

EL EFECTO DE LA IMPERMEABILIZACION Y  
PENDIENTE EN LA HUMEDAD DE UN SUELO  
VERTISOL BAJO CONDICIONES  
DE SEMI-DESIERTO

CECILIO ESCAREÑO RODRIGUEZ

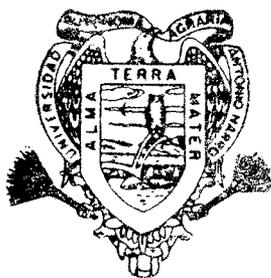
T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE Universidad Autónoma Agraria  
MAESTRO EN CIENCIAS "ANTONIO NARRO"  
EN RIEGO Y DRENAJE



BIBLIOTÉCA



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

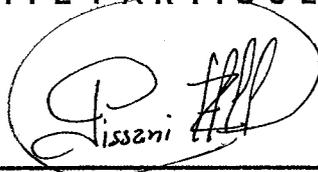
JUNIO DE 1997

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS EN  
RIEGO Y DRENAJE**

**COMITE PARTICULAR**

Asesor principal:



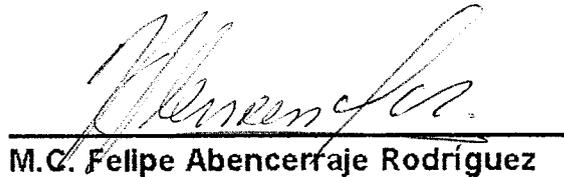
**Dr. Juan Francisco Pissani Zúñiga**

Asesor:



**M.C. Alejandro Hernández Herrera**

Asesor:



**M.C. Felipe Abencerraje Rodríguez**

  
**Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez**  
**Subdirector de Postgrado**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Junio de 1997

## **AGRADECIMIENTOS**

**Deseo hacer patente mi agradecimiento a las Instituciones y personas que me brindaron el apoyo durante la realización de mis estudios de postgrado.**

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que inicialmente me otorgó una beca completa para empezar mis estudios de postgrado.**

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado para finalizar mis estudios de maestría.**

**Al Dr. Hugo A. Velasco Molina por haber despertado en mí el deseo de trabajar en las zonas áridas y semiáridas de nuestro país, en donde vive gente muy necesitada pero de un gran espíritu y carácter.**

**Al Dr. Juan Francisco Pissani Zúñiga por su asesoría, consejos y ayuda para la realización del presente trabajo.**

**A los Maestros en Ciencias Alejandro Hernández Herrera y Felipe Abencerraje Rodríguez por su desinteresada ayuda para la revisión de este estudio.**

**A todos ellos mi más profundo y eterno agradecimiento.**

## **DEDICATORIA**

### **A LA MEMORIA DE MIS PADRES:**

**Sr. José Escareño Cardona y Sra. Manuela Segunda Rodríguez Saldívar. Quienes me dieron su amor y apoyo incondicional.**

### **A MI QUERIDA ESPOSA:**

**Sra. Profra. Carmen Elizabeth Pérez Sáenz por todo su amor y paciencia durante el transcurso de los estudios de maestría.**

### **A MIS HIJOS:**

**Dra. Carmen Elizabeth, César Eliud y Cecilia Elvira por su aliento para y durante el escrito y presentación de este trabajo.**

### **A DIOS:**

**Que sin su gran ayuda no hubiera podido terminar este estudio.**

**COMPENDIO**

**EL EFECTO DE LA IMPERMEABILIZACION Y PENDIENTE EN LA  
HUMEDAD DE UN SUELO VERTISOL BAJO CONDICIONES  
DE SEMI-DESIERTO**

**POR**

**CECILIO ESCAREÑO RODRÍGUEZ**

**MAESTRIA**

**RIEGO Y DRENAJE**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO 1997**

**Dr. Juan Francisco Pissani Zúñiga -Asesor-**

**Palabras claves:** Impermeabilizantes, pendiente, humedad del suelo, área de escurrimiento, área de cultivo, Triticum vulgare L., trigo.

**El presente estudio se realizó en el cultivo de trigo para observar la influencia de seis tratamientos impermeabilizantes (compactación, cera-parafina, ceniza de sosa, bentonita, asfaleno y aceite quemado) con tres diferentes proporciones de área de escurrimiento a área de cultivo (1:1,**

**1:1/2, 11/4) y con tres diferentes pendientes en las áreas de escurrimiento (8, 5 y 3 por ciento), sobre la captación de agua de lluvia en el perfil del suelo y que después sea utilizada por las plantas de trigo para que no sufran de estrés de humedad.**

**Se evaluó el contenido de la humedad del suelo en tres diferentes profundidades (0-20, 20-50 y 50-90 cm) en el perfil del suelo, en el área de cosecha. Así también se midió el rendimiento de grano de trigo.**

**Los resultados obtenidos muestran una diferencia significativa entre las proporciones de área de escurrimiento a área de cultivo contra rendimiento, resultando la mejor de ellas la proporción de 1:1/4.**

ABSTRACT

EFFECT OF WATERPROOFING AND SLOPE ON VERTISOL'S  
MOISTURE CONTENT UNDER SEMIARID CONDITIONS

By

CECILIO ESCAREÑO RODRÍGUEZ

MASTER OF SCIENCE

IRRIGATION AND DRAINAGE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNE 1997

Dr. Juan Francisco Plissani Zúñiga -Advisor-

**Key words:** waterproofing, slope, soil moisture, runoff area, cropping area,  
Triticum vulgare. L., wheat.

The present study was carried out wheat to observe the effect of six waterproofing treatments (soil compaction, wax, soda ash, bentonite, Asfaleno, and burned oil) with three different rates of runoff area to cropping area (1:1, 1:1/2, 1:1/4) and three different slopes to runoff area (8,

5 & 3 percent); on rain water harvesting through soil profile, that afterwards will be used by wheat plant and avoid moisture stress.

Moisture content was evaluated, In three different soil depths (0-20, 20-50, 50-90 cm) to cropping area. Grain yield and grain plus straw yield were also evaluated.

The results showed a significant difference in yield among runoff area rates to cropping area, being the best 1:14.

## INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS .....	xi
INDICE DE FIGURAS .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>Importancia</b> .....	1
<b>Justificación</b> .....	2
<b>Objetivo</b> .....	2
REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
<b>Origen de la Cosecha de Agua de Lluvia</b> .....	3
<b>El Factor Precipitación en la Cosecha de Agua</b> .....	3
<b>Tratamientos al Suelo para Inducir el Escurrimiento</b> .....	5
<b>Uso de Microcuencas para la Cosecha de Agua de Lluvia</b> .....	11
MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
<b>Características Generales de la Región</b> .....	13
<b>Caracterización del Suelo del Sitio Experimental</b> .....	14
<b>Área de la Parcela de Estudio</b> .....	17
<b>Descripción de los Materiales Impermeabilizantes Aplicados</b> ----- <b>en la Superficie del Suelo</b> .....	18
<b>Mediciones del Contenido de Humedad en el Suelo</b> .....	21
<b>Obtención de los Datos de Producción</b> .....	24

<b>RESULTADOS</b> .....	25
<b>DISCUSIÓN</b> .....	37
<b>CONCLUSIONES</b> .....	41
<b>RESUMEN</b> .....	42
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	43
<b>APÉNDICE A</b> .....	46
<b>APÉNDICE B</b> .....	49

## ÍNDICE DE CUADROS

PAGINA

### CUADRO

<b>3.1</b>	<b>Registro de las precipitaciones medias mensuales en la estación meteorológica del Campo Experimental de San José, García, N.L. 1976-1977. ....</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>Características físicas y químicas de diferentes profundidades del suelo donde se desarrolló el experimento, en el ciclo agrícola 1976-77 (invierno) en el Campo Experimental de San José, García, N.L. propiedad de la F.A.U.N.L. ....</b>	<b>16</b>
<b>4.1</b>	<b>Registro del contenido de humedad en base a peso, 26 de Septiembre, 1976. ....</b>	<b>26</b>
<b>4.2</b>	<b>Registro del contenido de humedad en base a peso, 12 de Octubre, 1976. ....</b>	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>Registro del contenido de humedad en base a peso, 20 de Octubre, 1976. ....</b>	<b>28</b>
<b>4.4</b>	<b>Registro del contenido de humedad en base a peso, 22 de Octubre, 1976. ....</b>	<b>29</b>

4.5	Registro del contenido de humedad en base a peso, 25 de Octubre, 1976. ....	30
4.6	Registro del contenido de humedad en base a peso, 9 de Enero, 1977. ....	31
4.7	Registro del contenido de humedad en base a peso, 19 de Febrero, 1977. ....	32
4.8	Registro del contenido de humedad en base a peso, 5 de Marzo, 1977. ....	33
4.9	Registro del contenido de humedad en base a peso, 20 de Marzo, 1977. ....	34
4.10	Rendimiento de grano de trigo en kg/ha. ....	35
4.11	Análisis de varianza de rendimiento de grano en kg/ha contra tratamientos. ....	36
4.12	Comparación de medias de proporciones por el método de Duncan. ....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
3.1	Distribución de las parcelas experimentales y descripción de perfiles .....	19
3.2	Estructuras de escurrimiento que se construyeron para el estudio de la pendiente, proporción e impermeabilizantes en un suelo de condiciones de semi-desierto en el Campo Experimental San José García, N.L. en el año de 1976-77 .....	22
3.3	Curva de calibración del aparato de resistencia eléctrica Delm-Frost .....	23
5.1	Variación del contenido de humedad promedio en el perfil del suelo para la proporción 1:1 área de escurrimiento a área de cultivo .....	38
5.2	Variación del contenido de humedad promedio en el perfil del suelo para la proporción 1:1/2 área de escurrimiento a área de cultivo .....	39
5.3	Variación del contenido de humedad promedio en el perfil del suelo para la proporción 1:1/4 área de escurrimiento a área de cultivo .....	40

## INTRODUCCIÓN

### Importancia

El agua, es uno de los elementos más importantes, ya que es vital para la supervivencia de la flora y de la fauna de nuestro planeta, es sin duda alguna el principal factor limitante que existe en las zonas áridas y semiáridas del mundo. La escasez de agua impide el establecimiento y desarrollo de nuevas fuentes de producción y trabajo, tan necesarios para satisfacer las demandas, para así tener un pleno desarrollo en todos los aspectos de la vida.

México, cuenta con regiones áridas y semiáridas en una superficie aproximada de 56.7 millones de hectáreas, en donde habitan alrededor de 18 ó 20 millones de mexicanos Velasco Molina (1991). Por lo tanto, la importancia de lucha por crear técnicas apropiadas para la explotación de los recursos naturales de estas regiones del país.

Una de las principales causas por las que se presenta esta situación es debido a las bajas precipitaciones que van desde 250 mm en zonas áridas, y de 300 a 600 mm en zonas semiáridas. Existen otros problemas que disminuyen aún más su eficiente aprovechabilidad, tales como:

- a) Áreas con suelos de mala calidad.
- b) Pérdida del agua por evaporación.
- c) Pérdida del agua por escurrimiento en sus diferentes formas.
- d) Pérdida del agua por infiltración hacia las capas profundas del subsuelo.

## Justificación

En general, las pérdidas de agua por escurrimiento e infiltración son mayores que las causadas por evaporación de agua del suelo bajo ciertas circunstancias; sin embargo, el agua que puede mejorarse más fácilmente, es aquella que se pierde por escurrimiento, mediante diversas técnicas, ésta puede ser conducida y almacenada en el lugar que más convenga; ello se puede lograr haciendo uso de la tecnología moderna, en el aspecto de cosechar el agua de lluvia y conducirla a las parcelas de cultivo, o almacenándola en alguna cisterna o depósito para consumo humano y pecuario Martínez y Maldonado (1971) y Velasco Molina (1991).

El agua de escurrimiento, también puede ser conducida y almacenada en el perfil del suelo, en el lugar mismo donde se sembrará un cultivo o donde ya existe, con el propósito de suministrar suficiente agua para satisfacer las necesidades del cultivo.

En la actualidad se están desarrollando y probando diferentes técnicas y materiales para incrementar el escurrimiento en el suelo, para así poder llevar el agua captada hasta el área de cultivo y almacenar la humedad en la zona radicular de mayor actividad Gavande (1972) y Velasco Molina (1991).

## Objetivos

El principal objetivo de esta investigación es incrementar la eficiencia de los escurrimientos pluviales lo cual puede representar nuevas fuentes de agua de bajo costo y buena calidad, con la tendencia de satisfacer las demandas hídricas en la agricultura de zonas áridas.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen de la Cosecha de Agua de Lluvia

Myers, et al. (1967) describen sistemas de cosecha de agua de lluvia en el desierto de Negev (Israel), que se considera datan de hace 4,000 años. Estos sistemas involucran claramente las pendientes suaves del suelo para incrementar el escurrimiento, y entonces construir diques en contorno, para coleccionar el agua y llevarla a parcelas de cultivo más bajas donde el agua puede ser utilizada para riego.

En algunos países del mundo las cisternas y los barriles para almacenar la caída del agua de los techos fue y sigue siendo usado por muchas familias; sin embargo, en algunas partes, estas viejas prácticas han desaparecido de uso debido al desarrollo de la agricultura moderna y los sistemas municipales de proporcionar agua a los habitantes de las ciudades.

Sin embargo, hay un interés nacional por el desarrollo de la urgente necesidad de abastecerse de agua; y en muchas regiones la precipitación y su recolección es el único método de abastecimiento.

### El Factor Precipitación en la Cosecha de Agua

La precipitación se puede definir como el fenómeno de la caída de agua de las nubes, en forma líquida o sólida (Lorente, 1961).

Respecto a la lluvia en el Estado de Nuevo León, Rojas (1965) indica que la sequía aumenta de Sureste a Noroeste y de Oriente a Poniente, presentándose una zona semiárida en el Sureste y parte Centro-Oriental, así también se forma una zona árida hacia el Norte y Suroeste del Estado. Finalmente se observa una zona muy árida en el Noroeste, especialmente en los Municipios de Mina y García, N.L. (lugar donde se estableció el presente experimento).

La irregularidad de las lluvias es otro aspecto importante de las zonas áridas, pues no solamente hay irregularidad entre los años, sino que también entre los meses. La lluvia se puede definir como la precipitación en forma de gotas de agua, de un diámetro mayor de 0.5 mm que cae en el aire en calma a una velocidad mayor de 3 m/seg (Lorente, 1961).

La distribución de la precipitación en la parte Centro-Oriental es en dos épocas bien marcadas; las lluvias del principio de la primavera que son del tipo torrencial, aisladas, de carácter convectivo y orográfico; y las de fines del verano y otoño, que ocurren en los meses de septiembre, octubre y parte de noviembre, son en forma de lloviznas producidas por mezclas de aire frío que soplan del Norte y Noroeste, particularmente cuando hay ciclones en la costa del Golfo de México.

En el altiplano de la entidad (Estado de Nuevo León) situado hacia el Oeste, Suroeste y Sur; la época de mayor precipitación es durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, presentándose la mayor sequía en los meses invernales de diciembre, enero y febrero. Esta característica es importante, porque ocurre en forma semejante en otras zonas áridas de la parte central de la República Mexicana (Rojas, 1965).

## Tratamientos al Suelo para Inducir el Esgurrimiento

Se ha investigado mucho acerca de materiales físicos y químicos, los cuales aplicados a la superficie del suelo nos incrementan el escurrimiento, los materiales han sido sustancias hidrofóbicas, dispersantes de suelo y capas de polietileno o asfalto principalmente.

En una superficie libre de asperezas es mucho más fácil proporcionar y aumentar el escurrimiento del agua de lluvia; en un trabajo de Hillel, et al. (1967), estudiaron que en el suelo permeable de textura migajón arcillosa y de 4 por ciento de pendiente, limpiaron y pulieron una área pequeña del terreno, logrando incrementar el escurrimiento en 21 por ciento con una precipitación de 195 mm durante el invierno de 1965-66. Por otro lado, el suelo en su estado natural, es decir, no limpio ni pulido, ellos midieron un 5 por ciento solamente de escurrimiento; esto también se hizo en la misma época.

Myers (1967a), hizo un trabajo similar al anterior con un suelo de textura migajón-arenosa, cerca de Phoenix, Arizona y demostró que el aclareo y el pulimiento de la superficie del suelo incrementaban el escurrimiento hasta un 35 por ciento, en cambio en el área no tratada el escurrimiento fue de un 20 por ciento. Hay que mencionar que los dos lugares tenían una pendiente de 5 por ciento.

Todos los resultados anteriores nos indican que si el suelo no es excesivamente permeable se puede obtener una cantidad de escurrimiento del agua de lluvia en la superficie de los suelos aclareados y pulidos. Se puede pensar que este es el método más económico de captar agua en grandes superficies de terreno que no sean excesivamente erosionables.

En otro trabajo de Myers, et al. (1967a), estudiaron la efectividad de las aplicaciones de asfalto en cuencas de captación para cosecha de agua de escurrimiento. Ellos en su experimento aplicaron clases de asfalto residual derivado de la destilación del asfalto a base de petróleo, el cual fue clasificado como no tóxico.

Las aplicaciones se hicieron en cuencas de captación en diferentes sitios y con diferentes clases de suelos, entre los cuales se encontraban suelos de textura arcillosa, migajón-arcillosa, arenosos y arcillo-arenosos.

Las cuencas de captación fueron trabajadas antes de hacer las aplicaciones de asfalto; primero fueron desprovistas de vegetación y luego se les aplicó un material esterilizante llamado Polyborclorato en forma de aspersión. Posteriormente y mediante estudios de laboratorio, encontraron que la humedad del suelo, así como la uniformidad de aplicación, afectaban la penetración del asfalto en el suelo. A medida que el contenido de humedad es mayor, la penetración del asfalto disminuye y es más uniforme cuando más uniforme es la aplicación.

Myers, et al. (1967a) uniendo los resultados de laboratorio y campo concluyeron lo siguiente:

- a. Pueden ser construidos pavimentos de asfalto razonablemente fuertes y en gran variedad de sitios y condiciones.
- b. Las características de construcción y sus propiedades, hacen que el 100 por ciento de la precipitación que cae sobre él, escurra.

- c. La penetración del asfalto en el suelo y la unión de las partículas del suelo, están en función de la composición química del suelo, composición química del asfalto, de la estructura del suelo y de la humedad del mismo.
- d. El agua que escurre sobre la superficie del asfalto, es generalmente coloreada por los productos de oxidación del asfalto, sobre todo en regiones de alta radiación solar y baja precipitación.

Chinn (1965) en Hawaii, aplicó asfalto cementante para cubrir una cuenca de captación de agua de escurrimiento de 1,573.72 m<sup>2</sup> de forma oval y con una pendiente de 7 por ciento. Antes de la aplicación del asfalto fue desmontada, alisada y compactada utilizando un Bulldozer.

El asfalto fue aplicado en forma líquida. Las membranas de asfalto para su aplicación fueron calentadas a una temperatura de 190.5 a 218.3°C; luego fueron aplicadas a la superficie del suelo en rangos de 4.5 a 18 litros y de 4.62 a 18.4 kg/m<sup>2</sup>, cubriendo la superficie con una capa aproximada de 1.27 cm.

Después de instalado el asfalto, no se le proporcionó mantenimiento y con el tiempo se fue agrietando y deteriorando por las plantas que crecieron a través de la capa. Los porcentajes de escurrimiento del agua de lluvia fueron de 93 por ciento en 1959 y de 78 por ciento en 1971.

Fallas en lo que se refiere a grietas en el espesor de las membranas, fueron asociadas con el uso del suelo compactado. Concluyendo que la preferencia de estas membranas de asfalto cementante no eran justificadas para los altos costos de construcción. Pruebas efectuadas con anterioridad por los mismos investigadores en el laboratorio, demostraron que las membranas de

asfalto puestas sobre superficies de suelo arenoso alisadas y con 489 gr/m<sup>2</sup> de asfalto, se encontraban en buenas condiciones después de dos años de estar en la intemperie.

Algunos trabajos de suelos tratados con sales químicas dispersantes, han efectuado Cluff y Dutt (1966) con el fin de incrementar el escurrimiento por unidad de superficie. Ellos pensaron que por medio de las sales dispersantes en el suelo se consigue reducir la infiltración del agua a través de éste. Para ello, estos investigadores aplicaron NaCl, en dos sitios (uno con y otro sin NaCl) de 4,000 m<sup>2</sup> cada uno, el primero fue tratado con cloruro de sodio en cantidad suficiente para elevar al 15 por ciento el contenido de sodio absorbible; al cabo de siete precipitaciones que produjeron 74 mm de lluvia, obtuvieron en el lote tratado un escurrimiento de 10.3 por ciento, en tanto que en el lote no tratado el escurrimiento fue de 0.4 por ciento. Es decir, el volumen de escurrimiento aumentó 25 veces debido al empleo del cloruro de sodio. Es importante mencionar que la sal fue aplicada al suelo sin haber quitado la vegetación natural propia del área de 200 mm de precipitación pluvial, cerca de Tucson, Arizona.

Cabe señalar algunos comentarios que el Dr. Cluff hizo en el simposium de manejo de cuencas celebrado en Saltillo, Coahuila del 3-8 de marzo de 1975. El explicó que la concentración de sales en el suelo al principio del experimento era de 800 ppm y que después de dos chubascos la concentración bajó hasta 200 ppm, concluyendo con esto que no ha habido daño causado a las plantas del cultivo que han sido regadas con agua captada en la zona de escurrimiento.

En Israel, Hillel, et al. (1967) han estudiado y obtenido de un 70 por ciento de escurrimiento en terrenos a los cuales se les aplicó carbonato de sodio en una solución al 10 por ciento a razón de 45 kg./ha asperjando sobre pequeñas

áreas aclaradas y pulidas en un suelo de textura de migajón-arenosa. Hay que señalar en este caso que la erosión fue de  $2.9 \text{ kg/m}^2$ .

El mismo experimento fue hecho por Myers, et al. (1967b) en Arizona, ellos obtuvieron también un 70 por ciento de escurrimiento, en una superficie de  $186 \text{ m}^2$  en un suelo de textura de migajón-arenoso tratado con 45 kg de carbonato de sodio por hectárea en solución acuosa aplicada por aspersión. La erosión producida fue de  $12 \text{ kg./m}^2$ , en los dos casos la erosión fue muy elevada y el tratamiento aplicado tuvo una efectividad de un año.

Reginato, et al. (1968) han investigado utilizando también carbonato de sodio para disminuir las pérdidas por infiltración en pequeños estanques de almacenamiento de agua de escurrimiento.

Esta sal la han probado en suelos calcáreos con arcillas minerales del grupo Montemorrillonita. Los requisitos mínimos necesarios para obtener resultados positivos con este método son:

- a. Debe haber una capa de suelo de 12 pulgadas por lo menos, sobre un estrato de arena, grava o roca porosa.
- b. El contenido mínimo de arcilla del suelo debe ser 15 por ciento.
- c. La capacidad total de intercambio debe ser mayor de 15 miliequivalentes por 100 g de suelo.

Existe una fórmula que permite calcular en libras la cantidad necesaria de carbonato de sodio para cada caso:

$$\text{Lbs. de Na}_2\text{CO}_3 = 0.004 D \times A \times (0.15 \text{ CTI} - \text{SI})$$

Donde:

D = La profundidad en pulgadas, del suelo en cuestión.

A = La superficie en pies cuadrados

CTI = Representa la capacidad total de intercambio en miliequivalentes por 100g. de suelo.

SI = Contenido de sodio intercambiable en miliequivalentes por 100 g. de suelo.

Reginato, et al. (1968) recomiendan continuar las investigaciones con sales dispersantes ya que ofrecen muchas posibilidades de trabajo y presentan incógnitas que resolver, tales como la durabilidad de los tratamientos, el efecto de los diferentes tipos de sales y su dosificación, así también estudiar la erosionabilidad de las áreas tratadas.

El agua de lluvia puede ser captada y conducida a áreas de cultivos por ejemplo en un trabajo de Aldon y Springfield (1975) en Nuevo México, en el año de 1973, se probó el uso de la parafina y el polietileno para recubrir la superficie del suelo y así obtener escurrimientos del agua de lluvia la cual servía para el crecimiento de arbustos en una zona árida.

Se instalaron bloques de yeso calibrados previamente a unas profundidades de 3, 6 y 12 pulgadas (7.62, 15.24 y 30.48 cm) y fueron leídos semanalmente durante todo el experimento, para evaluar la humedad del suelo.

Las lecturas de la humedad del suelo, explicaron parcialmente que hubo diferencia en el vigor de las plantas que sirvieron como factor biótico (Atriplex

canescens). Por ejemplo, en los tratamientos con parafina dio un 20 por ciento de más humedad en promedio que los tratamientos testigos (sin parafina).

Al final de la estación de crecimiento, la humedad del suelo se agotó pero había ligeramente más humedad bajo la parafina. Finalmente concluyeron lo siguiente:

Los sistemas de parafina y polietileno fueron igualmente efectivos en la cosecha de agua de pequeñas tormentas (11.4 mm). Se obtuvo un poco más de 3/4 de pulgada de agua, comparada con las cuencas no tratadas durante la temporada de lluvia del verano en un lugar típicamente semiárido.

1/2 Lbs/pie<sup>2</sup> de parafina rindió tanta agua como los altos porcentajes usados de parafina (3/4 y 1.0 Lbs/pie<sup>2</sup>).

Finalmente se concluyó que los arbustos de Atriplex sp. que se sembraron, tuvieron mayor crecimiento durante los incrementos de humedad en las microcuencas tratadas (Aldon y Springfield, 1975).

#### Uso de microcuencas para la cosecha de agua de lluvia

La cosecha de agua de lluvia usando microcuencas, se ha utilizado para incrementar la producción de cultivos en zonas áridas; durante varias décadas se ha desarrollado una considerable cantidad de investigación (Evenari et al., 1971; Rawitz y Hillel, 1975; Pareek, 1977; Ehrler et al., 1978; Yadav et al., 1980; Sharma et al., 1986; Gupta et al., 1993; Brayan, R.B. 1994; Swatantra, S.D. 1994; Atar-Singh et al., 1994).

Actualmente, las diferentes técnicas de cosechar agua de lluvia se practican en países como: Africa del Norte, Afganistán, Australia, India, Israel, México y Pakistán (Sharma, et al., 1986).

Dichas técnicas tratan de elevar el rendimiento de algunos cultivos como trigo, cebada, maíz, sorgo, mostaza, girasol, algodón, chiles, vid, neem, pistacho y jojoba (Atar-Singh et al., 1994 y Gupta, et al., 1993; Sharma, et al., 1986; Carmona y Velasco, 1988).

Boers (1994) en una de sus publicaciones concluye que en las zonas áridas y semiáridas el escurrimiento de pequeñas áreas llamadas microcuencas, ésta es una importante fuente de agua; en la cual se puede establecer un cultivo de árboles (huerta) que crecen y se desarrollan bien.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características Generales de la Región

El presente estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental "San José" del Municipio de Villa de García, N.L. propiedad de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

Se encuentra localizado geográficamente a los 25°48' latitud norte y 100°28' longitud oeste del meridiano de Greenwich, y a una altura de 610 msnm.

Con una precipitación pluvial promedio de 300 mm anuales y una temperatura media anual de 19°C. Las precipitaciones registradas durante el experimento se presentan en el Cuadro 3.1.

El clima dominante en el Municipio se considera cálido, con inviernos extremos; colinda con los Municipios de Mina, Hidalgo, Gral. Escobedo, Monterrey, Santiago y con el Estado de Coahuila al Oeste.

Lo atraviesan las vías del ferrocarril que va de Monterrey-Piedras Negras y a Saltillo, Coahuila.

CUADRO 3.1. Registro de las precipitaciones medias mensuales en la Estación Meteorológica del Campo Experimental de San José, Villa de García, N.L. 1976-1977.

AÑO-MES	Precipitación pluvial (mm)
1976 Septiembre	92.20
1976 Octubre	44.30
1976 Noviembre	147.00
1976 Diciembre	0.00
1977 Enero	14.00
1977 Febrero	15.40
1977 Marzo	1.00
1977 Abril	7.40
1977 Mayo	<u>19.80</u>
	Total: 341.1

### Caracterización del Suelo del Sitio Experimental

Con anterioridad a la fecha de siembra, se efectuó un muestreo del suelo y sub-suelo donde se estableció el experimento, con el fin de conocer sus características físicas y químicas. La forma de muestras se hizo utilizando una barrena a las profundidades de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 y 100-120 cm. las cuales fueron secadas al aire libre, tamizadas y analizadas en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.; las determinaciones efectuadas se reportan en el Cuadro 3.2.

Como se puede observar en el Cuadro 3.2 el color del suelo varía en las diferentes profundidades de muestreo a varios tonos de color café.

El pH del suelo se considera alcalino; la textura va de migajón arcilloso-limoso a migajón arcilloso en las diferentes profundidades. Esto es lógico porque este suelo es de aluvión, cerca de los márgenes del Río Pesquería.

La materia orgánica oscila entre mediano a extremadamente pobre, y el contenido de nitrógeno total va de pobre a extremadamente pobre.

El contenido de fósforo se considera muy rico y el de potasio va desde extremadamente rico a mediano según es la profundidad del suelo. Por último, el contenido de sales solubles del extracto de saturación del suelo se considera no salino a todas las profundidades de muestreo.

**Cuadro 3.2. Características físicas y químicas de diferentes profundidades del suelo donde se desarrolló el experimento, en el ciclo agrícola 1976-77 (invierno) en el Campo Experimental de San José de García, N.L. propiedad de la F.A.U.A.N.L.**

DETERMINACIONES	PROFUNDIDAD Y CLASIFICACIÓN AGRONÓMICA				
	0 - 20 cm.		20 - 40 cm.		
Color seco	10yR 6/3	café pálido	10yR 6/3	café pálido	
Color húmedo	10yR 4/3	café oscuro	10yR 4/3	café oscuro	
pH	7.9	medianamente alcalino	8.2	medianamente alcalino	
Textura	Arena %	14	migajón arcillo-limoso	14	migajón arcillo-limoso
	Limo %	50		50	
	Arcilla %	36		36	
Materia Orgánica %	1.7	mediano	1.4	mediano	
Nitrógeno Total %	0.08	pobre	0.06	pobre	
Fósforo kg./ha (Peach y English)	106	muy rico	112	muy rico	
Potasio Aprovechable (kg./ha)	487	extremadamente rico	1462	extremadamente rico	
Sales Solubles (milimhos/cm. a 25°C)	1.7	no salino	0.9	no salino	
	40-60 cm		60-80 cm		
Color seco	10yR 5/3	Café	10yR 6/4	Café amarillento claro	
Color Húmedo	10yR 4/3	Café oscuro	10yR 3/4	Café amarillento oscuro	
pH	8.3	Medianamente alcalino	8.3	Medianamente alcalino	
Textura	Arena %	26	Migajón	28	Migajón
	Limo %	42	Arcilloso	40	Arcilloso
	Arcilla %	32		32	
Materia Orgánica %	1.0	Mediano	0.5	Pobre	
Nitrógeno Total %	0.05	Pobre	0.02	Extremadamente pobre	
Fósforo kg./ha. (Peach y English)	106	Muy rico	73	Medianamente rico	
Potasio Aprovechable (kg./ha)	487	Extremadamente rico	731	Extremadamente rico	
Sales Solubles (milimhos/cm. a 25°C)	0.6	No salino	0.7	No salino	

Cuadro 32..... Continuación

DETERMINACIONES	PROFUNDIDAD Y CLASIFICACIÓN AGRONÓMICA				
	80 - 100 cm.		100 - 120 cm.		
Color Seco	10yR 6/4	Café amarillento claro	10yR 5/4	Café amarillento	
Color Húmedo	10yR 3/4	Café amarillento oscuro	10yR 4/4	Café amarillento oscuro	
pH	8.3	Medianamente alcalino	8.4	Fuertemente alcalino	
Textura	Arena %	28	Migajón	42	Migajón
	Limo %	40	Arcilloso	30	Arcilloso
	Arcilla %	32		28	
Materia Orgánica %	0.8	Pobre	0.2	Extremadamente pobre	
Nitrógeno Total %	0.04	Extremadamente pobre	0.02	Extremadamente pobre	
Fósforo kg./ha (Peach y English)	78	Medianamente rico	106	Muy rico	
Potasio Aprovechable (kg./ha)	487	Extremadamente rico	244	Mediano	
Sales Solubles (milimoho/cm. a 25°C)	1.1	No salino	0.7	No salino	

### Área de la Parcela de Estudio

El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques al azar con tres repeticiones en arreglo de parcelas divididas en donde la parcela principal se formó por las proporciones de Área de Escurrimiento a Área de Captación, en este factor se probaron tres niveles: 1:1, 1:1/2, 1:1/4. La subparcela se consideró a los impermeabilizantes. Como factor de estudio, en este se probaron seis impermeabilizantes, los cuales fueron aplicados en la superficie del suelo con el fin de incrementar el escurrimiento del agua de lluvia; dichos tratamientos fueron los siguientes: parafina, ceniza de sosa, compactación, asfaleno, aceite quemado, bentonita. Además se probaron tres diferentes pendientes: 8, 5 y 3 por ciento.

En la Figura 3.1 se observa la distribución de todos y cada uno de los tratamientos estudiados, así como la caracterización del perfil del suelo.

Descripción de los materiales impermeabilizantes  
aplicados en la Superficie del suelo

- a. Parafina.- Producto derivado del petróleo el cual sella todos los poros de la superficie del suelo, incrementando de esta manera el escurrimiento del agua de lluvia. Se aplicó a una dosis de  $1.117 \text{ kg/m}^2$ .
- b. Ceniza de sosa. Químicamente es el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (Carbonato de Sodio Anhidro). Comercialmente es un polvo blanco grisáceo que contiene aproximadamente 99 por ciento de Carbonato de Sodio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , el cual es soluble en agua, insoluble en alcohol, no combustible y no tóxico.

Grados de Presentación: 58 por ciento ligera, 50 por ciento densa, extraligera y natural refinada.

- 
- 
- Los iones de  $\text{Na}^+$  son los causantes de la desintegración de los coloides minerales y orgánicos del suelo; al ocurrir este fenómeno se sellan los poros del suelo facilitando de esta forma el escurrimiento del agua superficial del suelo, la cual cae en forma de lluvia. Se usó una dosis de  $40 \text{ g/m}^2$ , diluyéndola previamente en agua y aplicándola en una superficie de  $16 \text{ m}^2$  de suelo.

- 
- 
- 
- c. Compactación.- Este tratamiento consistió simplemente en limpiar, pulir y luego compactar con un rodillo que pesa aproximadamente 300 kg.

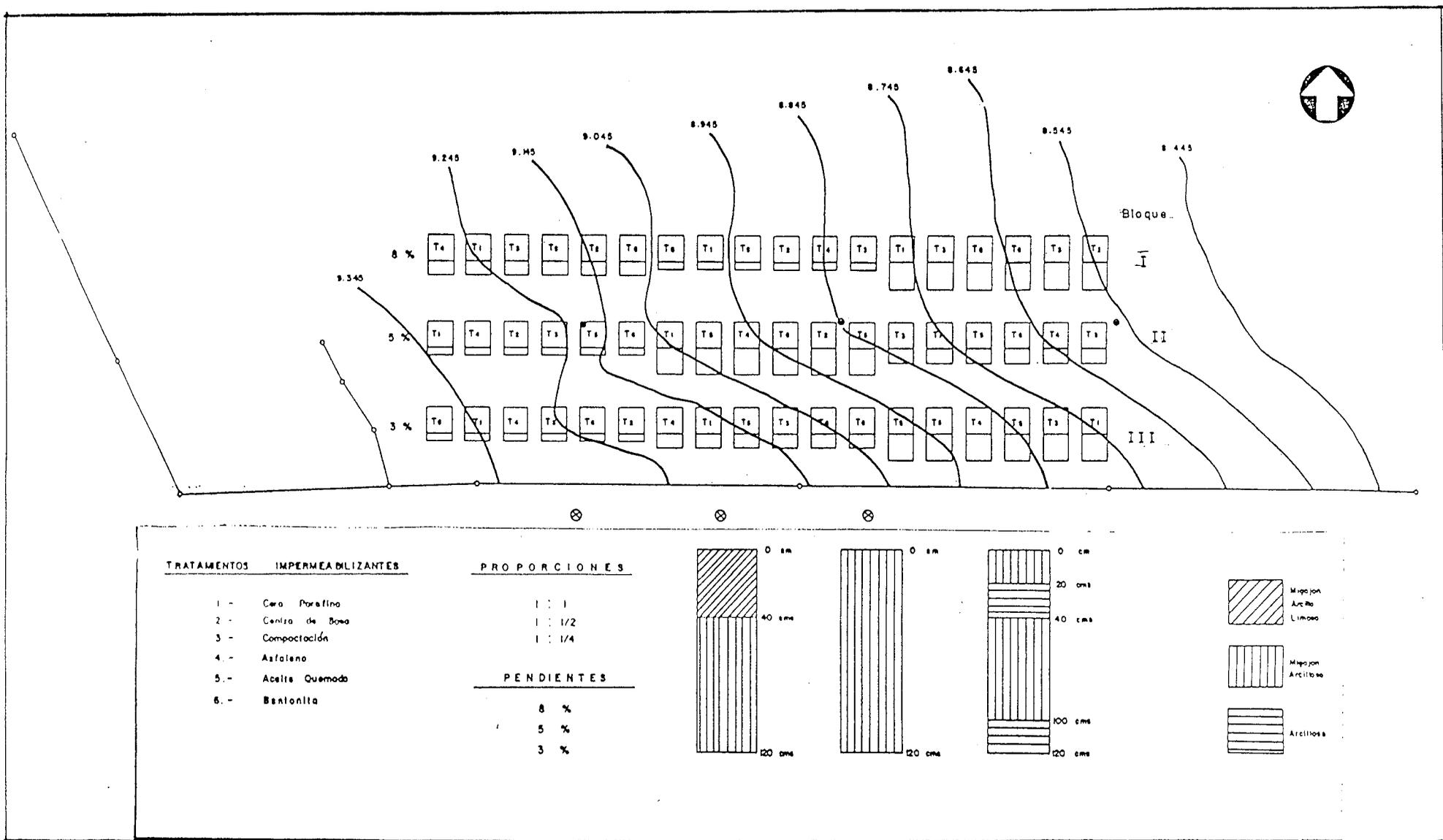


FIGURA 3.1 DISTRIBUCION DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES Y DESCRIPCION DE PERFILES .

- d. **Asfaleno.**- Este material es una mezcla de plástico y asfalto que lo fabrica Petróleos Mexicanos, se vende en rollos de 90 cm de ancho con un grueso de 10-12 R.P.P., de color negro, el cual se sujetó a la superficie del suelo para incrementar el escurrimiento.
- e. **Aceite quemado.**- Es el aceite automotriz quemado, el cual se aplicó para hidrofobizar la superficie del suelo a una dosis de 200 ml/m<sup>2</sup> en una superficie de 16 m<sup>2</sup> que medía el área de escurrimiento.
- f. **Bentonita.**- Es una arcilla hidrofílica que se hincha al absorber el agua. Se encuentra en depósitos naturales de diversas variedades y grados de pureza. La bentonita, en forma de polvo, absorberá agua hasta seis veces el valor de su peso seco y consecuentemente se expandirá hasta 15 veces su volumen seco. La masa expandida es entonces como un gel, una sustancia estructural inestable, pero que cuando se mezcla con un suelo poroso como la arena puede producir una membrana estructuralmente estable que al humedecerse se vuelve una capa casi impermeable, debido a la expansión de la bentonita que cierra los espacios vacíos entre los granos de arena.

La bentonita menos activa (tipo cálcico), se expande relativamente poco al humedecerse, pero puede transformarse a forma activa (sódica). Este proceso, sin embargo, es reversible y en consecuencia en suelo calcáreo la bentonita activa puede degradarse hacia la forma inactiva y perder así sus propiedades impermeabilizantes (Zimmerman, 1970).

En este trabajo se utilizó una dosis de 6.5 kg/m<sup>2</sup> mezclándose con la superficie del suelo en una área de 16 m<sup>2</sup> de escurrimiento.

Se construyeron unas estructuras en el suelo que tuvieron la proporción área de escurrimiento, área de cultivo indicados según cada tratamiento con su respectivo impermeabilizante. Esto se puede observar en la Figura 3.2.

#### Mediciones del Contenido de Humedad en el Suelo

Con la finalidad de llevar un historial de la humedad del suelo durante el desarrollo del cultivo de trigo variedad Nadadores, el cual se sembró el día 15 de diciembre de 1976 y que se cosechó el día 15 de mayo de 1977; se hicieron mediciones del contenido de humedad usando bloques de yeso, los cuales fueron instalados a tres profundidades: 20, 50 y 90 cm por parcela.

Las mediciones de la resistencia eléctrica se realizaron por medio de un aparato Delm-Frost, en la Figura 3.2 se muestra esquemáticamente como quedaron instalados los bloques de yeso y, en la Figura 3.3 se muestra la curva de calibración obtenida mediante ensayos de laboratorio, el coeficiente de determinación obtenido fue 61.72 por ciento. En el Apartado "A" del Apéndice se muestra la secuencia del cálculo para la obtención de esta curva.

Las fechas en que se realizaron muestras de la humedad del suelo fueron: 26 septiembre/76, 12 octubre/76, 20 octubre/76, 25 octubre/76, 9 enero/77, 5 marzo/77, 20 marzo/77. La falta de periodicidad en los muestreos se debió a la inaccesibilidad del sitio experimental, sobre todo después de una lluvia fuerte por las condiciones de los caminos de terracería.

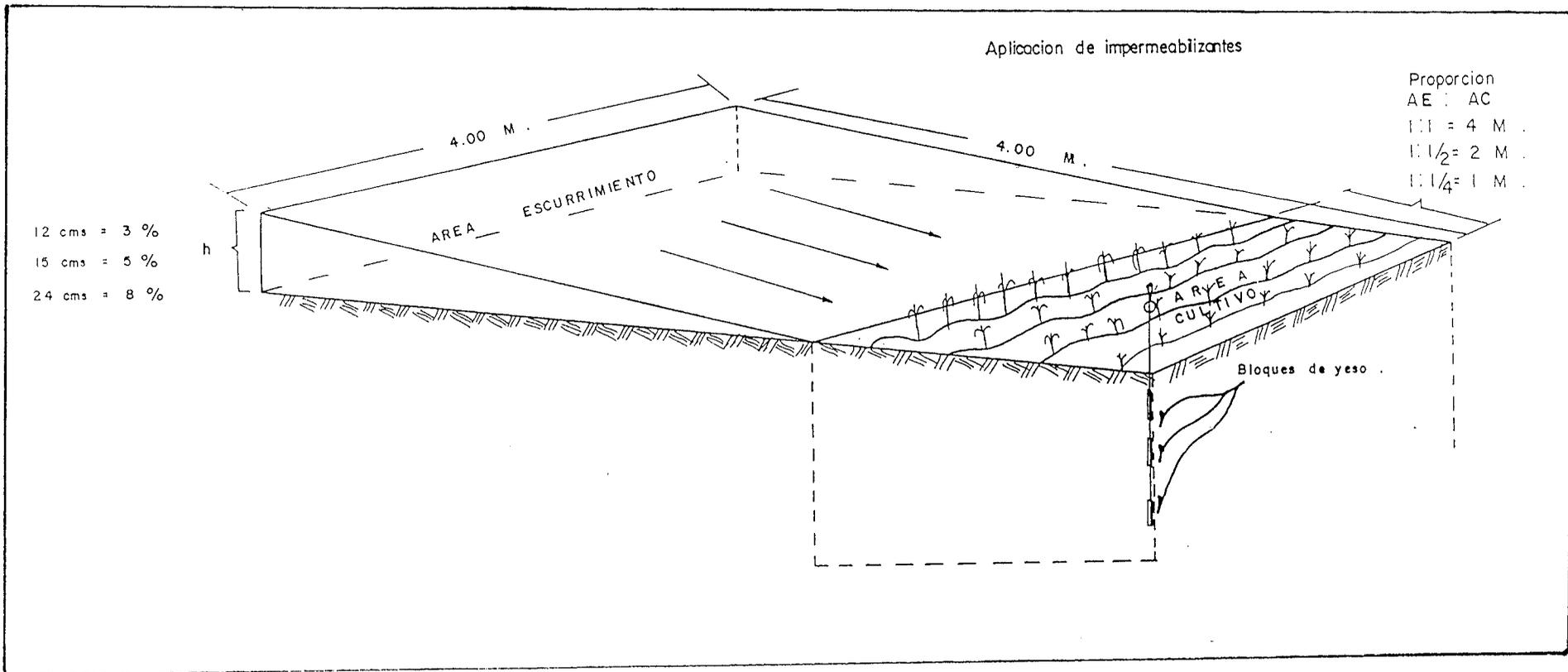


FIG. 3.2 ESTRUCTURAS DE ESCURRIMIENTO QUE SE CONSTRUYERON PARA EL ESTUDIO DE LA PENDIENTE, PROPORCION E IMPERMEABILIZANTES EN UN SUELO DE CONDICIONES DE SEMI-DESIERTO EN EL CAMPO EXPERIMENTAL SAN JOSE VILLA DE GARCIA, N.L. EN EL AÑO DE 1976 — 77,

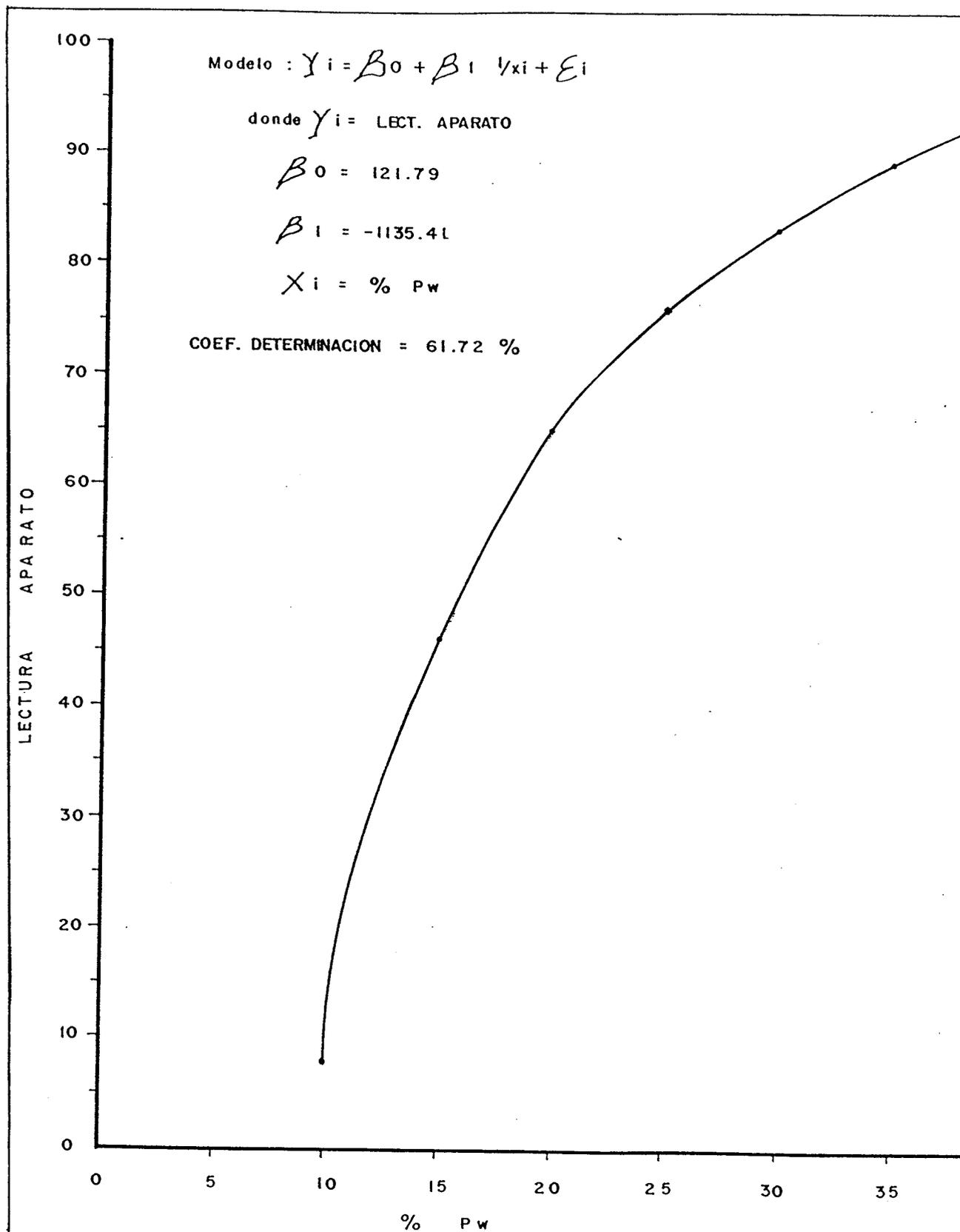


FIG. 3.3. CURVA DE CALIBRACION DEL APARATO DE RESISTENCIA ELECTRICA DELM - FROST.

## Obtención de los Datos de Producción

Los datos de rendimiento de grano, se tomaron considerando el área de la parcela total de tal forma que las áreas son: 16.0, 8.0 y 4.0 m<sup>2</sup> respectivamente para las proporciones 1:1, 1:1/2 y 1:1/4.

## RESULTADOS

En los Cuadros del 4.1 al 4.9 se muestran los contenidos de humedad del suelo para todos los tratamientos, correspondientes a las nueve fechas de muestreo; así como los contenidos de humedad promedio para cada profundidad de muestreo para cada una de las proporciones estudiadas.

En las Figuras 4.1, 4.2 y 4.3 se muestra la variación de los contenidos de humedad del suelo, durante el desarrollo del experimento, así como las precipitaciones medias mensuales registradas.

En el Cuadro 4.10 se muestran los rendimientos de grano en kg/ha para para todos los tratamientos.

En el Cuadro 4.11 se muestra el análisis de varianza para cada uno de los factores de estudio contra rendimiento de grano del cultivo de trigo, y en el cuadro 4.12 se observa la comparación de medias de proporciones por el método de Duncan.

Quadro 4.1 Registro del contenido de humedad en base a peso. 26 de Septiembre, 1976.

TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm		
	0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90
111	26.62	25.00	25.69	121	27.54	27.31	27.08	131	26.85	25.23	26.85
112	22.70	15.79	15.56	122	26.39	21.32	27.31	132	23.39	16.71	26.85
113	26.15	22.70	25.69	123	27.77	27.31	27.31	133	27.54	27.54	27.31
114	27.08	25.69	27.54	124	27.77	27.31	27.08	134	27.54	27.31	27.31
115	25.93	22.47	27.08	125	27.77	27.31	27.08	135	27.08	27.31	27.08
116	27.08	27.31	27.54	126	27.31	27.31	27.31	136	27.31	27.31	27.31
Σ	155.56	138.96	149.10	Σ	164.55	157.87	163.17	Σ	159.71	151.41	162.71
211	25.93	20.40	20.40	221	27.77	27.31	27.54	231	27.31	27.31	27.31
212	27.31	27.54	27.08	222	25.93	25.00	27.08	232	26.85	27.31	27.08
213	25.93	25.93	27.31	223	26.15	26.39	27.77	233	26.85	27.54	27.08
214	26.62	27.31	27.08	224	27.54	27.08	27.08	234	27.31	27.31	27.08
215	27.31	26.16	27.31	225	27.31	27.31	27.08	235	27.54	27.31	27.54
215	27.77	27.31	27.08	226	27.31	27.31	27.08	236	23.39	21.32	23.39
Σ	160.87	154.65	156.26	Σ	162.01	160.40	163.63	Σ	159.25	158.10	186.79
311	27.54	27.31	27.08	321	25.69	23.62	25.46	331	27.08	27.08	27.08
312	19.93	25.46	27.31	322	27.31	25.32	25.08	332	27.31	27.08	26.85
313	27.31	27.77	27.31	323	26.85	27.08	27.08	333	26.85	26.85	26.85
314	27.31	27.54	27.54	324	27.31	27.08	27.08	334	27.08	26.85	26.85
315	22.70	21.32	22.70	325	21.55	18.09	23.85	335	27.08	27.08	26.85
316	27.54	27.31	27.08	326	23.62	25.69	27.31	336	27.54	27.08	27.08
Σ	152.33	156.71	159.02	Σ	152.33	146.79	155.86	Σ	162.94	162.02	161.56
Σ	468.76	450.32	464.38	Σ	478.89	465.06	482.66	Σ	481.90	471.53	511.06
$\bar{X}$	26.04	25.02	25.80	$\bar{X}$	26.60	25.84	26.81	$\bar{X}$	26.77	26.20	28.39

Cuadro 4.2 Registro del contenido de humedad en base a peso, 12 de octubre, 1976

TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm		
	0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90
111	24.08	25.46	26.15	121	26.84	27.30	27.30	131	22.23	26.61	27.30
112	12.33	16.70	13.02	122	25.00	23.16	26.84	132	26.84	21.77	22.23
113	16.24	22.70	25.23	123	27.30	27.07	27.30	133	26.15	27.07	26.38
114	25.69	26.84	27.07	124	21.54	26.38	27.30	134	27.76	27.53	27.76
115	22.93	21.54	24.54	125	27.07	27.30	27.53	135	27.30	27.30	27.07
116	26.84	27.30	27.30	126	26.15	27.30	27.43	136	27.30	27.30	27.30
Σ	128.11	140.54	143.31		153.90	158.51	163.80		157.58	157.58	158.04
211	15.32	20.40	24.78	221	26.85	25.93	27.54	231	27.53	26.84	26.84
212	26.62	27.31	27.08	222	20.86	25.47	26.39	232	26.61	26.84	26.61
213	23.62	25.47	25.47	223	26.39	26.62	25.93	233	25.46	26.84	25.92
214	24.08	27.08	26.39	224	25.47	26.85	27.31	234	26.84	26.84	26.84
215	26.84	26.39	26.84	225	26.39	27.31	27.31	235	26.84	26.84	26.84
216	26.85	27.08	27.31	226	27.08	27.31	27.54	236	15.55	19.01	22.23
Σ	223.19	153.73	157.87		153.04	159.49	162.02		148.83	153.31	155.28
311	26.85	26.85	27.31	321	21.32	22.24	23.85	331	27.08	27.08	27.08
312	26.62	25.93	21.78	322	24.54	25.00	25.00	332	26.85	27.31	27.08
313	27.31	27.31	27.54	323	24.31	25.54	24.08	333	26.85	26.85	26.85
314	25.47	26.85	26.85	324	24.54	25.00	25.00	334	26.85	27.08	27.08
315	22.24	19.94	21.32	325	19.94	15.33	18.78	335	26.85	27.31	27.08
Σ	154.42	153.50	152.11		135.28	137.42	195.29		161.56	162.02	162.48
Σ	505.72	477.77	453.29		442.22	455.42	521.11		467.97	472.81	475.80
$\bar{X}$	28.09	24.88	25.18		24.57	25.30	28.95		26.00	26.27	26.43

Caudro 4.3 Registro del contenido de humedad en base a peso, 20 de Octubre, 1976.

TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm		
	0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90
111	19.01	25.46	26.16	121	15.33	26.85	27.08	131	10.26	25.0	27.08
112	8.87	15.10	19.93	122	10.26	21.32	26.39	132	23.39	22.24	22.70
113	8.41	20.63	25.00	123	23.85	26.62	27.08	133	11.18	24.54	26.85
114	14.87	25.93	26.85	124	8.87	20.86	27.08	134	10.72	26.85	27.77
115	10.72	19.01	23.85	125	20.16	26.62	27.31	135	19.01	25.00	26.62
116	11.18	27.08	27.31	126	8.41	25.00	27.31	136	24.08	26.85	27.31
Σ	73.06	133.21	149.10		86.88	147.27	162.25		98.64	150.48	158.33
211	11.18	19.01	24.54	221	24.08	11.87	27.77	231	26.85	26.85	27.08
212	16.71	26.85	26.85	222	7.95	23.85	25.93	232	24.77	26.85	26.85
213	8.87	23.62	24.54	223	16.71	25.93	25.69	233	9.80	25.00	25.69
214	11.87	26.85	26.16	224	11.87	24.54	26.85	234	26.62	27.31	27.08
215	23.62	25.93	26.85	225	15.1	26.62	27.08	235	26.39	27.08	27.31
216	21.09	26.85	27.31	226	25.93	27.08	27.08	236	8.87	14.87	21.09
Σ	93.34	149.11	156.25		101.64	139.89	160.40		123.30	147.96	155.10
311	22.47	26.85	27.08	321	11.18	21.78	25.46	331	25.93	26.85	26.85
312	21.09	25.00	20.16	322	24.08	26.39	26.85	332	26.16	26.85	26.85
313	22.24	27.31	27.08	323	16.48	25.00	25.93	333	26.62	26.85	26.85
314	11.18	25.69	26.85	324	22.24	26.85	27.08	334	25.23	26.85	27.08
315	18.78	19.93	21.09	325	10.26	14.40	18.09	335	26.85	27.31	27.08
316	8.87	16.71	27.08	326	7.49	18.32	15.79	336	21.32	25.69	26.85
Σ	104.63	141.49	149.34		91.73	132.74	139.20		152.11	160.40	161.56
Σ	271.03	423.81	454.69		280.25	419.90	461.85		374.05	458.84	474.99
$\bar{X}$	15.06	23.54	15.57		15.57	23.33	25.66		20.78	25.49	26.39

Cuadro 4.4 Registro del contenido de humedad en base a peso, 22 de Octubre, 1976

TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm		
	0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90
111	17.17	25.00	26.16	121	13.25	26.85	27.31	131	9.57	23.39	27.31
112	8.18	13.94	19.01	122	8.88	20.40	26.39	132	21.09	21.78	22.70
113	7.95	19.01	24.54	123	19.94	26.39	27.31	133	9.78	21.78	26.39
114	13.02	25.47	26.62	124	8.41	16.94	27.31	134	9.34	24.54	27.54
115	9.57	17.63	23.62	125	17.63	26.39	27.31	135	15.56	21.09	16.39
116	9.34	26.85	27.08	126	7.26	21.78	27.31	136	21.09	26.39	27.31
Σ	65.23	127.90	147.03		75.37	138.75	162.94		86.43	138.97	157.64
211	10.26	18.09	24.54	221	10.03	21.09	27.31	231	27.08	26.62	27.08
212	13.94	26.39	26.85	222	7.49	22.93	25.70	232	22.24	26.16	26.39
213	8.18	22.70	24.3°	223	14.41	25.47	25.93	233	8.88	23.39	25.70
214	10.26	26.62	26.16	224	10.26	22.24	27.08	234	26.16	27.31	27.08
215	21.32	25.93	26.85	225	13.02	26.62	27.31	235	24.77	26.85	27.08
216	17.17	26.39	27.31	226	24.77	27.08	27.31	236	8.18	18.09	20.63
Σ	81.13	146.12	156.02		94.96	145.43	160.64		117.31	148.02	153.96
311	22.47	26.85	27.31	321	9.34	20.17	25.24	331	24.31	26.85	26.85
312	17.63	24.77	19.24	322	21.78	25.47	26.85	332	25.93	26.85	26.85
313	17.86	27.31	27.31	323	13.48	23.62	25.47	333	26.39	26.39	26.62
314	9.80	24.54	26.62	324	19.24	26.62	27.31	334	23.39	26.85	26.85
315	17.17	19.47	20.63	325	9.11	13.48	18.32	335	26.39	27.31	26.62
316	7.95	13.02	27.31	326	7.03	14.41	13.02	336	18.09	24.54	26.85
Σ	92.88	135.96	148.42		79.98	164.21	136.21		168.81	158.79	160.64
Σ	239.26	409.98	451.42		250.31	448.39	459.79		372.55	446.18	472.24
$\bar{X}$	13.29	22.78	25.08		13.91	24.91	25.54		20.70	24.79	26.23

Cuadro 4.5 Registro del contenido de humedad en base a peso, Octubre 25, 1976.

TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm		
	0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90
111	17.40	24.77	25.93	121	12.10	25.93	26.85	131	8.88	19.01	27.08
112	7.95	13.48	17.86	122	7.95	19.01	25.70	132	18.55	21.78	22.70
113	7.72	17.17	23.85	123	15.33	25.00	26.39	133	8.88	17.17	25.47
114	12.10	24.77	26.39	124	7.95	12.56	26.85	134	7.95	16.94	27.08
115	8.88	15.79	22.70	125	14.87	24.54	26.85	135	11.64	14.18	25.0
116	7.95	25.70	26.85	126	6.57	15.33	26.39	136	17.63	25.93	26.85
Σ	62.00	121.68	143.27		64.77	122.37	159.03		73.53	115.01	154.18
211				221	8.18	14.64	27.54	231	26.85	26.85	26.85
212	9.80	17.63	24.08	222	7.26	20.86	25.00	232	19.01	24.54	26.39
213	11.87	25.00	26.39	223	12.33	25.00	25.47	233	7.95	19.94	25.24
214	7.49	20.17	23.62	224	8.88	16.71	26.85	234	25.93	27.31	27.31
215	9.57	26.39	26.16	225	11.17	25.70	26.85	235	20.40	25.93	27.31
216	17.63	25.93	26.85	226	20.63	25.93	26.39	236	8.18	10.26	19.01
Σ	13.94	25.42	26.85		68.45	128.74	158.10		108.32	134.83	152.11
70.30	140.54	153.95									
311				321	7.95	16.25	24.31	331	19.71	26.39	26.85
312	17.17	26.39	27.08	322	16.71	21.78	25.47	332	25.24	26.62	27.08
313	26.85	27.08	26.85	323	10.72	19.47	25.00	333	25.93	26.39	26.62
314	12.79	26.85	26.85	324	16.71	25.93	26.85	334	19.01	26.39	26.85
315	26.85	26.85	27.08	325	8.41	10.72	17.63	335	25.93	27.08	27.08
316	26.85	27.08	27.31	326	6.57	10.72	10.26	336	14.41	21.78	26.39
Σ	27.08	27.08	27.08		67.07	104.87	129.52		130.23	154.65	160.87
137.59	161.33	162.25									
Σ	269.89	423.55	459.47		200.29	356.08	446.65		312.08	404.49	467.16
$\bar{X}$	15.00	23.53	25.53		11.13	19.78	24.81		17.34	22.47	25.95

Cuadro 4.6 Registro del contenido de humedad en base a peso, 9 de Enero, 1977.

TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm		
	0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90
111	26.62	26.85	26.85	121	25.93	26.85	26.85	131	26.85	26.39	26.85
112	26.39	26.85	26.85	122	26.85	26.62	26.85	132	26.85	27.31	26.85
113	16.62	26.85	27.08	123	26.85	26.85	26.85	133	26.85	26.85	26.85
114	26.85	27.08	27.08	124	25.46	26.62	26.85	134	26.85	27.08	26.85
115	27.08	26.85	27.08	125	25.93	26.85	26.62	135	27.08	26.85	26.85
116	26.62	26.85	26.85	126	27.08	27.08	27.31	136	27.08	26.85	26.85
Σ	160.18	161.33	161.79		158.10	160.87	161.33		161.56	161.33	161.10
211	26.85	26.85	27.08	221	26.39	26.85	27.08	231	27.31	26.85	27.08
212	26.85	27.31	26.85	222	26.62	26.85	27.31	232	26.85	26.85	26.85
213	26.62	27.08	26.85	223	26.39	27.31	26.85	233	26.85	26.85	26.85
214	27.08	26.62	26.54	224	26.85	26.85	27.08	234	25.93	26.85	26.85
215	27.31	27.31	26.85	225	26.85	26.85	27.31	235	27.08	26.85	26.85
216	26.85	26.85	27.08	226	27.31	27.08	26.85	236	26.85	27.08	26.85
Σ	161.56	162.02	162.25		160.41	161.79	162.71		160.87	161.33	188.18
311	26.85	27.08	27.08	321	26.85	26.85	27.31	331	26.85	26.85	26.85
312	26.85	27.08	26.85	322	26.85	27.08	27.31	332	26.85	26.85	26.85
313	26.85	27.08	27.08	323	26.85	26.62	26.85	333	26.85	26.85	27.08
314	26.85	26.85	27.08	324	26.85	26.85	27.08	334	26.85	27.08	27.08
315	26.85	27.08	27.31	325	27.08	26.85	27.31	335	26.85	26.85	26.85
315	27.08	27.08	27.08	326	26.85	26.85	26.85	336	27.08	26.16	27.08
Σ	161.33	162.25	162.52		161.33	161.10	162.71		161.33	160.64	161.79
Σ	483.07	485.60	486.52		479.84	483.76	486.75		483.76	483.30	511.07
$\bar{X}$	26.84	26.98	27.03		26.66	26.87	27.04		26.87	26.85	28.39

Cuadro 4.7 Registro del contenido de humedad en base a peso, 19 de Febrero, 1977.

TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm		
	0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90
111	17.63	22.93	26.39	121	17.63	26.16	26.85	131	25.00	26.62	26.85
112	15.10	25.00	26.62	122	17.63	24.54	26.62	132	25.46	23.16	26.85
113	15.10	24.31	26.39	123	13.48	25.59	26.85	133	26.39	26.85	26.85
114	22.00	25.93	26.85	124	14.40	22.47	26.39	134	12.56	20.86	26.85
115	16.71	22.24	26.39	125	10.49	25.00	26.39	135	17.63	25.00	26.39
116	12.56	26.39	26.39	126	19.47	24.31	26.85	136	24.08	25.93	26.85
Σ	99.1	146.8	150.03		93.1	148.17	159.95		131.2	148.42	160.64
211	14.63	22.70	26.85	221	13.94	23.39	26.85	231	26.85	26.85	27.08
212	15.79	25.93	26.39	222	15.31	21.78	26.39	232	14.87	19.70	26.39
213	13.71	25.93	25.93	223	10.03	14.17	25.93	233	14.87	22.24	26.39
214	26.86	14.87	26.85	224	26.85	16.25	23.62	234	21.09	25.93	26.85
215	12.33	22.93	26.85	225	19.60	13.94	26.39	235	18.32	23.16	26.85
216	26.62	19.24	26.85	226	26.39	20.86	27.31	236	21.32	25.93	26.39
Σ	109.93	131.6	159.72		112.22	110.39	156.49		117.32	143.81	132.95
311	19.47	25.46	26.85	321	20.40	24.08	26.85	331	24.31	26.85	26.85
312	21.32	24.77	26.16	322	19.70	24.31	26.85	332	21.32	25.69	26.85
313	22.70	26.39	26.85	323	24.54	24.54	26.62	333	23.16	25.46	26.62
314	23.16	25.69	25.93	324	19.47	26.16	26.85	334	21.78	25.69	26.85
315	15.79	22.00	26.85	325	17.63	21.32	25.93	335	24.54	26.85	24.77
316	21.55	24.54	26.85	326	18.09	25.23	26.16	336	23.16	25.00	26.85
Σ	123.99	148.85	159.49		119.83	145.64	159.26		138.27	155.54	158.79
Σ	333.02	427.25	478.24		325.15	404.2	475.7		386.71	447.77	293.74
$\bar{X}$	18.50	23.73	25.56		18.05	22.45	26.42		21.48	24.88	16.32

Cuadro 4.8 Registro del contenido de humedad en base a peso, 5 de Marzo, 1977

TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm		
	0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90
111	6.11	6.80	9.80	121	6.34	12.79	24.54	131	6.34	10.03	25.93
112	5.88	9.34	22.24	122	6.80	10.03	20.16	132	6.11	6.80	10.03
113	5.65	7.27	11.18	123	6.11	16.71	21.32	133	7.26	12.10	19.47
114	5.88	7.72	22.24	124	5.65	7.95	13.02	134	5.65	7.49	16.25
115	6.11	6.57	11.87	125	6.34	10.72	21.78	135	8.18	10.03	20.16
116	5.88	12.79	25.46	126	6.34	7.49	15.10	136	6.57	10.72	20.40
Σ	35.51	50.48	102.79		37.58	65.69	115.92		40.11	57.17	112.24
211	9.21	16.82	17.75	221	6.11	8.41	23.62	231	13.94	10.26	22.70
212	6.34	5.65	21.55	222	5.65	6.34	7.95	232	6.57	7.72	15.10
213	5.42	6.80	7.95	223	4.61	8.52	19.36	233	6.11	7.72	15.33
214	24.08	5.65	7.49	224	11.75	10.14	15.21	234	8.41	11.18	17.40
215	5.42	5.88	9.10	225	11.75	8.29	11.06	235	7.49	9.34	16.94
216	12.33	6.57	24.31	226	13.14	12.91	5.07	236	6.11	8.87	18.55
Σ	62.8	47.37	88.15		53.01	54.61	82.27		48.63	55.09	106.02
311	7.03	8.41	14.40	321	6.11	7.49	25.00	331	8.87	17.63	26.16
312	5.88	6.34	7.49	322	7.72	9.34	21.32	332	8.41	12.10	22.70
313	6.57	11.18	23.16	323	7.49	11.41	23.62	333	9.57	13.25	17.63
314	6.57	12.56	21.78	324	7.49	9.57	24.77	334	7.49	11.64	22.24
315	5.65	5.88	6.11	325	5.88	5.42	8.87	335	11.64	16.25	25.00
316	6.57	9.10	18.32	326	5.88	9.80	20.63	336	7.95	9.57	21.74
	38.27	53.47	91.25		40.57	53.03	124.21		53.93	80.44	135.47
Σ	136.58	151.32	282.2		131.16	173.33	322.4		142.67	192.7	353.73
$\bar{X}$	7.59	8.41	15.56		7.29	9.63	17.91		7.93	10.71	19.65

Cuadro 4.9 Registro del contenido de humedad en base a peso, 20 de Marzo, 1977.

TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm			TTMO.	PROFUNDIDAD cm		
	0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90		0-20	20-50	50-90
111	5.42	5.65	5.65	121	5.42	7.03	10.95	131	5.42	6.11	8.87
112	5.19	6.11	7.72	122	5.42	6.11	7.26	132	5.42	5.65	5.88
113	5.17	5.65	5.65	123	5.19	5.65	7.03	133	5.65	6.11	6.57
114	5.19	5.88	6.80	124	5.19	5.65	5.65	134	5.19	5.65	7.26
115	5.47	5.42	5.65	125	5.42	6.34	7.95	135	6.34	6.34	7.26
116	5.19	6.80	8.41	126	5.42	5.65	5.65	136	5.42	5.88	6.80
Σ	31.63	25.51	39.88		32.06	36.43	44.49		33.44	35.74	43.56
211	5.19	5.19	5.42	221	5.65	6.11	7.49	231	5.88	6.11	7.72
212	5.19	5.88	6.11	222	5.19	5.19	5.42	232	5.65	5.88	7.26
213	5.19	5.42	5.65	223	5.19	5.19	5.42	233	5.42	5.88	6.80
214	5.19	5.19	5.19	224	6.11	5.42	5.65	234	6.11	6.57	7.49
215	5.19	5.19	5.42	225	5.88	5.19	6.34	235	6.11	6.57	7.49
216	6.34	5.65	8.41	226	6.80	5.88	8.18	236	5.42	6.57	7.03
Σ	32.29	32.52	36.20		34.82	32.98	38.6		34.59	37.58	43.79
311	5.65	5.88	5.88	321	5.42	5.65	7.26	331	5.88	7.49	13.02
312	5.19	5.19	5.19	322	5.88	6.11	7.95	332	5.88	6.57	10.95
313	5.65	6.11	7.26	323	5.65	6.11	8.41	333	6.11	7.95	8.18
314	5.65	6.34	7.95	324	5.88	6.80	12.10	334	5.88	6.57	9.57
315	5.19	5.19	5.19	325	5.19	5.42	5.65	335	7.03	8.18	13.48
316	5.65	6.11	6.34	326	5.30	5.88	6.80	336	5.65	6.57	8.18
Σ	32.98	34.82	37.81		33.32	35.97	48.17		36.43	43.33	63.38
Σ	96.9	102.85	113.18		100.2	105.38	131.16		104.46	116.65	150.73
$\bar{X}$	5.28	5.71	6.32		5.57	5.85	7.31		5.80	6.48	8.37

Cuadro 4.10 Rendimiento de grano de trigo en kg/ha.

	3%	5%	8%	kg/ha	
	I	II	III	$\Sigma$	
1 - 1	T <sub>1</sub>	1,194.81	1,257.19	2,010.44	4,464.44
	T <sub>2</sub>	1,378.19	1,749.50	1,118.25	4,245.94
	T <sub>3</sub>	1,370.94	1,699.19	1,749.31	4,819.44
	T <sub>4</sub>	1,128.87	1,766.81	1,661.75	4,557.43
	T <sub>5</sub>	1,317.50	1,376.19	1,559.25	4,252.94
	T <sub>6</sub>	<u>1,257.56</u>	<u>1,567.87</u>	<u>1,457.25</u>	<u>4,282.68</u>
		$\Sigma = 7,647.87$	$\Sigma = 9,416.75$	$\Sigma = 9,556.25$	26,620.87
1 - 1/2	T <sub>1</sub>	1,501.00	2,423.87	1,444.25	5,369.12
	T <sub>2</sub>	1,427.37	1,712.12	1,851.00	4,990.49
	T <sub>3</sub>	1,541.87	1,662.25	1,605.00	4,809.12
	T <sub>4</sub>	1,247.87	2,262.50	1,367.12	4,877.49
	T <sub>5</sub>	1,597.75	1,744.62	1,560.12	4,902.49
	T <sub>6</sub>	<u>1,637.37</u>	<u>1,456.00</u>	<u>1,886.75</u>	<u>4,980.12</u>
		$\Sigma = 8,953.23$	$\Sigma = 11,261.36$	$\Sigma = 9,714.24$	29,928.83
1 - 1/4	T <sub>1</sub>	2,080.75	2,206.25	2,732.00	7,019.00
	T <sub>2</sub>	1,705.75	1,257.25	3,315.25	6,278.25
	T <sub>3</sub>	1,877.75	1,407.75	1,939.00	5,224.50
	T <sub>4</sub>	2,121.50	3,177.25	2,628.50	7,927.25
	T <sub>5</sub>	1,839.25	1,878.50	3,134.25	6,852.00
	T <sub>6</sub>	<u>1,618.00</u>	<u>2,510.25</u>	<u>2,357.25</u>	<u>6,485.50</u>
		$\Sigma = 11,242.00$	$\Sigma = 12,437.25$	$\Sigma = 16,106.25$	39,786.50
	27,844.10	33,115.36	35,376.74	G.T.= 96,336.20	

Cuadro 4.11 Análisis de varianza de rendimiento de grano en kg/ha contra Tratamiento.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	F.tab. .05	.01
Bloques	2	1660012.73	830006.36	2.52	6.94	18.00
Proporción	2	5212038.34	2606019.17	7.90*		
Error (a)	4	1319403.16	329850.79			
Imper.	5	463837.29	92767.46	0.64	2.53	3.70
P X I	10	1021477.57	102147.57	0.71	21.6	2.98
Error (b)	30	4315014.31	143833.81			
Total Corr.	53	13991783.4				

Cuadro 4.12 Comparación de medias de proporciones por el método de Duncan

prop.	y	.05	.01
1 : ¼	2210.3611	a	a
1 : ½	1662.7128	b	a
1 : 1	1478.9372	b	a

## DISCUSION

En las Figuras 5.1, 5.2 y 5.3 puede observarse la fluctuación del contenido de humedad en todo el perfil del suelo para las proporciones de área de escurrimiento a área de cultivo 1:1, 1:1/2 y 1:1/4; y no hubo diferencias contrastantes en dichas fluctuaciones de humedad.

Los resultados de este experimento no son concluyentes, puesto que no existe una diferencia significativa del contenido de humedad en el suelo, para las tres proporciones probadas de área de escurrimiento a área de cultivo; más sin embargo, existe una diferencia significativa del rendimiento de grano de trigo con respecto a la proporción de 1:1/4 (Cuadro 4.12).

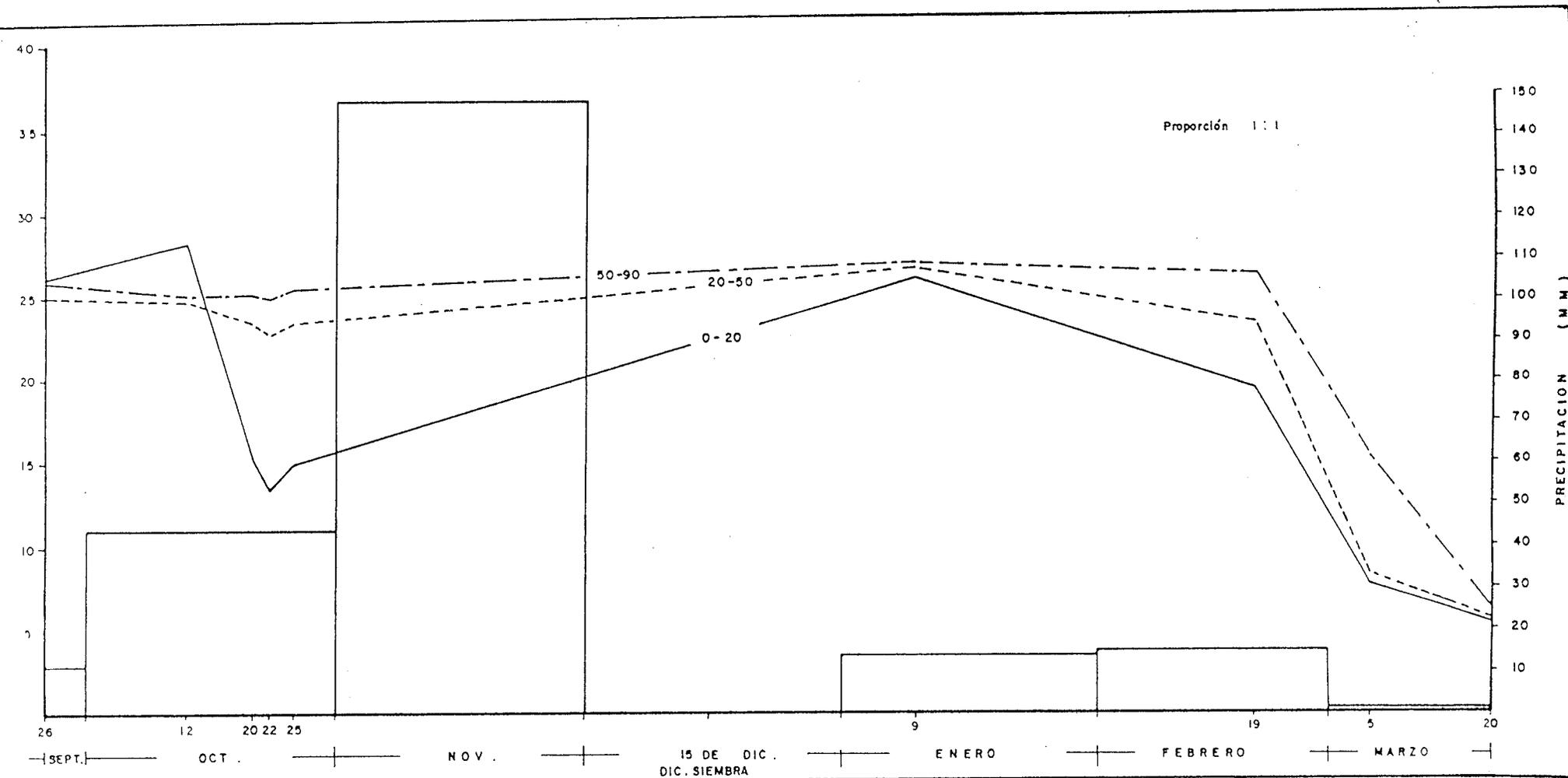


FIGURA 5.1 VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO EN EL PERFIL DEL SUELO PARA LA PROPORCION 1:1 AREA DE ESCURRIMIENTO A AREA DE CULTIVO .

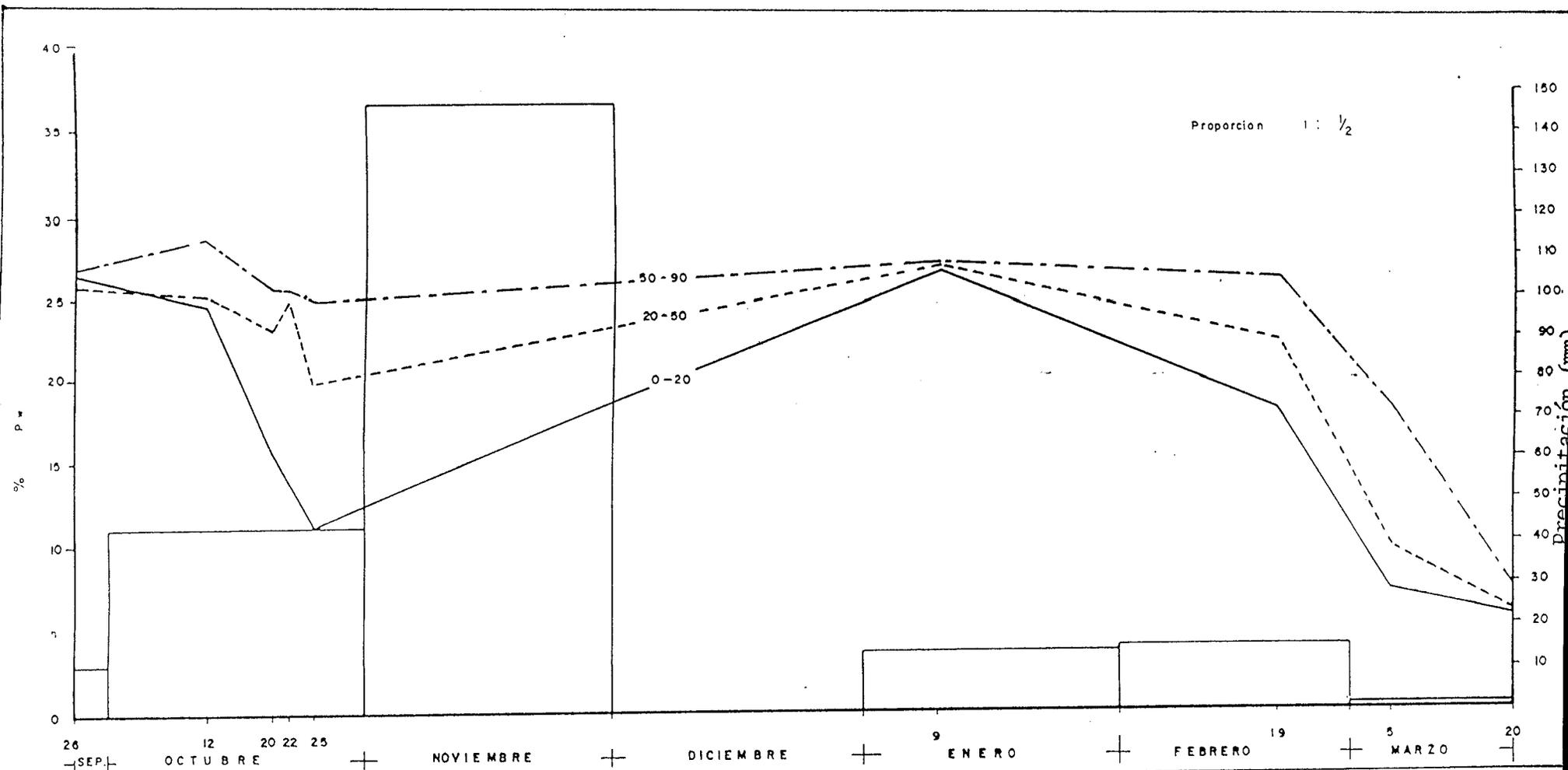


FIGURA 5.2 VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO EN EL PERFIL DEL SUELO PARA LA PROPORCION 1: 1/2 AREA DE ESCURRIMIENTO A AREA DE CULTIVO .

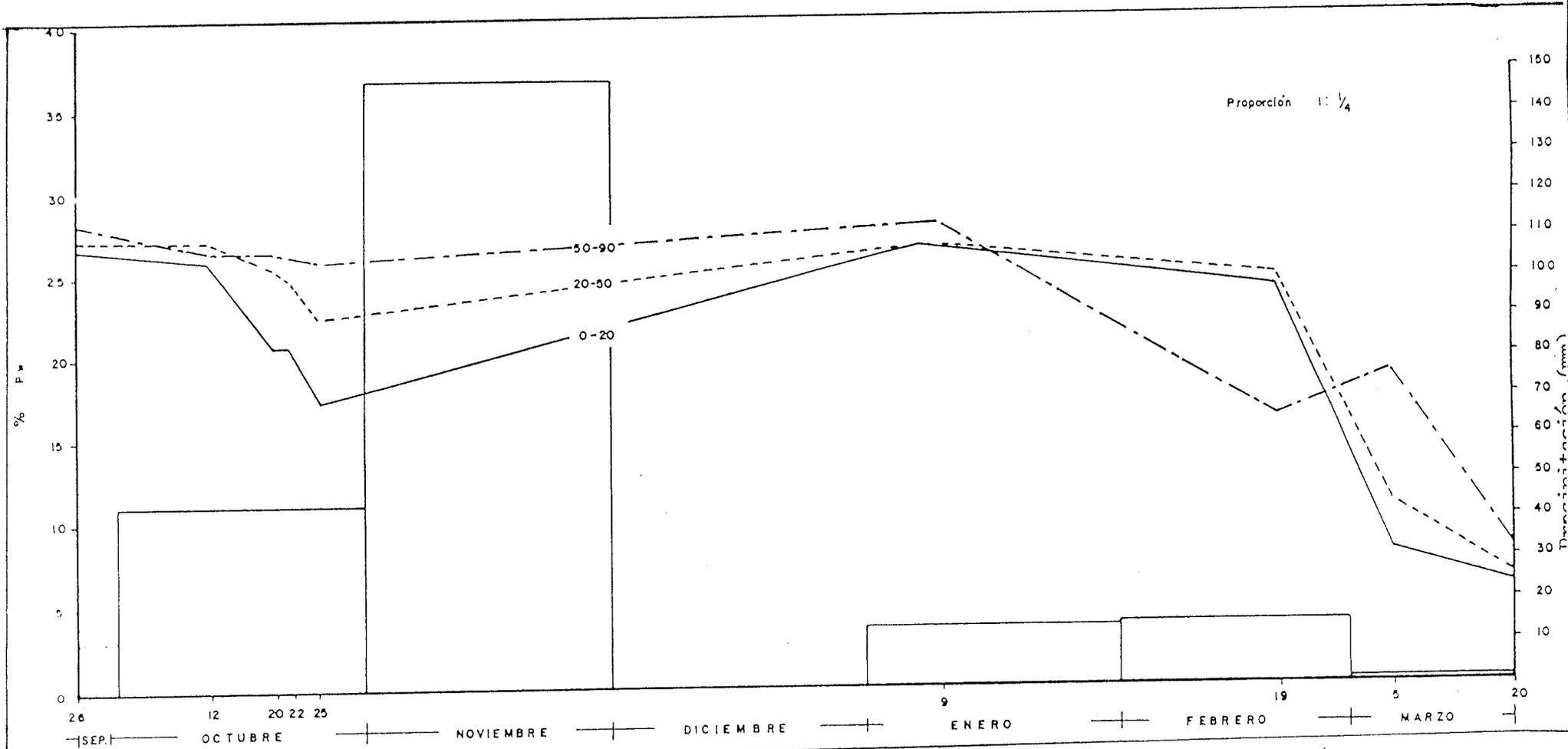


FIGURA 5.3 VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDO EN EL PERFIL DEL SUELO PARA LA PROPORCION 1: 1/4 AREA DE ESCURRIMIENTO A AREA DE CULTIVO

## CONCLUSIONES

Del presente estudio se puede concluir:

No se encontró diferencia significativa en el contenido de humedad para las proporciones de área de escurrimiento a área de cultivo 1:1, 1:1/2 y 1:1/4.

La proporción de 1:1/4 fue la que presentó diferencia significativa en rendimiento de grano de trigo, con respecto a las otras dos que se probaron de 1:1 y de 1:1/2.

No se encontró diferencia significativa entre impermeabilizantes, ni entre la interacción proporciones-impermeabilizantes; tampoco entre pendientes (3,5 y 8 por ciento).

De los resultados obtenidos del presente experimento se recomienda; que el registro de las precipitaciones pluviales se realicen utilizando un pluviógrafo y que el monitoreo del contenido de humedad en el suelo se realice mediante técnicas más precisas, como por ejemplo el dispersor de neutrones.

07400

BANCO DE TESIS

## RESUMEN

El presente trabajo consistió en el estudio de la influencia de seis tratamientos impermeabilizantes (compactación, cera-parafina, ceniza de sosa, bentonita, asfaleno y aceite quemado), con tres diferentes proporciones de área de escurrimiento a área de cultivo (1:1, 1:1/2; 1:1/4) y, con tres diferentes pendientes (3,5 y 8 por ciento) en el cultivo de trigo var. nadadores. Dicho trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental de San José, Facultad de Agronomía de la UANL, Municipio de Villa de García, N.L.

Se midieron los contenidos de humedad del suelo a tres diferentes profundidades (0-20, 20-50, 50-90 cm) del perfil del suelo, en el área de cosecha, así mismo, se obtuvieron resultados de rendimiento de grano.

Se obtuvo una diferencia significativa entre las proporciones de área de escurrimiento a área de cultivo contra rendimiento de grano de trigo, resultando la mejor de ellas, la de 1:1/4. Por otro lado, no existe alguna evidencia en cuanto a la variación del contenido de humedad del suelo que explique dicha diferencia, por lo que se recomienda en repetir trabajos similares al presente, pero teniendo especial cuidado en la medición periódica del contenido de humedad, con instrumentos y procedimientos más precisos.

## LITERATURA CITADA

- Aldon, P.A. and J.R. Springfield. 1975. Using parafin and polyehylene to harvest water for growing shrubs. Agricultural Research Service. U.S. Dept. Agric. Phoenix, Arizona.
- Atar-Singh; Singh-A; Singh-R.P.(ed); Singh-S. 1994. Problems of water management in the Indican arid zone. Sustainable development of the Indican arid zone: a research perspective. Vol. dedicated to the memory of Dr. H.S. Mann. p. 113-137 ref. 7. India
- Boers, T.M. 1994. Rainwater harvesting in arid and semiarid zones. ILRI. Publications 55; 5 pp. of ref. Nigerna.
- Bryan, R.B. 1994. Microcatchment hidrological response and sediment transport under simulated rainfall on semi-arid hillslopes. Soil Erosion Laboratory, University of Toronto Scarborough, Ontario, Mic 1A4, Toronto, Canada. Soil erosion, land-degradation and social-transition, geoeological-analysis - of a semi-arid-tropical region, Kenya, p. 71-96; 37 ref.
- Carmona, R.G. and Velasco, M.H.A. 1988. Microcatchment water harvesting for raising a pistachio orchard in a semiarid climate of Mexico. Proceedings of the International Conference on Dryland Farming. Challenges in Dryland Agriculture a Global Perspective. Amarillo/Bushland, Texas USA. p. 264-266.
- Chinn Salwyn, S.W. 1965. Water supply potential form an asphalt line carchument near Holualoa Kowa,Hawaii. Geological surverg water supply paper 1809. P.U.S. Goverment Orinting Office, Washington, D.C.
- Cluff, C.B. and G.R. Dutt. 1966. Using salt to increase irrigation water progresive agriculture in Arizona, 18(3), pp. 12-13. U.S.A.
- Ehrier, W.L. , D.H. Fink, and S.T. Mitchell. 1978. Growth and yield for jojoba plants in native stands using runoff collecting microcatchments. Agronomy J. 70(6):1005-1009. U.S.A.
- Evenari, M., L. Shanon and N.H. Tadmor. 1971. The Negev: The challenge of a desert. Harvard Univ. Press. Cambridge, MA. U.S.A. p. 345.

- Gavande, S.A. 1972. Física de suelos, principios y aplicaciones. Ed. Limusa Wiley, S.A. Méx. pp. 157-178, 270-274.
- Gupta, G.N; Choudhary-K.R.; Bilas-Singh; Mishra-A.K.; Singh-B.1993. Neen establishment in arid zone as influenced by different techniques of rain water harvesting. Arid Forest Research Institute, Jodhpur, Rajasthan India. Indian-Forester. 119:11, 914-919; 4 ref.
- Hillel, D. 1967. Runoff inducement in arid lands. Anual Research Report. National and University Institute of Agriculture Volcani Institute of Agricultural Research, Rehovot, Israel.
- Lorente, J.M. 1961. Meteorología. Ed. Labor, S.A. p. 74. México.
- Martínez, M.L. y J. Maldonado. 1971. Importancia de las zonas áridas en el desarrollo del país. Ed. CONZA. p. 30.
- Myres, L.E, 1967a. New water suplies from precipitation harvesting. International Conference on water for peace. U.S. Conservation Laboratoty, A.R.S. Dept. Agric. U.S.A.
- Myers, L.E.1967b. Sprayed asphalt pavements for water harvesting. Journal of the Irrigation and Drainage división. Vol. 93. No. 1R3 Proc.U.S.A.
- Pareek, O.P. 1977. Arid horticulture In: P.S. Jaiswal (ed.) Desertification and its control. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, India.
- Rawitz, F. and D. Hillel, 1975. Water harvesting by runoff inducement for irrigation of an almond orchard in semi-arid climate. In: G.W. Frasier (ed.) Symposium on Water Harvesting. Phoenix, AR., ARSW-22. USA. p. 223-232.
- Reginato, R.J., L.E. Myers and F.S. Nakayams. 1968. Sodium carbonate for reducing seepage from ponds. U.S. Water Conservation Laboratory. A.R.S. Dept. Agric. Report No.7.U.S.A.
- Rojas, M.P. 1965. Generalidades sobre la vegetación del Estado de Nuevo León y datos acerca de su flora. Tesis Doctoral de Biología. U.N.A.M. México, D.F. pp. 39-46.
- Sharma, K.D., O.P. Pareek, and H.P. Singh. 1986. Microcatchment water harvesting for raising jujube orchards in an arid climate. Transaction of the American Society of Agricultural Engineers. 29:112-118. India.
- Swatantra, S.D. 1994. Soil and water conservation in situ - an Innovative technique. Forestry Department, Chenab Circle, Jammu (J & K) India. Indian-Forester. 120:1, 30-34; 1 ref.

- Velasco Molina, H.A. 1991. Las zonas áridas y semiáridas, sus características y manejo. Ed. Limusa. p. VI. México.
- Yadav, R.C., K.D. Sharma, H.P. Singh and O.P. Pareek 1980. Some hydrohorticultural realtions in a Ber (Zizyphus mauritiana Lam.) Orchard. *Annals of Arid Zone* 19(3):297-300. India.
- Zimmerman, J.D. 1970. El riego. Ed. C.E.C.S.A. p. 298. México.

APENDICE "A"

Cuadro A.1 Regresión y Correlación inversa de los bloques de Yeso con el aparato Delm-Frost.

Datos:

LECTURA APARATO	1 %pW						
77	0.0678	64	0.0503	31	0.0827	13	0.0834
75	0.0693	59	0.0672	27	0.0762	15	0.0898
76	0.0495	58	0.0575	26	0.0849	15	0.0890
74	0.0714	57	0.0566	23	0.0637	15	0.0926
74	0.0505	53	0.677	22	0.0639	14	0.0824
72	0.0520	46	0.563	22	0.0792	14	0.0910
69	0.0690	36	0.0571	22	0.0726	13	0.0818
70	0.0668	32	0.0589	20	0.676	12	0.0910
68	0.0750	36	0.0767	18	0.805	12	0.0818
68	0.0726	32	0.0593	17	0.849		0.0943

$$\text{Modelo } Y_i = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{X_i} + E_i$$

Donde:  $Y_i$  = La lectura del aparato

$X_i$  = Porcentaje de humedad en base a peso

$\beta_0$  = 121.793

$\beta_1$  = -1135.410

Continúa.-

Cuadro A.1..... Continuación

FUENTE DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F cal.
Regresión	1	9,724.000	9,724.000	
Residual	37	15,833.435	427.931	22.76
Corrección	38	25,575.436	673.038	

Coefficiente de Determinación:

$$R^2 = \frac{\text{S.C. Reg.} = 9742}{\text{S.C. Correc.} = 25575} = 0.3809$$

Coefficiente de Correlación:

$$R = \sqrt{R^2}$$

$$R = \sqrt{0.3809} = 0.6172$$

$$R = \underline{61.72\%}$$

Cuadro B.1 Láminas de agua consumida en cm, en todo el perfil entre fechas consecutivas.

i. j. k.	a	26-IX-76 12-X-76	12-X-76 10-X-76	20-X-76 22-X-76	22-X-76 25-X-76	25-X-76 9-I-77	9-I-77 19-I-77	19-II-77 5-II-77	5-III-77 20-IV-77	Σ
1 2 4	1	1.59	4.89	1.39	1.92	-8.91	4.16	14.10	4.76	23.90
1 2 1	2	0.044	2.47	0.33	0.82	-3.37	2.08	8.49	9.34	20.204
1 2 3	3	0.195	1.03	0.82	1.99	-3.44	3.36	7.72	11.61	23.285
1 2 5	4	-0.076	1.87	0.64	1.52	-3.14	4.19	8.45	8.97	22.42
1 2 2	5	-0.12	4.13	0.63	1.06	-7.50	2.90	10.96	8.42	20.48
1 2 6	6	0.140	4.840	1.410	2.950	-9.220	2.910	15.050	5.83	23.91
1 3 6	7	0.006	0.865	0.82	1.16	-2.43	0.990	12.67	9.130	23.211
1 3 1	8	0.29	3.32	0.61	1.85	-6.49	0.33	10.55	10.48	20.94
1 3 5	9	-0.042	2.89	2.29	4.07	-8.92	2.99	10.71	7.96	21.94
1 3 2	10	-0.18	0.35	0.67	0.56	-5.98	1.79	20.24	2.72	20.17
1 3 4	11	-0.33	3.985	1.25	3.28	-7.69	5.38	11.84	5.43	23.14
1 3 3	12	0.95	3.96	1.54	2.34	-8.14	0.10	14.95	9.22	24.92
1 1 1	13	0.16	1.105	0.56	0.15	-3.26	3.63	16.97	2.72	22.035
1 1 3	14	2.42	2.58	0.92	1.07	-9.32	3.80	16.13	3.55	21.15
1 1 4	15	0.13	2.83	0.69	0.57	-4.43	1.60	12.50	8.84	22.73
1 1 6	16	0.182	3.515	0.60	0.83	-4.52	3.49	6.57	11.18	21.847
1 1 5	17	2.31	3.96	0.87	1.29	-10.26	4.30	15.52	3.79	21.78
1 1 2	18	3.27	-2.26	1.05	0.81	-13.54	3.27	9.95	8.86	11.41
2 3 1	19	0.36	0.026	0.03	0.09	-0.22	0.1	11.09	11.05	22.526
2 3 4	20	0.39	-0.24	0.10	-0.07	0.40	1.36	13.01	7.32	22.27
2 3 2	21	0.46	0.2764	1.050	1.29	-2.79	5.44	12.01	4.94	22.676
2 3 3	22	1.15	4.22	0.775	1.68	-7.49	4.53	12.91	5.24	23.015
2 3 5	23	0.68	0.227	0.56	1.17	-1.56	3.26	12.52	6.21	22.61
2 3 6	24	3.15	3.54	0.770	3.66	-14.24	1.87	13.57	6.97	17.75
2 1 1	25	0.05	1.33	0.53	0.50	-5.51	4.03	17.31	1.956	20.196
2 1 5	26	0.257	0.805	0.51	0.81	-2.63	4.87	16.87	2.21	23.72
2 1 4	27	1.003	2.860	0.430	0.230	-4.65	4.64	14.00	5.51	24.023

Cuadro B.1..... Continuación

i. j. k.	a	26-IX-76 12- X-76	12-X-76 10-X-76	20-X-76 22-X-76	22-X-76 25-X-76	25-X-76 9 - 1 -77	9 - 1 - 77 19 -II -77	19-II-77 5-II-77	5-III-77 20-IV-77	Σ
2 1 6	28	0.163	1.24	1.02	1.30	- 3.47	2.91	9.02	9.92	22.103
2 1 2	29	0.233	2.40	0.77	1.19	- 4.36	3.17	11.90	8.20	23.503
2 1 3	30	1.63	4.39	0.60	1.42	- 8.38	3.73	18.06	1.75	23.20
2 2 2	31	1.30	3.66	0.55	1.15	- 7.62	4.78	17.28	1.82	22.92
2 2 1	32	0.70	5.55	0.01	2.61	- 8.15	4.10	8.79	9.32	22.93
2 2 5	33	0.08	2.85	0.34	0.98	- 3.86	6.46	11.31	5.28	23.44
2 2 6	34	-0.190	0.57	0.13	1.790	- 2.36	2.44	10.18	9.47	22.03
2 2 4	35	0.41	4.06	1.06	2.25	- 7.60	5.50	14.14	3.66	23.48
2 2 3	36	0.83	2.50	0.55	0.87	- 4.88	9.05	14.15	0.81	23.88
3 3 5	37	-0.15	0.00	0.34	-0.06	0.00	1.59	6.54	9.90	18.16
3 3 1	38	0.00	0.45	0.36	1.17	- 1.73	0.56	7.08	11.14	19.03
3 3 4	39	-0.15	0.44	0.52	1.12	- 6.28	1.73	10.60	8.76	16.74
3 3 3	40	0.00	0.05	0.33	0.21	- 0.60	1.55	12.05	7.58	21.17
3 3 6	41	0.23	1.76	1.12	2.04	- 4.73	1.40	11.56	8.67	22.05
3 3 2	42	-0.27	0.43	0.05	0.11	- 0.31	1.64	9.89	8.66	20.20
3 2 4	43	2.44	-1.28	0.62	1.05	- 2.68	1.99	9.68	7.94	19.76
3 2 1	44	2.30	1.55	1.09	2.19	- 9.64	2.66	10.07	10.03	20.35
3 2 2	45	1.77	-2.25	0.84	3.16	- 5.10	2.81	10.89	8.51	20.63
3 2 3	46	2.67	0.95	1.40	2.48	- 7.08	1.38	10.04	10.22	22.06
3 2 6	47	3.80	8.40	2.95	2.86	-18.90	2.87	11.11	8.73	21.82
3 2 5	48	3.98	2.82	0.46	1.50	-14.95	4.79	17.17	1.82	17.59
3 1 5	49	1.32	0.884	0.75	0.60	- 8.94	4.50	18.81	0.83	18.75
3 1 2	50	1.23	2.39	1.32	2.04	- 8.85	2.41	19.74	1.76	22.04
3 1 4	51	1.01	3.56	0.83	2.23	- 7.21	1.83	10.54	9.63	22.42
3 1 6	52	0.48	7.44	1.41	1.99	-11.14	2.25	13.28	7.51	23.22
3 1 3	53	0.04	1.35	0.84	1.51	- 3.29	1.28	10.94	10.29	22.96
3 1 1	54	0.27	0.53	0.44	1.45	- 2.38	2.32	15.35	5.64	23.62