, mayores rendimientos de grano y biomasa y con uno de los menores consumos de humedad para así cumplir con el objetivo planteado y aceptar las hipótesis propuestas.

## RESUMEN

Durante el ciclo agrícola invierno-primavera 1985/1986 en el campo experimental "Navidad" de la UAAAN se evaluaron dos residuos orgánicos para conocer la relación del estiércol de bovino y rastrojo de maíz como mejoradores en las propiedades del suelo que benefician sus características para lograr un menor uso de agua por el cultivo del trigo.

Se utilizó un diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas; el estiércol de bovino fue la parcela grande con las dosis de 0, 30 y 60 ton/ha, y el rastrojo de maíz como parcela chica con las dosis de 0, 5, 10 y 15 ton/ha para un total de doce tratamientos con cinco repeticiones.

Se determinó las características del suelo que influyen en la retención y disponibilidad de humedad los componentes del análisis de crecimiento y del rendimiento del trigo, el consumo de humedad y la eficiencia en uso de agua como material vegetativo total y como producción de grano del cultivo.

El estiércol de bovino influyó significativamente en disminuir el potencial hidrógeno y la densidad aparente, en aumentar la capacidad de intercambio catiónico y la porosidad; el rastrojo de maíz en el contenido de materia orgánica, lo aumentó.

La asociación de estiércol y bovino influyó pero no significativamente en mejorar la estructura y aumentar la humedad disponible del suelo en 7.34 por ciento respecto al testigo sin residuos orgánicos con los niveles de mayor cantidad de residuos.

La altura de planta se favorece con los niveles asociados de 5 ton/ha de rastrojo con 30 ton/ha de estiércol, con un incremento del 12 por ciento sobre el testigo, la tasa relativa de crecimiento y la tasa de asimilación neta se incrementan con el nivel de 60 ton/ha de estiércol y 15 ton/ha de rastrojo, en un 18 por ciento y 7 por ciento respectivamente contra el testigo. El rastrojo de maíz no es conveniente aplicarlo solo porque afecta el desarrollo del trigo.

El peso de mil granos y producción de biomasa presentan diferencias significativas con los niveles de rastrojo de maíz con una mayor respuesta a 10 ton/ha, la asociación de estiércol y rastrojo a sus máximos niveles incrementan la producción de grano y biomasa en 12.8 y 15.7 por ciento respecto al testigo.

Los residuos orgánicos incrementan la retención de humedad significativamente a partir de los 111 días de sembrado el trigo y el mayor efecto lo presenta el rastrojo de maíz con 15 ton/ha, esto influye en que el nivel de 10 ton/ha de rastrojo tenga el menor consumo de humedad por el trigo con 496 mm, seguido por la asociación de 15 ton/ha de rastrojo con 60 ton/ha de estiércol con 510 mm. Este nivel de máxima aportación de residuos orgánicos presenta la mayor eficiencia en uso de agua por el trigo de 2.84 mgMS/g agua y también la eficiencia en producción de grano con 1.17 kg/m<sup>3</sup> de agua, que corresponden a un beneficio del

47.8 y 39.4 por ciento para la eficiencia global y de grano respecto al no utilizar los residuos orgánicos.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo E., E. Forens, T.C. Hsiao and D.W. Henderson. 1971. Diurnal growth trends water potencial and osmotic adjustment of maize and sorghum leaves in field. *Plant Physiol.* 64:476-480.
- Aceves N., E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. Capítulo 7. Caracterización y clasificación de las aguas con fines de riego de cultivos, de acuerdo a su calidad química y agronómica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. p. 208-236.
- Agbin, N.M. 1981. Interaction of phosphorus, magnesium and zinc affecting the iron content of maize. *J. Agr. Sci. Cambridge.* 97:79-82.
- Allen, L.H., R.H. Desjardins and E.R. Lemon, 1974. Line source carbon dioxide release. *Agron. J.* 66:609-615.
- Allison, F.E. 1968. Soil aggregation—some fact and fallacies as seen by a microbiologist. *Soil Sci.* 106:136-143.
- \_\_\_\_\_ 1973. Soil organic mater and its role in crop production. Elsevier Sci. Publ. Cc. Amsterdam, Netherlands. 637 p.
- Alvarado C., M. 1982. Respuesta del trigo variedad intermedia a diferentes niveles de humedad y fertilización nitrogenada en Navidad, N.L. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 58 p.
- Anderson, D.T. and G.C. Russell. 1964. Effects of varius quantities of straw mulch on the growth and yield of Spring and Winter wheat. *Can. J. Soil Sci.* 44:109-118.
- Arias D., F.I. 1986. Efecto de diferentes dosis y fecha de aplicación de estiércol de bovino sobre las propiedades selectas de un suelo calcáreo en el cultivo de papa. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 114 p.

- Asana, R.D. and D.N. Singh. 1967. Relation between flowering time, root growth and soil moisture extraction in wheat under non-irrigated cultivation. *Indian J. Plant Physiol.* 10:154-169.
- Barber, S.A. 1986. Soil nutrient bioavailability. John Wiley & Sons. New York, Mass. 396 p.
- Begg, J.F. and N.C. Turner. 1976. Crop water deficits. *Adv. in Agron.* 28:161-217.
- Bertrand, A.R. 1966. Water use efficiency. In: *Plant environment and efficiency water use.* W.H. Pierre *et al.* Ed. ASA and SSSA. Madison, Wis. p. 236-258.
- Bidinger, F.R. 1978. Water stress effects on crop-environment interactions. In: *International workshop on the agroclimatological research needs of the semi-arid tropics.* ICRISAT. Andhra Pradesh, India. p. 47-63.
- Bidwell, R.G. 1979. *Plant physiology.* 2nd. ed. Macmillan Publish. Co., Inc. p. 375-406.
- Black, A.L. 1970. Soil water and temperature influences on dryland Winter wheat. *Agron. J.* 62:797-801.
- Black, C.C. 1973. Photosynthetic carbon fixation in relation to net CO<sub>2</sub> uptake. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:253-286.
- Black, C.C., T.M. Chen and R.H. Brown. 1969. Biochemical basis for plant competition. *Weed Sci.* 17:338-343.
- Bonnet, J.A. 1968. *La Ciencia del Suelo.* CIAA San Juan, Puerto Rico. 249 p.
- Bos, M.G. and J. Nugteren. 1974. On irrigation efficiencies. Publ. No. 19. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen, Holand. 89 p.
- Bowen, H.D. 1981. Alleviating mechanical impedance. In: *Modifying the root environment to reduce crop stress.* ASAE monograph No.4 St. Joseph, Mich. p. 21-53.
- Bower, C.A., L.V. Wilcox, G.W. Arkin and M.G. Keyes. 1965. An index of the tendency of CaCO<sub>3</sub> to precipitate from irrigation waters. *Soil Sci. Soc. Amerc. Precc.* 29(1):91-92.

- Bradford, K.J. and T.C. Hsiao. 1982. Physiological responses to moderate water stress. In: Physiological Plant Ecology, Water Relations and Carbon Assimilation. C.L. Lange et al. Ed. Spring Verlag. New York, Mass. p. 263-324.
- Brown, J.C. 1961. Iron chlorosis in plants. Adv. in Agron. 13:329-369.
- Cajuste, L.J. 1977. Química de Suelos. Rama de Suelos. C.P. Chapingo, Méx. 278 p.
- Campos, S.F. 1982. Efecto de captación de lluvia, estiércol y rastrojo sobre la humedad del suelo y producción de la asociación maíz-frijol. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. 125 p.
- Cannell, R.Q. and M.B. Jackson. 1981. Alleviating aeration stress. In: Modifying the root environment to reduce crop stress. ASAE monograph No. 4. St. Joseph, Mich. p. 141-180.
- Carson, E.W. 1974. The plant root and its environment. University Press of Virginia. Charlottesville, Vir. 691 p.
- Castellanos R., J.Z. 1982. Estudios sobre la producción, utilización y características de los estiércoles en la Comarca Lagunera. En: La utilización de los estiércoles en la agricultura. Castellanos y Reyes Ed. Torreón, Coah. p. 11-19.
- 
- 1985a. El uso de la materia orgánica como mejorador de las propiedades físicas de un suelo. En: I Reunión sobre manejo de suelos arcillosos. SARH-CP. Celaya, Gto. p. 139-161.
- 
- 1985b. El medio ambiente físico del suelo y su modificación mediante la aplicación de materia orgánica. Tema didáctico No. 2. SMCS. Del. Laguna. Matamoros, Coah. 30 p.
- Chen, V. and P. Barak. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. Adv. in Agron. 35:217-240.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1977. Enfermedades y plagas comunes del trigo. Folleto de información No. 29. México, D.F. 70 p.

---

1982. Report on wheat improvement.  
Agronomy. México, D.F. p. 111.

---

1983. Report on wheat improvement.  
Agronomy. México, D.F. p. 129.

- Cisneros A., E.C. 1979. Efecto de las variaciones de humedad del suelo en diferentes etapas de crecimiento del cultivo del trigo. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 112 p.
- Clarke, J.M., T.F. Townley-Smith, T.N. McCaig and D.G. Green. 1984. Analysis of Spring wheat cultivars of varying drought resistance. *Crop Sci.* 24(3): 531-537.
- Contreras N., M. 1985. Efecto de nueve mejoradores sobre las propiedades selectas de un suelo calcáreo y el desarrollo del cultivo de papa. Tesis. Maestría. Programa de Graduados. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 88 p.
- Comisión Técnico Consultora para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. COTECOCA. 1973. Determinación regional de los coeficientes de agostadero en el Estado de Nuevo León. SAH. México. 58 p.
- Covarrubias R., J.M. 1985. Sistemas de labranza con maíz en suelos con permeabilidad deficiente. En: I Reunión sobre manejo de suelos arcillosos. UACH-SARH-CP. Celaya, Gto. p. 174-181.
- Cowan, I. R. 1977. Stomatal behavior and environment. *Adv. Bot. Resc.* 4:117-228.
- Cuanalo, C.H. 1981. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. 2a. ed. Centro de Edafología. C.P. Chapingo, Méx. 40 p.
- Day, A.D. and Intalap S. 1970. Some effects of soil moisture stress on the growth of wheat. *Agron. J.* 62:27-29.
- Donald, C.M. and J. Hamblin. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. in Agron.* 28:361-405.
- Doorembos, J. and W.O. Pruitt. 1974. Crop water requirement. Irrigation and drainage paper No. 24. FAO Rome, Italy. 194 p.

- Dóorembos, J. y A.H. Kassam. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Boletín de riego y drenaje No. 33. FAO. Roma, Italia. 212 p.
- Ehlig C.F. and R.D. LeMert. 1976. Water use and productivity of wheat under five irrigation treatments. Soil Sci. Soc. Amer. 40:750-755.
- Escobasa G., L.F. y E. Palacios. 1985. Construcción y uso de una función de respuesta del trigo en base a las variaciones de humedad del suelo. Agrociencia. 59:25-37.
- Espinoza L., A. 1984. El efecto de la adición de estiércol de bovino sobre algunas propiedades de un suelo migajón arcilloso calcáreo. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 82 p.
- Evans, L.T. 1980. Crop physiology: some case histories. Cambridge University Press. Cambridge, Mass. 374 p.
- Evans, L.T.; J. Bingham and M.A. Roskans. 1972. The pattern of grain set within ears of wheat. Aust. Biol. Sci. 25:1-8.
- Fassbender, H.W. 1975. Química de Suelo. IICA. OEA. Turrialba, Costa Rica. 398 p.
- Fernández G., R. 1982. Los abonos orgánicos en México, disponibilidades, investigación y recomendaciones para su uso. En: La utilización de los estiércoles en la agricultura. Castellanos y Reyes Ed. Torreón, Coah. p. 121-145.
- Figueroa, B. 1983. Experiencias con el uso de residuos orgánicos en la agricultura de México. En: El reciclaje de la materia orgánica en la agricultura. Boletín de Suelos No. 51. FAO. Roma, Italia. p. 79-83.
- Figueroa V., J.M. y R. Rosales. 1985. Efectos físicos y químicos del estiércol en un suelo arcilloso del Valle de Mexicali. En: I Reunión sobre manejo de suelos arcillosos. UACH-SARH-CP. Celaya, Gto. p. 182-201.
- Fischer, R.A. 1973. The effect of water stress at various stages of development on yield processes in wheat. In: Plant response to climatic factors. Slayter R.O. Ed. UNESCO-UPPSALA Symposium, Paris, France. p. 233-241.

- Fischer, R.A. 1979. Growth and water limitations to dryland wheat yield in Australia. A physiological framework. *J. Aust. Inst. Agr. Sci.* 45:83-94.
- Fischer, R.A. and G.D. Khon. 1966. The relationship of grain yield to vegetative growth and post flowering leaf area in the wheat crop under conditions of limited soil moisture. *Aust. J. Agr. Resc.* 17:281-295.
- Fischer, R.A. and N.C. Turner. 1978. Plant productivity in arid and semiarid zones. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29:277-317.
- Flaig, W., B. Nagar, H. Sochtig and C. Tietjen. 1977. Organic materials and soil productivity. *Soil bulletin No. 35. FAO. Rome, Italy.* 120 p.
- Food and Agricultural Organization (FAO). 1986. Production yearbook. Nafiz eruz ed. Rome, Italy. 784 p.
- Friend, D.C. 1965. Tillering and leaf production in wheat as effected by temperature and light intensity. *Can. J. Bot.* 43:1063-1076.
- Gandoy, W. 1982. Física de Suelos. Fase sólida. Depto. de Suelos. UACH. Chapingo, Méx. 89 p.
- Gardner, H.R. and W. R. Gardner. 1969. Relation of water application to evaporation and storage of soil water. *Soil Sci. Soc. Amer.* 33:192-196.
- Gil L., R. 1986. Efecto de cinco dosis de estiércol de bovino y tres fechas de aplicación sobre las propiedades selectas de un suelo calcáreo. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coah. 65 p.
- Goijberg R., G. y A. Aguilar. 1987. pH del suelo y necesidades de cal. En: Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Aguilar et al. Ed. SMCS. Publicación especial No. 1. Chapingo, Méx. p. 17-44.
- Good, N.E. and D.H. Bell. 1980. Photosynthesis, plant productivity and crop yield. In: The biology of crop productivity. Academic Press, Inc. New York, Mass. p. 3-51.
- Grande L., R. 1980. Teoría y problemas de edafología. Instituto de Geología y Metalurgia. Folleto Técnico No. 77. UASLP. San Luis Potosí, S.L.P. 171 p.

- Hamblin, A.P. 1985. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. *Adv. in Agron.* 38:95-158.
- Hanks, R.J. 1960. Soil crusting and seedling emergence. *Trans. 7th Int. Congres. Soil Sci.* p. 340-346.
- Himes, F.L. and S.A. Barber. 1957. Chelating ability of soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21:368-373.
- Hernández C., J. 1982. Efecto de la humedad del suelo sobre el rendimiento de trigo y su influencia en la determinación del calendario de riego en la región de Jiménez, Chih. Tesis. Maestría. Programa de Graduados. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 80 p.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:519-570.
- \_\_\_\_\_ 1988. Water deficits and crop productivity. In: UC Davis/INIFAP Conference. Guadalajara, Jal. p3-5
- Hsiao, T.C. and E. Acevedo. 1974. Plant responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. *Agr. Meteorology.* 14:59-84.
- Huffaker, R.C., M.D. Miller, K.G. Baghott, F.L. Smith and C.W. Schaller. 1967. Effects of field applications of 2,4-D and iron supplements on yield and protein content of wheat and barley and yield of beans. *Crop Sci.* 7:17-19.
- Hunt, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Chapter 5. Edward Arnold Publishers. East Kilbride, Scotland. p. 126-128.
- Jasso I., R. y L. Rojas. 1982. Manual de relación agua-suelo-planta. Depto. de Riego y Drenaje. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. p. 119.
- Jordan, W.R. 1983. Whole plant response to water deficits. An overview. In: Limitations to efficient water use in crop production. ASA, CSSA and SSSA. Madison, Wis. p. 289-317.
- Kaack, K. and K. J. Kristensen. 1967. Emergence and seedling growth related to oxygen content and oxygen diffusion rate in different soils. *Agron. J.* 59:541-544.

- Kemper, W. D. 1965. Aggregate stability. In: Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical properties. Black et al. Ed. Monograph No. 9. Series Agronomy. ASA. Madison, Wis. p. 511-519.
- Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hidraulic conductivity of saturated soil. In: Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical properties. Black et al. Ed. Monograph No. 9. Series Agronomy. ASA. Madison, Wis. p. 210-221.
- Kramer, P.J. 1969. Plant and soil water relationships. A modern synthesis. McGraw Hill Inc. New York, Mass. 432 p.
- Larson, W.E., R.F. Holt and C.W. Carlson. 1978. Residues for soil conservation. In: Crop Residue Management Systems. ASA. Special Publication No. 31. Madison, Wis. p. 1-16.
- Lee R., V. 1972. Efecto del manejo de residuos de cosecha en la rotación trigo-maíz-algodón sobre los rendimientos y algunas propiedades físicas del suelo del Valle del Yaquí. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 113 p.
- Lee R., V. y R. Núñez. 1985. Efecto de la adición de residuos de cosecha sobre las propiedades físicas de un suelo arcilloso del Valle del Yaqui, Sonora, En: I Reunión sobre manejo de suelos arcillosos. SARH-CP. Celaya, Gto. p. 125-138.
- Leeper, G.W. 1952. Factors affecting availability of organic nutrients in soil with special reference to micronutrients metals. Ann Rev. Plant Physiol. 3:1-6.
- León A., R. y A. Aguilar. 1987. Materia orgánica. En: Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo Aguilar et al. Ed. SMCS. Publicación Especial No. 1, Chapingo, Méx. p. 85-92.
- Leopold, A.C. y P.E. Kriedemann. 1975. Plant growth and development Chapter #. The dynamics of growth. 2nd. ed. McGraw-Hill. 545 p.
- Loehr, R.C. 1982. Efecto de los estiércoles sobre la calidad del agua y ecología. En: La utilización de estiércoles en la agricultura. Castellanos y Reyes. Ed. Torreón, Coah. p. 25-42.

- Loomis, R.S., W.A. Williams and A.E. Hall. 1971. Agricultural Productivity. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 22:431-468.
- Lynch, J.M. 1982. Efecto de la aplicación de estiércoles sobre la microbiología del suelo. En: La utilización de estiércoles en la agricultura. Castellanos y Reyes Ed. Torreón, Coah. p. 99-107.
- McCalla, T.M. and T.J. Army. 1961. Stubble mulch farming. *Adv. in Agron.* 13:144-159.
- Marinato M.R. 1978. Respuesta del trigo a variaciones de humedad del suelo en diferentes etapas de crecimiento. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 89 p.
- Marscher, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Inc. London, England. 674 p.
- Martínez, D. 1987. Rendimiento y calidad de tres cereales de grano pequeño en función del régimen hídrico y fertilización nitrogenada. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 72 p.
- Mathers A.C. and B.A. Stewart. 1974. Corn silage yield and soil chemical properties as affected by cattle feedlot manure. *J. Environ. Qual.* 3: 143-147.
- Mathers, A.C., J.D. Thomas, B.A. Stewart and J.E. Herring. 1980. Manure and inorganic fertilizer effects on sorghum and sunflower growth on iron deficient soil. *Agron. J.* 72:1025-1029.
- Mass, E.V. 1984. Crop tolerance to salinity. *California Agr.* 33:21-23.
- Mendoza H., J.M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. Depto. de Agrometeorología. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 112 p.
- Milthorpe, F.L. 1950. Changes in the drought resistance of wheat seedlings during germination. *Ann. Bot.* 14:79-89.
- Morales M., A.; J. Guerrero y R. López. 1986. Diagnóstico edafológico del área de influencia del campo experimental "Navidad". Publicación Inédita. Depto. de Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 36 p.

- Munns, R.C., J. Brady and E.W. Borlow. 1979. Solute accumulation in the apex and leaves of wheat during water stress. *Aust. Plant. Physiol.* 6:379-389.
- Narro F., E.A. 1987. Física de Suelos con enfoque agrícola. Depto. de Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 148 p.
- Núñez, E.R. 1981. Principios de fertilización agrícola con abonos orgánicos. En: *Bioteconología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos*. Monroy y Viniegra Ed. AGTSA. México, D.F. p. 57-64.
- Olechko, C. 1985. Análisis de microestructura. En: *Simposio Nacional sobre propiedades físicas de los suelos agrícolas*. SMCS. San Luis Potosí, Méx.
- Ortíz S., C.A. 1984. Agrometeorología Cuantitativa. Depto. de Suelos. UACH. Chapingo, Méx. 235p.
- Owen, P.J. 1952. The relation of germination of wheat to water potential. *J. Exp. Bot.* 3:188-203.
- Papendick, R.J.: V.L. Cochran and W.M. Wood. 1971. Soil water potencial a water content profiles with wheat under low Spring and summer rainfall. *Agron. J.* 3:731-734.
- Parr, J.F. and R.I. Papendick. 1983. Utilitation of organic water resources for improving soil productivity. En: *El reciclaje de la materia orgánica en la agricultura*. Boletín Suelos No. 51. FAO. Roma. Italia. p. 51-63.
- Pendelton, J. W. 1966. Crop productivity and water use efficiency. In: *Plant environment and efficient water use*. W.H. Pierre et al. Ed. ASA and SSSA. Madison, Wis. p. 236-258.
- Pizarro, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Capítulo 4. Calidad del agua de riego. Ed. Agrícola Española, S.A. Madrid, España. p. 119-139.
- Pratt, P.F. 1982. El valor del estiércol como fertilizante. En: *La utilización de los estiércoles en la agricultura*. Castellanos y Reyes Ed. Torreón, Coah. p. 79-98.

- Prescott, J.M., P.A. Burnet and E.E. Saari. 1986. Wheat diseases and pests. A guide for field identification. CIMMYT. México, D.F. 98 p.
- Power, J.F. and Legg. 1978. Effect of crop residues on the chemical environment and nutrient availability. In: Crop residue management systems. ASA Special publication No. 31. Madison, Wis. p. 85-100.
- Puckridge, D.W. 1971. Photosynthesis of wheat under field conditions. Aust. J. Agr. Resc. 22:1-9.
- Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulas-their use and abuse. Crop Sci. 7(3):171-175.
- Ramos R., J.N. 1985. Respuesta del cultivo de papa en nueve dosis de estiércol de bovino establecido en un suelo calcáreo. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 105 p.
- Ramírez R., L.E. 1980. Determinación del calendario de riego óptimo y su interacción con la fertilización nitrogenada en trigo variedad tardía en Navidad, N.L. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 65 p.
- Ramírez, A. 1982. Efecto de la aplicación de estiércol sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y sobre el rendimiento del cultivo. Tesis. Licenciatura. ITA. No. 10. DGETA. SEP. Torreón, Coah. 83 p.
- Ramírez H., P. 1988. Modelos de producción para trigo en función de la evapotranspiración en tres etapas fenológicas. Tesis. Maestría. Programa de Graduados. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 96 p.
- Reuter, D.J. and J.B. Robinson. 1986. Plant analysis. Intake Press. Sydney, Aust. p. 85.
- Reyes M., D. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el uso y manejo del agua. SARH. INIA. Publ. Esp. No. 104. México, D.F. 50 p.
- Riddell, J.A. and G.A. Gries. 1985a. Development of Spring wheat. II. The effect of temperature on response to photoperiod. Agron. J. 50:739-742.

- 1985b. Development of Spring wheat. III. Temperature of maturation and age of seeds as factors influencing their response to vernalization. *Agron. J.* 50:743-746.
- Rodríguez P., M. 1967. Efecto de la adición de estiércol vacuno sobre algunas propiedades físicas del suelo. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 79 p.
- Rodríguez, Z.C. 1978. Efecto de la tensión del suelo sobre tres etapas fenológicas del cultivo del trigo. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 109 p.
- Ruíz F., F. 1985. Estabilidad de agregados. En: Simposio Nacional sobre las Propiedades Físicas de los Suelos Agrícolas. SMCS. San Luis Potosí, México.
- Russell, R.S. 1977. Plant root systems. McGraw-Hill. New York. p. 298.
- Salisbury F.B. and C.W. Ross. 1978. Plant physiology. 2nd. Ed. Wadworth Publis. Co., Inc. Belmont, Cal. p. 136-159.
- Sandoval, O.J., E. Palacios y C. Ramírez. 1985. El régimen de humedad en el suelo y su efecto sobre componentes del rendimiento de grano de trigo. *Agrociencia.* 59:7-24.
- Sears, E.R. 1965. El origen del trigo (*Triticum aestivum*, L.). en: Conferencias sobre el origen, evolución y citogenética del trigo. ENA-INIA-PRONASE. México, D.F. p. 3-9.
- Silva M., C. 1978. Unidades del suelo. CECSA. México, D.F. 70 p.
- Slayter, R.O. 1969. Plant Water Relationship. Academic Press Inc. New York, Mass. 376 p.
- Smirka, D.E., A.L. Black and B.W. Greb. 1969. Soil nitrate, soil water and grain yield in a wheat fallow rotation in the great plains as influenced by straw mulch. *Agron. J.* 61:785-787.
- Sixto M., J.M. 1981. Los logros por la investigación en trigo. En: Simposio Nacional de la Investigación Agrícola. SARH INIA. México, D.F. p. 16.

- Soil Survey Staff. 1975. Soil taxonomy, a basic system of soil classification of making and interpreting soil surveys. Soil Conservation Service. USDA Handbook No. 436. Washington, D.C. 754 p.
- Soil Test. 1983. General information catalog of equipment to soil test. Materials Testing Division. Soil Test Co. Evanston, Ill. p. 53
- Soria R., J. 1986. Respuesta del frijol bajo condiciones de riego a la aplicación de cuatro mejoradores en suelos calcáreos. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 119 p.
- Stanhill, G. 1986. Water use efficiency. Adv. in Agron. 39:53-85.
- Steel, R.G. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. 2nd. Ed. McGraw-Hill Kogakusa, LTD. Tokyo, Japan. 631 p.
- Stewart, B.A. 1982. El efecto del estiércol sobre la calidad del suelo. En: La utilización de los estiércoles en la agricultura. Castellanos y Reyes Ed. Torreón, Coah. p. 69-77.
- Stewart, B.A. and Meek. 1977. Soluble salts considerations with waste applications. In: Soils for management of organic wastes and waste waters. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wis. p. 79-97.
- Stoskopf. N.C. 1981. Understanding crop production. Reston publishing Co. Preston, Virginia. 341 p.
- Tavera y San Germán, G. 1985. Criterios para interpretación y aprovechamiento de los reportes de laboratorio para las áreas de asistencia técnica. Tema didáctico No. 3 SMCS. Del. Laguna. Matamoros, Coah. 32 p.
- Taylor, S.A. and G.L. Ashcroft. 1972. Physical edafology. Freeman and Co. Ed. San Francisco, Cal. 437p.
- Thomas, J.D. and A.C. Mathers. 1979. Manure and iron effects on sorghum growth on iron deficient soil. Agron. J. 71:792-794.
- Thompson, L.M. y F.R. Thoeh. 1980. Los suelos y su fertilidad. 4a. Ed. Editorial Revertre, S.A. Barcelona, España. 516 p.

- Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1982. Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. UTEHA. México, D.F. 760 p.
- Torres R., E. 1980. Agrometeorología, Depto. de Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 140 p.
- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). 1987. Marco de Referencia del Area de Influencia de la UAAAN. Dirección de Investigación. Buenavista, Saltillo, Coah. 276 p.
- Udo, E.J., N.L. Bhon and T.C. Tucker. 1970. Zinc adsorption by calcareous soil. Soil Sci. Soc. Amer. Prec. 34:405-407.
- Unger, P.W. and B.A. Stewart. 1983. Soil management for efficient water use: an overview. In: Limitations to efficient water use in crop production. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wis. p. 173-207.
- United States Salinity Laboratory Staff (USSL). 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook No. 60 Bekerly, Cal. 160p.
- Van Doren, D.M. and R.R. Allmaras. 1978. Effect of residues management practices on the soil physical enviroment microclimate and plant growth. In: Crop Residue Management Systems. ASA. Publication Special No. 31. p. 49-84.
- Varade, S.B., L.H. Stolzy and B.S. Letey. 1970. Influence of temperature, light intensity and aeration on growth and root porosity of wheat. Agron. J. 62:505-507.
- Vega S., P. 1987. Estudio comparativo de dos mejoradores del suelo en híbridos de maíz bajo diferentes condiciones de humedad. Tesis. Maestría. Programa de Graduados. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 195 p.
- Velasco M., H.A. 1983. Uso y Manejo del Suelo. Ed. LIMUSA. México, D.F. 191 p.
- Villarreal F., E. 1967. Pérdidas de agua del suelo en forma de vapor y evaluación de algunas prácticas para su control. Tesis Maestría. Escuela de Graduados. ITESM. Monterrey, N.L. 83 p.
- Walkley A. and T.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38.

- Wallace, A., R.T. Muller and G.V. Alexander. 1978. Influence of phosphorus on zinc, iron, manganese and copper uptake by plants. *Soil Sci.* 126: 336-339.
- Watson, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield. *Adv. in Agron.* 4:101-145.
- Wattal, P.N. 1965. Effect of temperature on the development of the wheat grain. *Indian J. Plant Physiol.* 8:145-159.
- Wear, J.I. 1956. Effects of soil pH and calcium on uptake by plants. *Soil Sci.* 81:311-313.
- White, A.W., J.E. Giddens and H.D. Morris. 1959. The effect of sawdust of crop growth and physical and biological properties of cecil soil. *Soil Sci. Amer. Proc.* 23:365-368.

A P E N D I C E

Cuadro A1. Potencial hidrógeno observado al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987.

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					
	I	II	III	IV	V	$\bar{X}$
EORO	7.70	7.80	7.60	7.90	7.70	7.74
EOR5	7.80	7.70	8.00	7.65	7.70	7.79
EOR10	7.80	7.60	7.90	7.70	7.80	7.76
EOR15	7.70	8.80	7.65	7.80	7.60	7.91
E3OR0	7.75	7.80	7.70	7.60	7.80	7.73
E3OR5	7.60	7.60	7.90	7.70	7.30	7.62
E3OR10	7.80	7.40	7.30	7.70	7.50	7.54
E3OR15	7.70	7.30	7.15	7.60	7.40	7.43
E6OR0	7.30	7.30	7.70	7.80	7.70	7.56
E6OR5	7.60	7.35	7.40	7.60	7.70	7.53
E6OR10	7.30	7.20	7.60	7.50	7.80	7.48
E6OR15	7.25	7.60	7.30	7.40	7.40	7.39

Cuadro A2. Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (mmhos/cm) observada al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L., 1987

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	2.10	2.43	2.38	2.43	2.22	2.31
EOR5	2.20	2.80	2.47	2.40	2.36	2.44
EOR10	2.40	2.58	2.42	2.35	2.28	2.41
EOR15	2.20	2.28	2.47	2.43	2.42	2.37
E3OR0	2.50	2.53	2.37	2.23	2.46	2.48
E3OR5	2.37	2.15	2.28	2.43	2.49	2.34
E3OR10	2.49	2.47	2.32	2.40	2.61	2.46
E3OR15	2.50	2.62	2.27	2.23	2.38	2.40
E6OR0	2.52	2.51	2.30	2.37	2.35	2.41
E6OR5	2.48	2.40	2.57	2.33	2.50	2.46
E6OR10	2.47	2.28	2.60	2.35	3.37	2.41
E6OR15	2.75	2.25	2.30	2.30	2.42	2.40

Cuadro A3. Contenido de materia orgánica (%) al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L.  
1987.

Tratamientos	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	1.88	1.94	2.58	2.52	2.13	2.21
EOR5	2.64	3.05	2.18	1.82	2.18	2.37
EOR10	1.77	3.17	2.38	2.47	2.12	2.38
EOR15	2.47	2.50	3.23	2.06	2.53	2.56
E3OR0	2.58	2.00	2.58	1.88	2.28	2.26
E3OR5	2.12	2.00	2.02	1.94	2.14	2.04
E3OR19	2.40	2.64	2.76	2.88	1.53	2.44
E3OR15	2.76	2.70	2.73	2.76	2.73	2.74
E6OR0	1.53	1.83	2.23	1.92	1.71	1.84
E6OR5	2.76	1.71	2.47	2.64	2.40	2.39
E6OR10	2.64	1.88	3.23	2.45	2.00	2.44
E6OR15	1.88	2.94	2.99	1.82	2.44	2.41

Cuadro A4. Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g) observada al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987.

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	7.2	12.0	10.2	6.9	7.4	8.74
EOR5	7.0	5.9	6.0	14.0	12.0	8.98
EOR10	14.4	9.5	8.4	12.4	15.8	12.10
EOR15	7.0	2.0	3.3	11.0	13.6	7.38
E3OR0	11.0	12.8	4.6	11.6	9.6	9.92
E3OR5	3.6	3.6	9.0	17.6	13.4	9.94
E3OR10	6.6	14.6	16.0	16.2	10.6	12.80
E3OR15	8.6	3.8	5.2	9.4	14.0	8.20
E6OR0	6.0	19.3	20.8	14.6	12.6	14.66
E6OR5	7.4	15.0	14.0	16.0	16.9	13.86
E6OR10	9.6	2.0	12.4	18.0	17.1	11.82
E6OR15	10.4	16.2	20.0	17.0	15.0	15.72

Cuadro A5. Densidad de sólidos ( $\text{g/cm}^3$ ) observada al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L.

Tratamiento	Repeticiones					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	2.83	2.51	2.63	2.74	2.43	2.63
EOR5	2.64	2.46	2.75	2.47	2.46	2.55
EOR10	2.66	2.40	2.81	2.86	2.56	2.66
EOR15	2.40	2.45	2.65	2.70	2.89	2.62
E3OR0	2.72	2.41	2.81	2.45	2.50	2.58
E3OR5	2.76	2.57	2.83	2.63	2.56	2.67
E3OR10	2.99	2.66	2.77	2.43	2.85	2.74
E3OR15	2.60	2.61	2.65	2.59	2.87	2.66
E60	2.63	2.56	2.53	2.43	2.77	2.58
E6OR5	2.38	2.62	2.47	2.85	2.57	2.52
E6OR10	2.66	2.78	2.48	2.42	2.67	2.60
E6OR15	2.56	2.47	2.60	2.52	2.57	2.54

Cuadro A6. Densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ) al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	1.16	1.15	1.23	1.59	1.30	1.25
EOR5	1.13	1.17	1.70	1.27	1.21	1.29
EOR10	1.16	1.31	1.17	1.17	1.20	1.20
EOR15	1.22	1.12	1.13	1.12	1.13	1.15
E3OR0	1.15	1.13	1.17	1.23	1.13	1.16
E3OR5	1.12	1.13	1.16	1.14	1.22	1.15
E3OR10	1.17	1.20	1.16	1.28	1.07	1.17
E3OR15	1.16	1.13	1.23	1.18	1.19	1.18
E6OR0	1.13	1.21	1.15	1.16	1.20	1.17
E6OR5	1.18	1.13	1.11	1.13	1.12	1.13
E6OR10	1.06	1.12	1.18	1.19	1.16	1.14
E6OR15	1.14	1.20	1.17	1.17	1.11	1.16

Cuadro A7. Índice de porosidad total del suelo observado al final del ciclo de cultivo.  
Navidad, N.L. 1987.

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	0.59	0.54	0.53	0.42	0.46	0.508
EOR5	0.57	0.52	0.38	0.48	0.51	0.493
EOR10	0.56	0.45	0.42	0.59	0.53	0.510
EOR15	0.49	0.54	0.57	0.58	0.59	0.554
E3OR0	0.57	0.53	0.58	0.47	0.54	0.539
E3OR5	0.59	0.56	0.59	0.56	0.52	0.564
E3OR10	0.61	0.55	0.58	0.47	0.62	0.566
E3OR15	0.55	0.57	0.54	0.54	0.50	0.556
E6OR0	0.57	0.52	0.54	0.52	0.57	0.544
E6OR5	0.50	0.57	0.55	0.60	0.56	0.556
E6OR10	0.60	0.59	0.52	0.51	0.56	0.556
E6OR15	0.55	0.51	0.55	0.54	0.57	0.544

Cuadro A8. Coeficiente de dispersión para evaluar microestructura al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	0.45	0.31	0.60	0.60	0.45	0.48
EOR5	0.45	0.61	0.63	0.47	0.90	0.62
EOR10	0.45	0.41	0.33	0.87	0.60	0.54
EOR15	0.63	0.19	0.57	0.77	0.67	0.56
E3OR0	0.33	0.23	0.54	0.26	0.34	0.34
E3OR5	1/00	0.33	0.59	0.40	0.61	0.64
E3OR10	0.71	0.33	1.00	0.29	0.74	0.67
E3OR15	0.55	0.25	0.50	0.47	1.00	0.61
E6OR0	0.50	0.60	0.38	1.00	0.50	0.65
E6OR5	0.87	0.33	0.26	1.00	0.62	0.67
E6OR10	0.50	0.04	0.33	0.53	0.35	0.33
E6OR15	0.80	0.40	0.46	0.60	0.71	0.60

Cuadro A9. Clase de estructura (cm<sup>3</sup>) observada al final del ciclo de cultivo. Navidad, N.L. 1987

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	36.65	20.05	24.09	28.37	30.50	27.93
EOR5	22.07	24.15	27.89	25.89	31.13	26.22
EOR10	28.85	39.32	26.88	43.65	30.15	33.77
EOR15	38.43	25.98	30.16	48.35	17.41	32.06
E3OR0	27.13	44.40	23.97	46.35	30.19	34.41
E3OR5	29.79	21.97	25.08	28.78	31.62	27.45
E3OR10	44.33	21.97	31.78	36.41	28.79	32.65
E3OR15	39.69	40.41	23.02	20.16	21.99	29.05
E6OR0	16.06	27.17	51.23	21.11	16.45	26.40
E6OR5	15.25	30.94	26.88	21.10	13.45	21.52
E6OR10	25.16	29.87	19.10	36.62	20.02	26.15
E6OR15	14.25	37.52	28.13	20.07	25.36	25.06

Cuadro A10. Conductividad hidráulica (cm/día) observada al final del ciclo de cultivo.  
Navidad, N.L. 1987

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
EOR0	22.32	2.50	4.23	14.62	10.92
EOR5	17.24	1.91	10.90	11.81	10.47
EOR10	2.65	8.40	2.19	18.80	8.07
EOR15	10.75	12.97	24.24	3.38	12.97
E3OR0	8.80	9.19	4.38	16.06	9.61
E3OR5	6.82	36.88	4.30	4.25	13.07
E3OR10	34.33	6.53	5.29	9.53	13.92
E3OR15	8.97	18.51	27.61	19.10	18.55
E6OR0	50.51	13.25	7.91	2.84	18.63
E6OR5	20.59	12.79	30.81	2.15	16.61
E6OR10	6.37	33.77	26.12	22.25	22.13
E6OR15	9.22	32.82	30.15	2.34	18.63

Cuadro A11. Modelo de ajuste de la curva característica de humedad del suelo para diferentes tratamientos de residuos orgánicos y su coeficiente de determinación  $R^2$ .

Tratamiento	Modelo	$R^2$
EOR0	$\psi_m = 6\ 363\ 752\ P_w -4.8675$	0.90 *
EOR5	$\psi_m = 7\ 428\ 671\ P_w -4.8884$	0.89 *
EOR10	$\psi_m = 6\ 831\ 205\ P_w -4.8923$	0.88 *
EOR15	$\psi_m = 5\ 918\ 435\ P_w -4.8256$	0.88 *
E3OR0	$\psi_m = 3\ 262\ 987\ P_w -4.6641$	0.91 *
E3OR5	$\psi_m = 5\ 444\ 988\ P_w -4.7431$	0.90 *
E3OR10	$\psi_m = 7\ 166\ 279\ P_w -4.8612$	0.89 *
E3OR15	$\psi_m = 5\ 118\ 815\ P_w -4.7602$	0.91 *
E6OR0	$\psi_m = 11\ 050\ 670\ P_w -4.9753$	0.92 *
E6OR5	$\psi_m = 13\ 769\ 210\ P_w -5.0256$	0.92 *
E6OR10	$\psi_m = 10\ 698\ 930\ P_w -4.9423$	0.92 *
E6OR15	$\psi_m = 10\ 143\ 760\ P_w -4.9638$	0.90 *

$\psi_m$  = potencial mátrico en bars

$P_w$  = porcentaje de humedad en base a peso seco

\* = diferencia significativa con 0.05

Cuadro A12. Coeficientes de regresión  $\beta_0$  y  $\beta_1$  estimador  $\hat{\theta}$  y coeficiente de determinación  $R^2$  de la curva logística para el ajuste de altura de planta de trigo.

Tratamiento	$\beta_0$	$\beta_1$	$\hat{\theta}$	$R^2$	
EOR0	5.0627	- 0.0460	103.470	0.939	**
EOR5	4.9852	- 0.0457	100.683	0.946	**
EOR10	5.1488	- 0.0470	103.016	0.951	**
EOR15	5.3411	- 0.0478	103.451	0.969	**
E3OR0	4.7943	- 0.0443	103.055	0.946	**
E3OR5	4.8091	- 0.0472	108.118	0.897	*
E3OR10	5.3242	- 0.0540	111.222	0.857	*
E3OR15	9.9126	- 0.0459	105.782	0.944	**
E6OR0	4.9639	- 0.0441	103.836	0.973	**
E6OR5	4.9732	- 0.0456	115.106	0.929	**
E6OR10	4.8792	- 0.0459	109.285	0.945	**
E6OR15	4.8105	- 0.0461	104.618	0.919	**

\* Diferencia significativa con 0.05

\*\* Diferencia altamente significativa con 0.01

Cuadro A13 Comportamiento del área foliar (cm<sup>2</sup>) y materia seca (g/tallo) del trigo durante el ciclo de cultivo por efecto de residuos orgánicos en el suelo. Navidad, N.L. 1987

Tratamiento	Días después de siembra															
	20		40		60		80		100		120		140		160	
	AF	MS	AF	MS	AF	MS	AF	MS	AF	MS	AF	MS	AF	MS	AF	MS
EOR0	0.70	0.0025	7.02	0.063	41.11	0.187	99.53	0.496	145.04	1.125	163.37	2.53	144.29	4.13	771.57	5.33
EOR5	0.77	0.0032	7.66	0.082	40.76	0.203	99.36	0.507	144.77	1.136	163.60	2.19	142.47	3.41	68.01	4.35
EOR10	0.20	0.0031	2.07	0.082	37.61	0.216	97.45	0.546	143.79	1.260	162.96	2.43	141.26	3.72	65.03	4.61
EOR15	0.81	0.0033	9.89	0.082	43.28	0.203	106.45	0.480	155.03	1.044	174.44	1.95	150.09	2.99	67.41	3.80
E3OR0	0.32	0.0024	2.29	0.065	56.18	0.180	124.16	0.473	175.54	1.179	194.22	2.24	164.09	3.45	69.09	4.27
E3OR5	0.33	0.0023	2.57	0.074	40.99	0.193	103.31	0.488	152.61	1.156	175.10	2.39	157.08	4.01	84.59	5.39
E3OR10	0.63	0.0037	6.37	0.096	45.37	0.243	107.82	0.582	157.13	1.248	174.45	2.21	160.94	3.13	87.75	3.72
E3OR15	0.52	0.0032	5.19	0.084	42.35	0.224	109.88	0.571	161.80	1.335	182.49	2.64	156.38	4.16	67.84	5.26
E6OR0	0.34	0.0026	2.42	0.072	44.95	0.211	111.59	0.539	162.62	1.325	183.36	2.72	158.35	4.34	72.23	5.48
E6OR5	0.42	0.0028	2.55	0.081	58.05	0.225	138.56	0.599	199.61	1.422	223.03	2.74	189.85	4.06	81.29	4.87
E6OR10	0.98	0.0028	9.87	0.079	54.48	0.216	128.70	0.575	185.52	1.417	207.69	2.99	177.98	4.92	79.13	6.13
E6OR15	0.84	0.0047	8.49	0.124	40.69	0.323	110.42	0.802	165.02	1.803	188.84	3.37	160.21	5.01	81.48	6.12

AF = Area foliar

MS = Materia seca

Cuadro A14. Densidad de población (Tallos /m) del trigo a la cosecha. Navidad, N.L. 1987

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	256	220	166	198	178	203.6
EOR5	183	206	134	125	186	166.8
EOR10	194	222	189	183	190	195.6
EOR15	235	194	190	172	194	177.0
E3OR0	216	240	196	198	147	199.4
E3OR5	122	248	126	142	204	168.4
E3OR10	186	200	305	235	225	230.8
E3OR15	174	231	177	176	165	184.6
E6OR0	186	176	152	132	189	167.0
E6OR5	261	135	188	207	146	187.4
E6OR10	154	288	240	172	176	196.0
E6OR15	160	176	247	163	271	203.4

Cuadro A15. Longitud de espiga (cm) del trigo por efecto de residuos orgánicos en el suelo. Navidad, N.L. 1987

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	8.34	8.39	8.58	7.95	7.92	8.23
EOR5	7.87	7.72	7.49	8.74	9.28	8.22
EOR10	7.43	7.58	8.16	7.70	8.87	7.94
EOR15	8.74	7.90	8.59	8.41	8.70	8.46
E3OR0	8.94	8.53	7.56	2.08	9.64	8.75
E3OR5	8.27	7.94	8.17	8.30	9.16	8.36
E3OR10	7.94	8.83	8.44	8.26	9.12	8.51
E3OR15	8.44	9.06	8.15	7.62	9.19	8.49
E6OR0	8.15	9.18	9.09	8.56	8.63	8.72
E6OR5	7.82	8.26	8.26	7.80	9.48	8.32
E6OR10	8.60	8.34	8.11	8.55	8.81	8.48
E6OR15	8.14	8.71	9.24	7.96	9.00	8.61

Cuadro A16. Granos por espiga de trigo bajo el efecto de residuos orgánicos al suelo.  
Navidad, N.L. 1987

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	28.6	33.4	29.7	23.5	23.3*	27.7
EOR5	27.3	30.2	30.3	28.1	34.8	30.2
EOR10	27.1	29.6	28.4	23.0	28.8	27.3
EOR15	36.2	33.5	28.3	29.9	33.2	32.2
E3OR0	36.8	33.2	33.1	32.2	37.5	32.5
E3OR5	30.1	21.5	30.6	34.9	33.8	30.2
E3OR10	27.2	31.3	24.1	35.9	37.4	31.2
E3OR15	31.5	35.6	28.4	23.2	36.3	31.0
E6OR0	28.4	35.7	37.4	28.8	33.3	32.7
E6OR5	24.7	27.5	37.7	26.0	38.9	30.9
E6OR10	28.6	26.5	31.8	27.6	31.6	29.2
E6OR15	32.3	30.3	36.4	28.5	23.2	30.1

\* cada observación es promedio de cinco espigas

Cuadro A17. Peso de mil granos (g) de trigo por efecto de residuos orgánicos en el suelo  
Navidad, N.L. 1987

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	34.80	33.70	39.10	37.40	37.10	36.42
EOR5	35.35	40.46	37.60	36.00	34.60	36.80
EOR10	36.30	37.60	40.00	39.00	39.90	38.56
EOR15	35.80	35.70	37.80	37.60	36.90	36.76
E3OR0	36.56	34.80	36.60	35.70	36.86	36.10
E3OR5	38.40	37.10	34.30	35.00	35.50	36.06
E3OR10	35.88	34.90	37.75	37.00	36.20	36.35
E3OR15	36.20	35.10	33.80	35.70	36.00	35.36
E6OR0	39.32	38.00	41.79	35.80	37.00	38.38
E6OR5	34.40	35.69	36.10	36.45	34.70	35.47
E6OR10	38.50	37.00	35.90	28.20	34.80	36.88
E6OR15	32.10	36.00	34.90	36.50	36.35	38.17

Cuadro A18. Peso hectolítrico del grano (kg/hl) de trigo por efecto de residuos orgánicos en el suelo. Navidad, N.L. 1987

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	66.10	65.60	68.00	67.50	68.50	67.14
EOR5	62.25	69.50	66.50	66.40	66.05	66.94
EOR10	69.00	66.00	69.30	67.70	64.00	67.20
EOR15	65.95	66.00	67.40	67.50	66.40	66.65
E3OR0	67.15	67.00	67.80	67.70	66.30	67.19
E3OR5	69.80	67.95	64.00	66.20	67.50	67.09
E3OR10	66.00	65.20	67.90	68.90	68.65	67.33
E3OR15	67.85	66.35	65.10	66.70	66.70	66.54
E6OR0	69.00	67.65	66.45	67.45	67.30	65.59
E6OR5	64.60	67.05	64.70	66.55	64.00	65.38
E6OR10	67.75	66.95	66.80	67.75	65.70	66.99
E6OR15	63.60	65.90	65.50	66.65	67.05	67.74

Cuadro A19. Rendimiento de grano (kg/ha) de trigo por el efecto de residuos orgánicos en el suelo. Navidad, N.L.

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	5100	5000	5833	5833	4700	5293
EOR5	5000	6750	6033	5833	5033	5729
EOR10	5667	4400	5416	5633	5733	5369
EOR15	5916	5666	5066	5933	5283	5572
E3OR0	5033	5400	4900	5750	4300	5077
E3OR5	4766	5500	4700	4733	4866	4913
E3OR10	5883	6833	5333	5333	5400	5729
E3OR15	5333	6000	5433	5800	4700	5453
E6OR0	4916	5200	4400	5916	5000	5086
E6OR5	5066	5316	4783	4716	4833	4942
E6OR10	5833	5266	5100	5933	4717	5569
E6OR15	4933	6633	6550	5133	6600	5969

Cuadro A20. Producción de biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) de trigo por efecto de residuos orgánicos en el suelo. Navidad, N.L.

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	1.347	1.163	1.283	1.397	0.997	1.237
EOR5	1.210	1.467	1.333	1.320	1.057	1.277
EOR10	1.327	1.383	1.223	1.337	1.313	1.317
EOR15	1.396	1.107	1.133	1.410	1.277	1.264
E3OR0	1.243	1.267	1.253	0.997	0.993	1.151
E3OR5	0.967	1.507	1.260	1.230	0.993	1.173
E3OR10	1.405	1.653	1.287	1.080	1.080	1.301
E3OR15	1.377	1.493	1.333	1.170	0.917	1.247
E6OR0	1.207	1.223	1.090	1.250	1.207	1.139
E6OR5	1.467	1.433	1.230	1.043	0.943	1.223
E6OR10	1.577	1.453	1.297	1.423	0.975	1.345
E6OR15	1.216	1.735	1.553	1.120	1.533	1.431

Cuadro A21. Índice de cosecha del trigo bajo el efecto de residuos orgánicos en el suelo. Navidad, N.L.

Tratamiento	R e p e t i c i o n e s					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
EOR0	0.373	0.429	0.454	0.417	0.471	0.43
EOR5	0.413	0.460	0.452	0.442	0.476	0.46
EOR10	0.427	0.313	0.443	0.421	0.436	0.41
EOR15	0.427	0.512	0.447	0.421	0.413	0.44
E3OR0	0.405	0.426	0.391	0.576	0.433	0.44
E3OR5	0.493	0.365	0.373	0.385	0.521	0.41
E3OR10	0.413	0.413	0.414	0.500	0.481	0.44
E3OR15	0.463	0.402	0.407	0.495	0.512	0.44
E6OR0	0.407	0.425	0.403	0.473	0.487	0.45
E6OR5	0.305	0.363	0.389	0.452	0.512	0.40
E6OR10	0.369	0.362	0.393	0.417	0.484	0.42
E6OR15	0.406	0.382	0.422	0.458	0.430	0.42

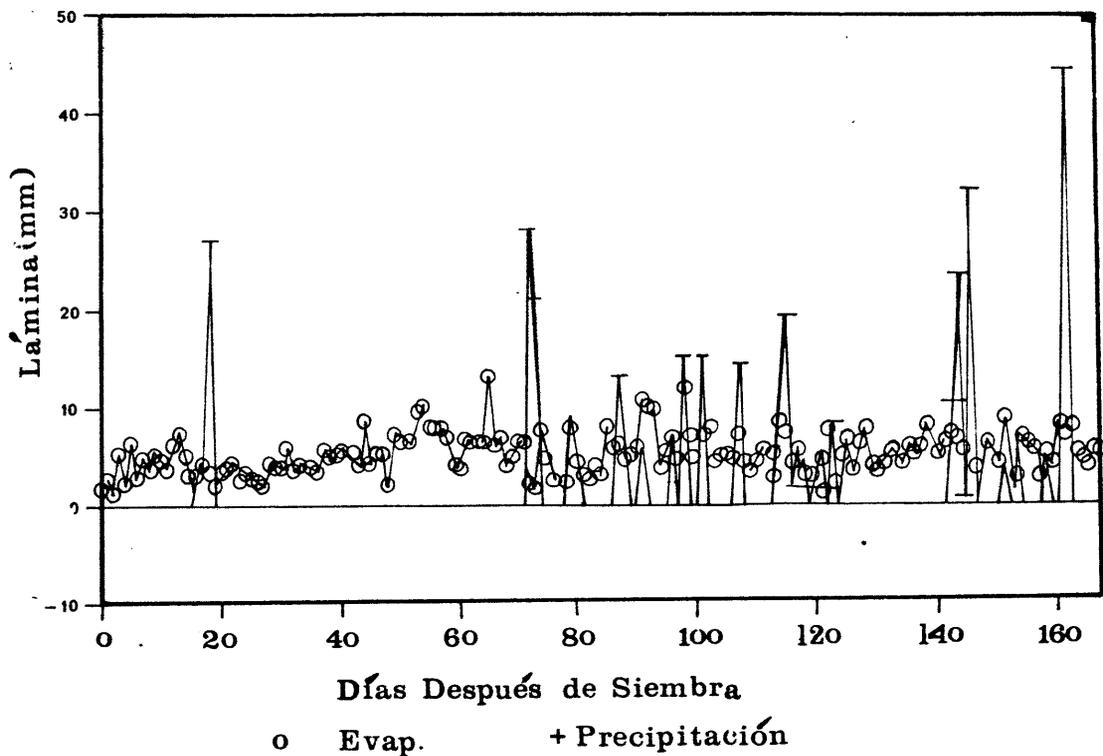


Figura A1. Precipitación y evaporación observada durante el desarrollo del trigo en Navidad, N.L. 1987.

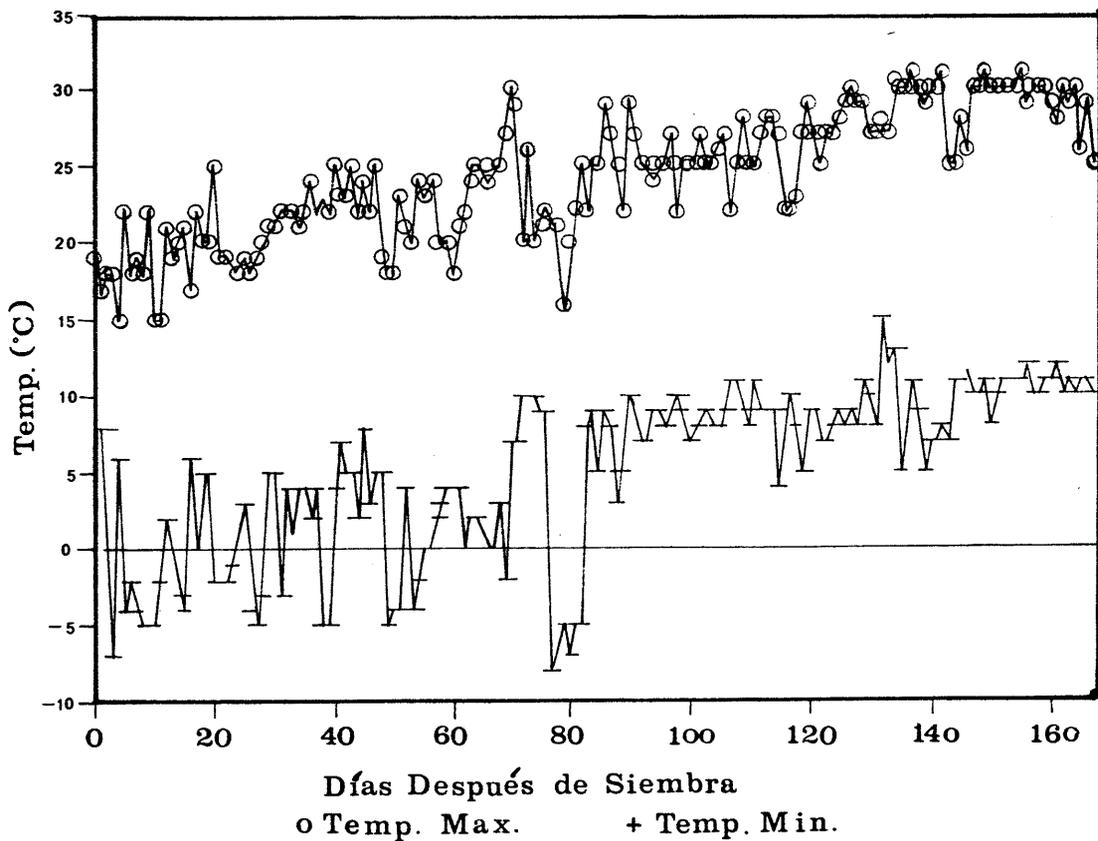


Figura A2. Temperatura máxima y mínima observada en el período de desarrollo del trigo en Navidad, N.L. 1987.