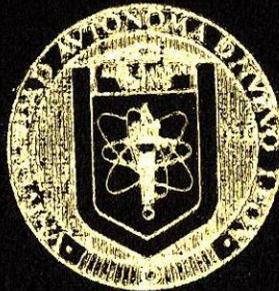


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



DISTRIBUCION DE LA HUMEDAD EN  
EL METODO DE RIEGO POR  
SURCOS ALTERNOS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

ALBERTO GUADALUPE MARTINEZ LOZANO

MARIN, N. L.

FEBRERO DE 1984.

T

S613

M3

C. 1



1080062131

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



DISTRIBUCION DE LA HUMEDAD EN EL METODO  
DE RIEGO POR SURCOS ALTERNOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

ALBERTO GUADALUPE MARTINEZ LOZANO

MARIN, N.L.

INVENTARIADO  
AUDITORIA  
U.A.N.L.  
FEBRERO DE 1984

5583

*Albano*

T  
S 673  
M3

040.631  
FAI  
1984  
CS



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad



F-Tesis.

A MI PADRE:

SR. FEDERICO MARTINEZ DE LEON (+)

In Memoriam

A MI MADRE:

SRA. MA. GUADALUPE LOZANO VDA. DE MARTINEZ

Quien con su amor e inquebrantable fe en mí,  
hizo posible la culminación de mi carrera.

A MIS HERMANOS:

FRANCISCO

FEDERICO

MIGUEL ANGEL

LUIS ARTURO

RAMIRO

Por el cariño, confianza y ayuda  
moral y económica que me han brind  
ado siempre.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS:

A MIS ASESORES:

ING. M.C. BENJAMIN S. IBARRA RUIZ

ING. M.C. CARLOS H. SANCHEZ SAUCEDO

Por su desinteresada colaboración y  
orientación en la realización del  
presente trabajo.

A LOS MAESTROS Y TRABAJADORES DEL  
DEPTO. DE INGENIERIA AGRICOLA DE  
LA F.A.U.A.N.L.

A MIS MAESTROS Y COMPAÑEROS:

# I N D I C E

	PAGINA
I N T R O D U C C I O N.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	2
1. Movimiento del agua en el suelo.....	2
1.1. Movimiento del agua líquida.....	2
1.2. Flujo Saturado.....	3
1.3. Flujo no Saturado.....	3
1.4. Infiltración.....	5
1.5. Infiltración Vertical.....	5
1.6. Infiltración Horizontal.....	6
1.7. Velocidad de Infiltración.....	7
1.8. Medición de la Velocidad de Infiltra- ción.....	8
1.9. Ecuaciones aplicadas a la Infiltración..	8
2. Método para medir el contenido de humedad del suelo.....	10
2.1. Método Directo.....	10
3. Requerimientos hídricos en la Planta.....	13
4. Tensión hídrica en las Plantas.....	15
5. Antecedentes del riego por surcos Alternos...	16

INVENTARIADO  
AUDITORIA  
U. A. M. L.

	PAGINA
MATERIALES Y METODOS.....	29
1.- CARACTERISTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	29
2.- ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL SUELO DEL LOTE EXPERIMENTAL.....	30
3.- MATERIALES.....	32
4.- DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.....	33
5.- TRABAJOS DE CAMPO.....	34
RESULTADOS Y DISCUSION.....	37
C O N C L U S I O N E S.....	109
R E C O M E N D A C I O N E S.....	110
R E S U M E N.....	111
B I B L I O G R A F I A.....	113
A P E N D I C E.....	117

INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y TABLAS

CUADRO		PAGINA
1	Valores de C.C. y P.M.P. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos" durante el ciclo Primavera-Verano, 1983 en Marín, N.L.....	31
2	Valores de la densidad aparente (Da.) para cada uno de los tres estratos de 30 cm de espesor. "Distribución de la humedad - en el método de riego por surcos alternos" durante el ciclo Primavera-Verano, 1983 - en Marín, N.L.....	32
<b>FIGURA</b>		
1	Distribución de humedad al momento de la germinación (10 de Marzo de 1983), para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	38
2	Distribución de humedad antes del primer riego (4 de Abril de 1983), para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en - el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	41
3	Distribución de humedad después del primer riego (10 de Abril de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en - el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	44

4	Distribución de humedad antes del segundo riego (16 de Abril de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	47
5	Distribución de humedad después del segundo riego (4 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	50
6	Distribución de humedad antes del tercer riego (11 de Mayo de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	53
7	Distribución de humedad después del segundo riego (24 de Mayo de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	56
8	Distribución de humedad (Ps) después de la lluvia (9 de Junio de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	59
9	Distribución de humedad al momento de la germinación (10 de Marzo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	62

10	Distribución de humedad antes del primer riego (4 de Abril de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". - Marín, N.L. 1983.....	65
11	Distribución de humedad después del primer riego (10 de Abril de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". - Marín, N.L. 1983.....	68
12	Distribución de humedad antes del segundo riego (26 de Abril de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	71
13	Distribución de humedad después del segundo riego (4 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	74
14	Distribución de la humedad antes del tercer riego (11 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	77
15	Distribución de la humedad después del tercer riego (24 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". -- Marín, N.L. 1983.....	80

FIGURA

PAGINA

16	Distribución de humedad después de la lluvia (9 de Junio de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	83
17	Distribución de humedad al momento de la germinación (10 de Marzo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	86
18	Distribución de humedad antes del primer riego (4 de Abril de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". - Marín, N.L. 1983.....	89
19	Distribución de humedad después del primer riego (10 de Abril de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". - Marín, N.L. 1983.....	92
20	Distribución de humedad (Ps) antes del segundo riego (26 de Abril de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	95
21	Distribución de humedad después del segundo riego (4 de Mayo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	98

FIGURA

PAGINA

22	Distribución de la humedad antes del tercer riego (11 de Mayo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	101
23	Distribución de humedad después del tercer riego (24 de Mayo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	104
24	Distribución de humedad (Ps) después de la lluvia (9 de Junio de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	107

TABLA

1	Contenido de humedad (Ps) al momento de la germinación (10 de Marzo de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	39
2	Contenido de humedad (Ps) antes del primer riego (4 de Abril de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". - Marín, N.L. 1983.....	42
3	Contenido de humedad (Ps) después del primer riego (10 de Abril de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	45

4	Contenido de humedad (Ps) antes del segundo riego (26 de Abril de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	48
5	Contenido de humedad (Ps) después del segundo riego (4 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	51
6	Contenido de humedad (Ps) antes del tercer riego (11 de Mayo de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	54
7	Contenido de humedad (Ps) después del segundo riego (24 de Mayo de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	57
8	Contenido de humedad (Ps) después de la lluvia (9 de Junio de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	60
9	Contenido de humedad (Ps) al momento de la germinación (10 de Marzo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	63

10	Contenido de humedad (Ps) antes del primer riego (4 de Abril de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	66
11	Contenido de humedad (Ps) después del primer riego (10 de Abril de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	69
12	Contenido de humedad (Ps) antes del segundo riego (26 de Abril de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	72
13	Contenido de humedad (Ps) después del segundo riego (4 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	75
14	Contenido de humedad (Ps) antes del tercer riego (11 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	78
15	Contenido de humedad (Ps) después del tercer riego (24 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	81

16	Contenido de humedad (Ps) después de la lluvia (9 de Junio de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. - 1983.....	84
17	Contenido de humedad (Ps) al momento de la germinación (10 de Marzo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	87
18	Contenido de humedad (Ps) antes del primer riego (4 de Abril de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	90
19	Contenido de humedad (Ps) después del primer riego (10 de Abril de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, - - N.L. 1983.....	93
20	Contenido de humedad (Ps) antes del segundo riego (26 de Abril de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	96
21	Contenido de humedad (Ps) después del segundo riego (4 de Mayo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. -- 1983.....	99

TABLA

PAGINA

22	Contenido de humedad (Ps) antes del tercer riego (11 de Mayo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	102
23	Contenido de humedad (Ps) después del tercer riego (24 de Mayo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". - Marín, N.L. 1983.....	105
24	Contenido de humedad (Ps) después de la lluvia (9 de Junio de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	108

INDICE DE APENDICE

CUADRO		PAGINA
1	Propiedades físicas en el lote experimental. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	118
2	Propiedades químicas en el lote experimental. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	118
3	Características químicas del agua de riego. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	119
4	Muestreo de humedad realizado el 30 de -- Marzo de 1983 para la aplicación del primer riego de auxilio. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	120
5	Muestreo de humedad realizado el 23 de -- Abril de 1983 para la aplicación del segundo riego de auxilio. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.....	122
6	Muestreo de humedad realizado el 9 de Mayo de 1983 para la aplicación del tercer riego de auxilio. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos -- alternos". Marín, N.L. 1983.....	123
7	Datos diarios de temperaturas máximas, mínimas y media, precipitación y evaporación durante el ciclo del cultivo. Primavera-Verano 1983, Marín, N.L.....	124

## I N T R O D U C C I O N

Uno de los factores más importantes que limitan la producción agrícola en nuestro país, es la mala aplicación y distribución del agua de riego en la parcela; lo que trae como consecuencia que las plantas no tengan el medio apropiado para su desarrollo, impidiendo que estas tomen los nutrientes existentes en el suelo, los cuales son indispensables para el crecimiento de las plantas.

Una característica importante del riego es la distribución uniforme del agua de riego en la zona radicular. En la mayoría de los casos la respuesta del cultivo se mueve en la misma dirección que la uniformidad de la distribución del agua.

En base a la importancia de la distribución de la humedad en el suelo, existen numerosos trabajos encaminados a encontrar una mejor aplicación del agua de riego, sin embargo, la investigación en el método de riego por surcos alternos es sumamente escasa en nuestro país, lo que justifica la realización del presente trabajo.

El objetivo del presente trabajo es determinar el movimiento lateral del agua en el método de riego por surcos alternos.

## REVISION DE LITERATURA

### 1. Movimiento del agua en el suelo.

Rara vez está en reposo el agua en el suelo, y la dirección y rapidez de su movimiento son de fundamental importancia en muchos de los procesos que tienen lugar en la biosfera (5).

Es preciso conocer el volumen de agua que existe a disposición de los vegetales. Inmediatamente después de que el terreno ha sido regado. Debido a la necesidad de plasmar en una cifra el volumen de agua utilizable se deben contemplar conceptos tales como capacidad de campo, marchitez permanente y capacidad de almacenamiento de agua. En realidad, todos estos valores no son sino puntos de una curva continua que expresa la dinámica del contenido de humedad a través del tiempo (14).

#### 1.1. Movimiento del agua líquida:

Ha sido costumbre establecer la diferencia entre flujo saturado o conductividad saturada en suelos saturados, y flujo sin saturar o conductividad capilar en suelos que no están saturados. La diferencia principal consiste en que en suelos saturados la gravedad controla el gradiente de potencial hídrico, mientras que en suelos escurridos éste es controlado por el potencial mátrico, y el agua se mueve en películas que ro--

dean a las partículas del suelo y no mediante un flujo de gravedad por los poros (16).

### 1.2. Flujo Saturado:

La teoría del movimiento del agua líquida se basa en una forma generalizada de la Ley de Darcy, la cual afirma que la cantidad de agua que pasa por una unidad de sección transversal de suelo es proporcional a la diferencia de la carga hidráulica. Si la carga hidráulica es reemplazada por la diferencia de potencial total y se introduce un coeficiente de proporcionalidad, la ecuación resultante es:

$$V = -K \frac{\Delta \Phi}{\Delta Z}$$

Si  $V$  es la velocidad del flujo en centímetros por segundo en la dirección  $Z$ ,  $\Phi$  es el potencial hídrico total en centímetros de agua, y  $\Delta Z$  representa la profundidad; el coeficiente  $K$  se llama conductividad hidráulica y se expresa en centímetros por segundo. (Este parámetro que ordinario se mide empíricamente, comprende todos los factores pertenecientes a la variación de la velocidad en la sección del flujo) (4, 5, 16).

### 1.3. Flujo no Saturado:

Si el agua del suelo está en condiciones de presión negativa o de potenciales negativos, se produce una fase de aire y

el canal de flujo es notablemente modificado. El límite del líquido consta de una superficie sólida de varia configuración y de una interfase aire-agua. Ahora las fuerzas que generan el movimiento del agua residen en la atracción del agua por las superficies sólidas en la tensión superficial en la interfase aire-agua. A medida que disminuye el contenido de agua, el camino de esta se hace más tortuoso, por cuanto el líquido fluye a lo largo de superficies y pequeños poros de tal tamaño que retienen agua bajo el potencial hidráulico - existentes (5).

Las fuerzas que generan el flujo cambian por la introducción de la fase de aire. La gravedad sigue participando, pero la presión en el agua por el peso del líquido se hace negativa con respecto a la presión del gas contiguo. Ahora se hacen más importantes las fuerzas de atracción entre las superficies sólidas y el agua y la tensión superficial en la interfase -- aire-agua. Estas son las fuerzas matriciales o de tensión de humedad del suelo. Para conservar el carácter de generalidad de la ecuación de flujo conviene tratar estas fuerzas o esta tensión como potenciales, la Ley de Darcy, de la velocidad - de un líquido en suelos saturados, puede aplicarse también en suelos no saturados si  $K$  se considera como función del contenido hídrico. A medida que descienden el contenido hídrico y

el potencial hídrico del suelo la conductividad hidráulica se reduce rápidamente (5).

#### 1.4. Infiltración:

La infiltración o entrada descendente del agua en el suelo es uno de los procesos más importantes en la fase del suelo del ciclo hidrológico, puesto que constituye la única fuente de abastecimiento del agua subterránea que puede utilizarse de nuevo a través de manantiales y pozos, para riego y - - otros fines. Así mismo las aguas de infiltración acarrear - - hacia abajo nutrientes para la planta; con frecuencia se trata de nutrientes fuera del alcance de raíces de la planta (5, 23).

#### 1.5. Infiltración Vertical:

La infiltración hacia abajo en un suelo inicialmente no saturado, generalmente ocurre bajo la influencia combinada de los gradientes de succión y de la gravedad. A medida que el - agua penetra más y que la parte húmeda del perfil se elonga, el promedio del gradiente de succión decrece, debido a que la diferencia total en presión (entre la superficie del suelo sa turación y el suelo seco dentro del perfil), se divide en dis tancias constantes. Esta tendencia continúa hasta que even- - tualmente el gradiente de succión en la parte superior del -- perfil llega a ser despreciable, dejando solo el gradiente --

gravitacional constante, como la única fuerza que influye en el movimiento del agua hacia abajo en esta parte superior o zona de transmisión (8).

#### 1.6. Infiltración Horizontal:

Cuando la infiltración se hace en un suelo inicialmente seco, los gradientes de succión son primeramente más grande que los gradientes gravitacionales y la cantidad de infiltración inicial es una columna horizontal. El agua del surco por esto tiende en un principio a infiltrarse lateralmente con casi la misma extensión que la infiltración vertical.

Al principio la fuerza de los gradientes de succión hacen que la infiltración sea casi uniforme en todas direcciones, eventualmente, los gradientes de succión decrecen y el gradiente gravitacional predomina.

Por otro lado, cuando la infiltración se efectúa en un suelo inicialmente húmedo, los gradientes de succión son pequeños en un principio y llegan a ser despreciables rápidamente (8).

Cuando el agua penetra en el suelo y encuentra una capa que impide el movimiento vertical y que hace que la dirección de ésta sea lateral, la velocidad del mismo disminuye con la

raíz cuadrada del tiempo. Por consiguiente, cuando se realizan observaciones sobre la infiltración, resulta muy conveniente estudiar la tendencia respecto al tiempo, como indicadora de la naturaleza del movimiento que tiene lugar bajo la superficie. En el momento en que la velocidad de infiltración se va aproximando a un valor constante, se puede presumir que el agua se mueve libremente en sentido descendente. Por el contrario, cuando la velocidad de infiltración disminuye constantemente con el tiempo, sin situarse en las proximidades de un valor constante, se puede asegurar que el flujo es lateral, debido a capas más o menos profundas que modifican la dirección.

Una observación del perfil del suelo nos corroborará la posición y naturaleza de las capas que dificultan el movimiento (14).

#### 1.7. Velocidad de Infiltración:

La velocidad con que el agua penetra en el suelo determina el tiempo sobre el cual ha de mantenerse sobre su superficie para que alcance una penetración conveniente.

La velocidad de infiltración está estrechamente ligada con el espacio poroso del suelo. Las arenas gruesas y los suelos con partículas bien agregadas, suelen tener muchos poros

grandes (y mayores velocidades de infiltración) que las arcillas dispersas o que los suelos cuyos espacios porosos han -- disminuido de tamaño por compactación o por descompactación -- de agregados edáficos (6, 9).

#### 1.8. Medición de la Velocidad de Infiltración:

Para medir las velocidades de infiltración se utilizan -- varios métodos diferentes. Para que los resultados sean de -- utilidad deben hacerse las mediciones de infiltración -- utilizando el mismo método de riego que se ha de emplear en la zona. Uno de los métodos seguidos es el llamado de entradas y -- salidas, que se utiliza con el riego por surcos descrito por Shockley, et al (1959). El caudal se mide en dos puntos a lo largo del surco. Y la diferencia de flujo es la cantidad de -- agua que se infiltra en el suelo, y determina la velocidad de infiltración de la zona comprendida entre ambos puntos. Bondu -- rant (1957) ha ideado el infiltrómetro de surcos, con el cual se mide la infiltración durante todo el tiempo que dura el -- riego encharcando agua en una longitud muy corta de surcos -- (6).

#### 1.9. Ecuaciones aplicadas a la Infiltración:

Ecuación de Kostiaikov.-

Varios autores han estudiado y analizado el proceso de

infiltración en el suelo, destacándose principalmente la ecuación enunciada por Kostiaikov (1932), la cual es una expresión matemática de una recta representada en papel logarítmico para calcular la infiltración instantánea en centímetros por -- hora, dicha ecuación es la siguiente:

$$I = KT^n$$

Donde:

I = Infiltración instantánea o considerada en un momento determinado y se expresa en centímetros por hora.

T = Tiempo que se aplica o permanece el agua en el suelo y se expresa en centímetros.

K = Es una constante, es un parámetro que está en función de las características del suelo como son porosidad, textura, etc., y representa la cantidad de infiltración durante el intervalo inicial.

n = Pendiente de la recta. Parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo.

La constante K no debe ser confundida con la conductividad hidráulica, solo se relacionan indirectamente. Los parámetros de la ecuación anterior no tienen significado físico y son evaluados de datos experimentales (8, 9).

## 2. Métodos para medir el contenido de humedad del suelo.

La importancia de medir el contenido hídrico del suelo en relación con el crecimiento de las plantas ha tenido como resultado la creación de muchas técnicas para medir el contenido de humedad del suelo en las cuales destacan: los métodos directos e indirectos.

### 2.1. Método Directo:

2.1.1. Método Gravimétrico.- La medida más directa del contenido de humedad en el suelo se lleva a efecto utilizando el procedimiento de recoger la muestra mediante una barrena y después secarla en una estufa de 100 a 110°C durante 24 horas, se obtiene así por diferencias de pesos húmedos y secos, la humedad almacenada; que se divide entre el peso del suelo seco.

$$P_s = \frac{PSH (-) PSS}{PSS} \times 100$$

Aunque se reconoce como uno de los procedimientos más -- precisos, tiene en su contra el lapso de tiempo que se tarda para obtener los resultados en áreas amplias, así como la -- gran intensidad de muestreo, sin embargo, se pueden decidir -- mediante este método las necesidades de riego.

El contenido de humedad del suelo ( $P_s$ ) se expresa en por

centaje con respecto al peso del suelo seco (16, 22).

2.1.2. Tensiómetro.- Mide directamente la tensión de humedad del suelo y está constituido por una cubeta llena de agua y conectada con un bacuómetro o un manómetro de mercurio. Se hace un hoyo a la profundidad deseada, a continuación se pone un puñado de terreno suelto en el fondo y se introduce la probeta porosa presionandola con fuerza. Alrededor de ella se comprime algo de tierra, rodeando el tubo, siempre que sea necesario asegurar un contacto íntimo del aparato con el terreno. A medida que el agua sale de la probeta, a causa de la succión o de la tensión del agua del suelo, el vacío del interior de la probeta es registrado por el manómetro. Por el contrario, un aumento de la humedad hace que la tensión disminuya, con lo que el agua fluye hacia dentro de la probeta y el manómetro registra una disminución de la tensión (14).

Los tensiómetros tienen como limitación de ser exactos para valores menores de una atmósfera de tensión, generalmente 0.8 atmósferas, esta propiedad se aprovecha para utilizarlos en suelos arenosos, donde llegan bajo esa característica a cubrir hasta el 85% de humedad aprovechable, en cambio en suelos arcillosos apenas si cubren el 30% de ésta, sin embargo, si se colocan a una profundidad adecuada pueden servir como indicado

res aún en suelos arcillosos, también se adaptan a cultivos - que requieren riegos frecuentes (16, 18).

2.1.3. Método de la resistencia eléctrica.- Este método está basado en la propiedad de la conductividad eléctrica del agua que es función del contenido de humedad (24).

Consiste en colocar electrodos dentro de un block, a medida que la humedad del suelo alrededor del block disminuye, la resistencia al paso de la corriente eléctrica aumenta, esta resistencia se mide con un instrumento de corriente alterna y medidor de resistencia.

En el mercado existen blocks de varios materiales, siendo los más comunes los fabricados en yeso, estos blocks son - poco sensibles a bajos valores del contenido de humedad (0.5 - 15 barrios); encontramos blocks de nylon y fibra de vidrio, este tipo de blocks son más sensibles a contenidos bajos de humedad (16, 22, 24).

2.1.4. Aspersión de Neutrones.- El método de la medida de la humedad por medio de neutrones, encierra unas perspectivas muy prometedoras. Este método consiste en la emisión de neutrones a gran velocidad desde un emisor, contra el terreno alrededor de él. Estos neutrones son frenados por el agua, de manera

que aquellos alcanzan un tubo contador, son más lentos y éstos los registran, pero en cambio no pueden hacer los mismo con los mas veloces (4, 22).

Cuando es mayor la humedad del suelo, mayor es el número de neutrones de movimiento lento que llegan al tubo contador.

El hidrógeno es el elemento que absorbe mayor número de neutrones de gran velocidad. Puesto que el agua es la fuente principal de hidrógeno del suelo, es lógico que exista una correlación significativa entre el contenido del agua del terreno y el número de neutrones de pequeña velocidad que llegan - al contador (16, 22).

### 3. Requerimientos hídricos en la Planta.

Casi todos los procesos vegetales están directa o indi--rectamente afectados por el abastecimiento de agua. La actividad metabólica de células y plantas, por ejemplo, se encuen--tra muy relacionada con el contenido de agua, lo que hace re--saltar la importancia de su estudio (2).

Entre los fenómenos fundamentales de la vida de las plantas, se encuentran principalmente su respiración, su transpi--ración y su nutrición, fenómenos que consisten todos entre la planta y el medio exterior y que para producirse necesitan ca

lor y humedad (20).

El agua representa papeles esenciales en la planta como constituyente, disolvente y reactivo en varias reacciones químicas, también en el mantenimiento de la turgencia. La importancia fisiológica del agua se refleja en su importancia ecológica, pues la distribución de las plantas en la superficie de la tierra está dominada por la disponibilidad de agua siempre que la temperatura permita el crecimiento (16).

La disminución del contenido hídrico se acompaña de pérdida de turgencia y angostamiento, cese del ensanchamiento de la célula, cierre de los estomas, reducción de la fotosíntesis e interferencia con muchos procesos metabólicos básicos. Finalmente la deshidratación prolongada causa la desorganización del protoplasma y muerte de la mayoría de los organismos (16).

La planta no soporta bien la falta de agua ni el exceso de ella. El exceso en el suelo determina la falta de aereación que interfiere con la respiración de la raíz. Los máximos rendimientos se tendrán manteniendo la humedad óptima en el suelo. Es claro que esto es poco práctico, pero deben preferirse dar riegos ligeros a menudo que riegos pesados separados, pues con este sistema, la planta sufre dos períodos en -

que sus funciones se ven interferidas cuando el suelo está casi seco, días antes del riego y cuando está a saturación, días después del riego (3).

#### 4. Tensión hídrica en las Plantas.

La tensión hídrica o el déficit hídrico de las plantas - es uno de los conceptos más utilizados actualmente para cuantificar los efectos del factor agua en los cultivos. La tensión hídrica se define como la pérdida de agua por transpiración y absorción inadecuada y puede ir desde pequeños descensos de potencial hídrico, pasando por el marchitamiento permanente y la muerte por desecación (16).

El déficit hídrico reduce el crecimiento de las plantas al modificar los procesos fisiológicos y las condiciones que controlan al crecimiento y se caracteriza por una reducción del contenido hídrico, del potencial osmótico y del potencial hídrico total, acompañados por las pérdidas de turgencia, el cierre de los estomas y la reducción de crecimiento, de ser muy grave, la tensión hídrica tiene por resultado una reducción drástica de la fotosíntesis y perturbación de otros muchos procesos fisiológicos, cese de crecimiento y finalmente la muerte por desecación. El crecimiento de la planta por lo tanto, se encuentra directamente controlado por la tensión --

hídrica de ésta y solo indirectamente por la tensión hídrica de la atmósfera y el suelo (16).

##### 5. Antecedentes del riego por surcos Alternos.

El riego por surcos alternos ha sido estudiado recientemente en Europa, por los ingenieros Uncianschi, Renea y Botzan para dar riegos de  $500 \text{ m}^3/\text{ha}$ . a las vegas de la llanura del Danubio, el suelo se aloma como para irrigar por grandes surcos, se aplica el agua alternativamente en una de cada -- dos filas consecutivas, regando la vez siguiente por las que antes quedaron secas. Este sistema de riego solo está indi-- cado para vegetación desarrollado con raíces bastante o muy penetrantes por lo que se recomienda para frutales, maíz, -- remolacha, sorgo, algodón, etc. En América ha dado muy buen resultado, incluso con patatas en tierras francas, sin que -- se aprecien diferencias significativas en los rendimientos.

En los ensayos hechos en Rumanía, no se aprecia reduc-- ción significativa en la producción, sobre todo en vegas arcillosas y si, en cambio, un ahorro muy grande de agua y de mano de obra. Estudios publicados por Grimes, Walhood y -- Dickens en 1968, sobre algodón en el valle de San Joaquín, California, fueron realizados en suelos franco-arenosos. Las conclusiones a las que llegaron son:

- 1.- La producción de fibra es igual, o mejor; regando por surcos alternos.
- 2.- De esta manera se gastó mucho menos agua.
- 3.- Como en ningún momento está húmeda toda la tierra -- hasta su capacidad de campo, hay que tener el máximo cuidado y no demorar los riegos, de manera que en las partes que cada vez quedan en seco, la tensión de la humedad no sea nunca excesiva (13).

Con el objetivo de conocer con rigor científico la respuesta del maíz y el frijol a diferentes variantes del método de riego por surcos, se realizó el presente trabajo en el Distrito de Riego No. 03, Tula, Hgo., a nivel de prueba durante el ciclo primavera-verano 1978; el diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar, para el cultivo del frijol, los niveles ensayados fueron: surcos alterno, surco continuo y surco continuo a 0.70 m y a 1 m de separación entre uno y otro respectivamente; en maíz los niveles fueron: surco continuo y surco alterno. Los riegos se aplicaron por medio de sifones de 1.5 pulgadas, tomando como criterio de control la capa de 0-30 cm. del suelo, al 40% de la humedad aprovechable.

En base a los resultados obtenidos y las pruebas estadísticas, no se encontraron diferencias significativas entre las

diversas variantes del método de riego (1).

Estudios realizados en Mississippi, con algodón "Delta Pine", utilizando los siguientes espaciamentos de surcos son reportados, 1) 40 pulgadas, espaciamiento de surco tradicional; 2) espaciamiento alterno de 20 y 60 pulgadas entre surcos, 3) espaciamiento alterno de 40 y 80 pulgadas, además para los espaciamentos alternos se aplicaron 24 libras por acre de nitrógeno, 32 libras por acre de fósforo y 60 libras por acre de potasio con el fin de aumentar la eficiencia del uso del agua de riego en dichos tratamientos.

Los resultados obtenidos indican que el tratamiento de surcos alternos de 20 y 60 pulgadas tuvo un rendimiento más bajo que el de surcos espaciados a 40 pulgadas, pero cuando se comparó con el espaciamiento alternante de 40 y 80 pulgadas, regando dos surcos y alternando uno, ocurrió una diferencia altamente significativa y se obtuvo un aumento del 27% en el rendimiento, en comparación con el tratamiento de riego tradicional a 40 pulgadas entre surcos. El contenido de agua del suelo se determinó a una profundidad de 48 pulgadas a la mitad del surco de 40 pulgadas, también se determinó este contenido en los surcos espaciados a 80 pulgadas, encontrándose que el contenido de humedad a esa profundidad fue si

milar para ambos tratamientos, encontrándose una ligera tendencia de menor cantidad de agua en las 12 pulgadas superficiales del suelo a la mitad del intervalo de 40 pulgadas entre los surcos que en la parte media del surco espaciado a 80 pulgadas. Conclusiones generales:

1.- Rendimiento: No se mostraron diferencias significativas sembrando a intervalos alternos de 20 y 60 pulgadas entre los surcos y sembrando a un intervalo uniforme de 40 pulgadas con riego uniforme. El rendimiento del algodón sembrado en surcos alternos de 40 y 80 pulgadas regando dos y alternando uno, es significativamente más alto que el del intervalo uniforme de 40 pulgadas y éste aumento varia del 27 al 34%.

2.- Agua del suelo: El uso del agua del suelo ocurre a una profundidad algo más grande que 48 pulgadas. En un patron de dos surcos con riego y alternando uno, en espaciamiento de 40 y 80 pulgadas, hay 1.5 y 2.2 pulgadas más de agua a disposición del surco alterno, debido a la influencia del mayor desarrollo radicular causada por el efecto de la fertilización-riego, esta humedad está disponible para la planta y puede de hecho ser determinante en el rendimiento. También se reportan considerables ahorros de agua de riego en estos tratamientos.

Esto no excluye otros factores que pueden también afec--

tar significativamente este aumento del rendimiento (12).

Resultados de tres años de estudios de una nueva forma de irrigar algodón con espaciamiento variable de surcos VRS, son reportados por Longenecker y colaboradores (1969). Este nuevo modelo de espaciamiento de surcos consiste en alternar hileras de 1.37 y 0.66 m. respectivamente, con la finalidad de conservar el agua y bajar los costos de producción. El sistema VRS nos muestra que puede ser efectivo para mantener el rendimiento presentando simultáneamente, oportunidad para bajar los costos de producción a través del uso de menor -- agua para riego, bajando la evaporación, mejora la eficiencia de aplicación del agua, control más eficiente de malezas y adelanta la madurez de la cosecha, el mayor obstáculo para la adopción de este nuevo sistema por los agricultores, puede ser la inhabilidad para la recolección comercial por los modelos entre hileras variables.

Este patrón para espaciar hileras llamado VRS fue iniciado en la Estación de Investigaciones del Paso Texas, en 1964. El arreglo utilizado fue un bloque al azar con 8 tratamientos y 4 repeticiones, los espaciamientos fueron de 1.02 m convencional y alternar 1.37 m con surcos angostos de 0.66 m, usando cuatro variedades de algodón. La frecuencia regular de rieg

go en verano fue de 14 a 21 días, dando un total de 7 y 5 riegos en verano respectivamente.

Los riegos fueron aforados por medio de sifones, en el riego de pre-siembra se aplicó una lámina uniforme de 30.5 cm para todas las pruebas. El sistema VRS solo recibió la mitad del agua normalmente aplicada en siembras de verano en el total y por riego.

#### Resultados y Discusión:

La obtención de la fibra en el sistema VRS se obtuvo con mucho menos agua de riego y con mínimo laboreo. En las siembras con espaciamentos normales se dieron de 4 a 7 labores de cultivo de post-emergencia para controlar las malezas en la mayor parte de las pruebas de el VRS, se requiere poca o ninguna labor de cultivo, porque el agua es confinada a los surcos angostos y en la parte superior hay poca humedad y al final del verano hay poca luz que impide el crecimiento de malezas, las camas anchas (1.37 m) quedaron secas y se usaron para el movimiento del tractor, el control de plagas y ocasionalmente para el rebordeo de surcos.

La mayor parte de las plantas de las diferentes variedades en el sistema VRS tenían una altura menor en comparación con los tratamientos de 1.02 m entre hileras. Esto fue atri-

buído principalmente a la menor cantidad de agua de riego que se uso en el verano y consecuentemente a los grandes esfuerzos de humedad en el suelo. Las bellotas en todas las variedades de el VRS eran ligeramente pequeñas con relación al promedio, pero la fructificación fue muy uniforme.

Parece ser que con el arreglo VRS en todas las variedades se redujo la producción normal de semillas, lo que puede implicar un cierto ahorro adicional (en el despepitado). Observaciones de campo en pruebas de infestación indican que los porcentajes más bajos de aplicación de agua con el sistema VRS puede también ayudar al control de Verticillium. Se ha visto que el daño en el algodón "Acala" disminuye cuando se bajan las frecuencias de riegos de 7 a 5 (17).

Otros estudios de riego por surcos alternos muestran que las cápsulas de algodón fueron significativamente más largas que en los sistemas convencionales, así como la longitud de la fibra (15).

Musick y Dusek (1982) en base a estudios realizados suponen que el riego por surcos alternos puede aumentar la eficiencia del uso del agua de riego para la producción de maíz y sorgo de grano, reduciendo las cantidades de aplicación de agua en surcos nivelados.

Las pruebas de campo de riego por surcos alternos se realizaron en 1976-77 en maíz, y en 1979 en sorgo de grano en un suelo con permeabilidad diferencial del perfil asociada con una labranza profunda anterior.

Las pruebas consistieron en sembrar dos surcos espaciados a 0.75 m y dejar uno o dos surcos entre fajas sembradas en 1976, y un surco entre fajas sembradas en 1977 y 1979. Se regó un surco entre cada faja de surcos del cultivo. El riego por surcos alternos redujo el consumo promedio de agua de 130 hasta 60 mm. lo que representa un ahorro del 46% del riego total. El efecto de la labranza profunda casi dobló la eficiencia del consumo de agua por el cultivo, el riego por surcos alternos promedió 34% del riego de cada surco. Estos datos sugieren que la reducción del consumo del agua es más grande en los suelos más permeables.

Aunque el riego por surcos alternos redujo los rendimientos en área total, los rendimientos y las eficiencias del uso del agua de riego en base a área de surcos sembrados se incrementaron. Concluimos que el riego por surcos alternos resultó eficiente en el uso del agua de riego donde los rendimientos del surco sembrado no se redujeron abajo de los rendimientos tradicionales del riego de cada surco.

Aquí se reportan los resultados de las pruebas de riego por surcos alternos para la producción de maíz y sorgo grano

Las pruebas de "surcos alternos" se llevaron a cabo en el Laboratorio de Investigación de Conservación y Producción de USDA, Bushland, Tex., con maíz en 1976 y 1977 y con sorgo grano en 1979. El área seleccionada tenía permeabilidad diferencial asociada con efectos residuales de una labranza profunda realizada con arado grande, el uso de parcelas con permeabilidad diferencial permitió la obtención de resultados aplicables a los suelos de textura fina con un rango en las características del consumo de agua.

Se seleccionó el sistema de "surcos alternos" de dos surcos sembrados y saltar uno, como un sistema diseñado para reducir el consumo de agua en un suelo arcilloso de Pullman a la mitad del riego tradicional en surcos nivelados. Este sistema de riego intenta reducir el tamaño del riego y aumentar la eficiencia del uso de agua de riego donde ésta es limitada.

El suelo arcilloso de Pullman, es un miembro de los surcos finos, de la familia de los térmicos de los Paleustoles, este suelo tiene una estructura relativamente densa, con densidades de 1.5 a 1.7, el perfil es lentamente permeable cuan-

do esta húmedo, con tazas básicas de consumo de 1 a 3 mm/hr. El tipo de arcilla es predominantemente montorillonita. El desarrollo de grietas durante las épocas secas, causa que el suelo tenga una capacidad inicial de consumo de agua relativamente alta durante los primeros 20 a 30 minutos de 40 mm. El consumo de agua normal durante el riego estacional, promedio 100 mm.

El agua del suelo disponible a la planta en la zona efectiva de raíces a 1.2 m. esta entre  $-1/3$  y  $-15$  bars y es de 160 mm.

La acción de la aradura profunda fue para romper y parcialmente mezclar los horizontes de arcilla poco permeable a 0.4 y 0.6 m. El arado de 0.6 m. de profundidad penetró completamente este horizonte y de 0.8 m. rompió una capa de arcilla permeable en los estratos inferiores. El objetivo de esta práctica de labranza fue para observar el efecto de la labranza profunda sobre el consumo de agua y en los rendimientos del cultivo durante el período de prueba de 14 años hasta 1979.

Se uso un diseño de bloques con parcelas divididas con dos repeticiones, los tratamientos de labranza residual fueron la parcela principal, los tratamientos de surcos alternos

y todos los surcos fueron las sub-parcelas en 1976. El área de prueba y el número de parcelas se doblaron en 1977-79. Las parcelas de labranza profunda residual se dividieron para dos niveles de humedad de dos (1-1) y cuatro (1-2) riegos estacionales. Las parcelas fueron de 18 surcos de 0.75 m. de ancho y 205 m. de largo en 1976-77 y de 305 m. de largo en 1979. Los rendimientos se muestrearon en tres sitios a lo largo de la parcela en 1976-77 y en cuatro sitios en 1979.

Los híbridos sembrados fueron Dekalb XL-75 maíz en 1976, Pionner 3321 maíz en 1977, y Dekalb F-67 sorgo en 1979. Las poblaciones de plantas para maíz fueron de 50,000 a 60,000/ha. y la densidad de siembra del sorgo fue de 7 Kg/ha. Los riegos fueron aforados por medio de sifones, para conocer el volumen aplicado a cada sub-parcela. El contenido de humedad del suelo se midió mediante el método gravimétrico a profundidades de 0.3 y 1.8 m. al inicio y al final del ciclo respectivamente.

Para las parcelas de labranza normal y labranza residual profunda (0.8 m) indican excelente habilidad para agotar el agua del suelo a una distancia lateral de 0.75 m. del surco en el sistema de alternar un surco entre fajas de dos surcos sembrados, pero menos habilidad para agotar el agua del suelo en

los tratamientos de saltar dos surcos entre fajas. Sin embargo, los resultados indican que la labranza profunda mejoró la habilidad del cultivo para agotar el agua del suelo a una distancia lateral de 1.13 m. lo cual sugiere un efecto de la labranza profunda para aumentar el desarrollo radicular.

Una consideración mayor en la siembra de surcos alternos es la habilidad del cultivo para aumentar el rendimiento por surco para compensar la pérdida de rendimiento de los surcos no sembrados. Aunque el maíz y el sorgo pueden aumentar los rendimientos por surco para compensar los rendimientos del surco que se alterna, no hay ventaja de la eficiencia del uso del agua a menos que se reduzca la aplicación de agua de riego. La eficiencia del uso del agua de riego para el tratamiento de alternar un surco fue de  $2.72 \text{ Kg/m}^3$  mientras que para el tratamiento de alternar dos surcos entre fajas fue de  $2.01 \text{ Kg/m}^3$ . El riego por surcos alternos tuvo muy poco efecto en la eficiencia del uso del agua de evapotranspiración estacional. Se concluye que el sistema de saltar un surco ofrece el mejor potencial para el uso eficiente del agua.

Los resultados obtenidos en maíz en 1976 y 1977 indican que el riego por surcos alternos se puede usar para reducir la lámina de riego para maíz, pero el número de riegos normal

mente aplicados no serían reducidos. Musick y Dusek (1980) en contraron que la aplicación reducida del agua de riego para maíz reduce la eficiencia del uso del agua debido a la sensi- tividad del rendimiento a las tensiones de humedad. La res- puesta del sorgo de grano al riego por surcos alternos indica que es más tolerante que el maíz a las tensiones de humedad, y estos resultados sugieren que el riego por surcos alternos se puede usar sobre un amplio rango de aplicaciones para redu cir el tamaño y el número de aplicaciones para la producción del sorgo de grano.

La eficiencia del uso del agua calculada para el sorgo, se basó en un rendimiento no regado de 3,200 Kg/ha. de una -- área cercana que tuvo un perfil húmedo del suelo en la siem-- bra. El riego por surcos alternos aumentó la eficiencia del uso del agua en el tratamiento más húmedo (1-2) desde 1.43 pa ra el riego convencional hasta 1.76 Kg/m<sup>3</sup>, y en el tratamien-- to más seco (1-2) desde 2.55 a 2.90 Kg/m<sup>3</sup> (19).

## MATERIALES Y METODOS

### 1.- CARACTERISTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL.

#### 1.1. Localización Geográfica.-

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Autónoma de -- Nuevo León; en Marín, N.L. durante el ciclo de Primavera-Verano de 1983.

La situación geográfica del lugar es de 25°53' latitud norte y 100°03' de longitud oeste del meridiano Greenwich, la altura sobre el nivel del mar es de 367.3 metros.

#### 1.2. Características del clima.-

Según el sistema de Koppen, modificado por García (1973) el clima de la región comprendida por el Municipio de Marín, N.L. es representado por:

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

Donde los términos significan:

$BS_1$ : Clima seco o árido con régimen de lluvias en verano siendo el menos seco de los BS.

$(h')h$ : Temperatura anual sobre 22°C y bajo 18°C en el mes más frío.

- x' : El régimen de lluvias se presentan como intermedias entre verano e invierno con un porcentaje de lluvia invernal mayor de 18.
- (e') : Oscilación anual de temperaturas medias mensuales mayor de 18 siendo las más extremosas.

La precipitación pluvial promedio es de 400-500 mm. anuales y una temperatura media anual de 17.93°C, las temperaturas máximas se registran en los meses de Julio y Agosto y -- las temperaturas mínimas en Enero y Febrero.

Las mayores precipitaciones del año se presentan en los meses de Julio-Septiembre.

### 1.3. Suelo del sitio experimental.-

El suelo donde se realizó el experimento es de textura arcillosa, este suelo es moderadamente profundo pero se observó "piso de arado" a la profundidad de 60 cm.

## 2.- ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL SUELO DEL LOTE EXPERIMENTAL.

Para la determinación de las características físicas y químicas del suelo, se tomaron 3 muestras compuestas del suelo representativas del lote, cada muestra se tomó a la profundidad de 0-30, 30-60 y 60-90 cm. Estas muestras se anali-

zaron en el Laboratorio de Suelos de la F.A.U.A.N.L.

### 2.1. Constantes hídricas del suelo.-

Se determinaron los parámetros de capacidad de campo - - (C.C.) y punto de marchitez permanente (P.M.P.), a una profundidad de 90 cm., las determinaciones se efectuaron por el método de las texturas en el Laboratorio de Suelos de la F.A.U.A.N.L.

CUADRO 1.- Valores de C.C. y P.M.P. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos" durante el ciclo Primavera-Verano, 1983 en Marín, -- N.L.

ESTRATO	Prof. (cm)	C.C.	P.M.P.
1	0 - 30	25.31	10.36
2	30 - 60	26.88	11.48
3	60 - 90	25.38	12.15

### Densidad Aparente:

Para la determinación de la densidad aparente (Da.). Se utilizó el método de los cilindros de volumen conocido, y el método de la parafina, los datos se observan en el cuadro 2.

CUADRO 2.- Valores de la densidad aparente (Da.) para cada uno de los tres estratos de 30 cm de espesor. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos" durante el ciclo Primavera-Verano, 1983 en Marín, N.L.

ESTRATO	Prof. (cm)	Da. (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0 - 30	1.27
2	30 - 60	1.42
3	60 - 90	1.50

### 3.- MATERIALES.

Para la preparación del terreno: Tractor, arado, rastra, bordeadora, hilos, cal, cinta métrica y estacas.

Para la siembra: Tractor, sembradora de maíz, semilla de maíz.

Para el muestreo de suelos: Barrena Veihmeyer, frascos de cristal, balanza analítica, estufa, barrena para densidad aparente, pala pozera, bolsa de plástico, tamiz.

Para los riegos: Azadones, palas, apisonador de suelo, sifones de 1 pulgada de diámetro, sifonímetros, cronómetro, reglas.

Otros: Costales, insecticida, mochila aspersora, etiquetas.

#### 4.- DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.

El diseño experimental fue el de bloques al azar con tres tratamientos y tres repeticiones.

Los tratamientos fueron los siguientes:

- 1.- Riego por surcos alternos durante la etapa vegetativa del cultivo.
- 2.- Riego por surcos alternos durante todo el ciclo del cultivo.
- 3.- Riego por surcos alternos durante todo el ciclo del cultivo (riego non surcos nones, riego par surcos pares).

Teniendo tres tratamientos y tres repeticiones nos dá un total de nueve unidades experimentales, el área de cada unidad experimental fue de  $96.6 \text{ m}^2$ , 7 surcos de 15 m. de largo espaciados a 0.92 m.

La parcela útil fueron los tres surcos centrales eliminando un metro de cabeceras.

## 5.- TRABAJOS DE CAMPO.

5.1. Preparación del terreno.- Consistió en un barbecho y dos pasos cruzados de rastra, se trazó un canal principal y cuatro secundarios. Inmediatamente después se procedió a levantar manualmente los bordos correspondientes a las unidades experimentales.

5.2. Siembra.- Se realizó en forma mecánica el día 1º de Marzo de 1983, no se dio riego de pre-siembra ya que se aprovechó la humedad residual de lluvias anteriores, se utilizó la variedad "NL-VS-2", la distancia entre plantas fue de 25 cm y entre surcos de 92 cm, la germinación ocurrió el día 10 de Marzo del mismo año.

5.3. Riegos.- Se aplicaron por medio de sifones de una pulgada de diámetro previamente calibrados. El primer riego se alargó ya que hubo precipitaciones, se aplicó los días 4 y 5 de Abril de 1983 para uniformizar los tratamientos.

Previamente se hizo un muestreo de humedad hasta 90 cm y se calculó la lámina de riego a aplicar para llevar el suelo a capacidad de campo.

Los siguientes riegos se aplicaron en base a los tratamientos, calculando la lámina de riego a aplicar para cada par

cela experimental en base al abatimiento del testigo, dicho abatimiento se sacaba mediante el porcentaje de humedad y cuando éste llegaba al 50% del abatimiento se procedía a calcular las láminas para todos los tratamientos hasta llevar el suelo a capacidad de campo.

5.4. Muestreo de humedad.- Para medir el contenido de humedad en el suelo se utilizó el método gravimétrico, realizando muestreos antes y después de cada riego, también después de la germinación y en eventos de lluvia muy pronunciadas.

Las muestras se tomaban en los surcos 3, 4 y 5 de cada unidad experimental a las profundidades de 0-30, 30-60 y 60-90 cm. de cada surco; haciendo un total de 9 muestras por unidad experimental, dando un total de 81 muestras en cada muestreo.

5.5. Control fitosanitario.- En las primeras etapas del cultivo se presentaron algunas plagas como trips, por lo que se hizo necesaria la aplicación de folidol a razón de 25 ml. por mochila de 15 litros, las malezas que se presentaron después del primer riego fueron eliminadas en forma mecánica, mediante una escarda. Hubo algunas otras plagas como gusano elotero y algunas plantas con enfermedades carbonosas, pero su incidencia fue baja, por lo que no fue necesaria la aplicación de productos químicos.

5.6. Cosecha.- La cosecha se realizó manualmente el día 1º de Julio de 1983, se tomó como parcela útil una área de 2.76 x 13 m. que eran los surcos centrales (3, 4 y 5) de cada parcela experimental, se cosechó cada surco por separado para hacer comparaciones entre surcos y posteriormente desgranar-- las a mano y pesar el grano para determinar el rendimiento de cada parcela experimental.

## RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados del experimento "Distribución de la humedad en el suelo en el método de riego por surcos alternos" efectuado en el ciclo de Primavera Verano de 1983, en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

### Tratamiento 1.-

Con lo que respecta a la humedad residual para el tratamiento 1 (riego por surcos alternos durante la etapa vegetativa del cultivo) se observó que existe gran similitud en la distribución de la humedad a lo largo del perfil del suelo en los tres surcos analizados, como se muestra en la figura 1; además puede observarse que en el primer estrato (0-30) el contenido de humedad es mucho mayor que en los estratos inferiores como se muestra en la tabla 1.

Este contenido de humedad influyó para que hubiera una buena germinación en todo el experimento, no habiendo necesidad de dar riego de pre-siembra ni para la germinación, pues se aprovecharon las lluvias (los datos de precipitación se muestran en cuadro 7 del Apéndice).

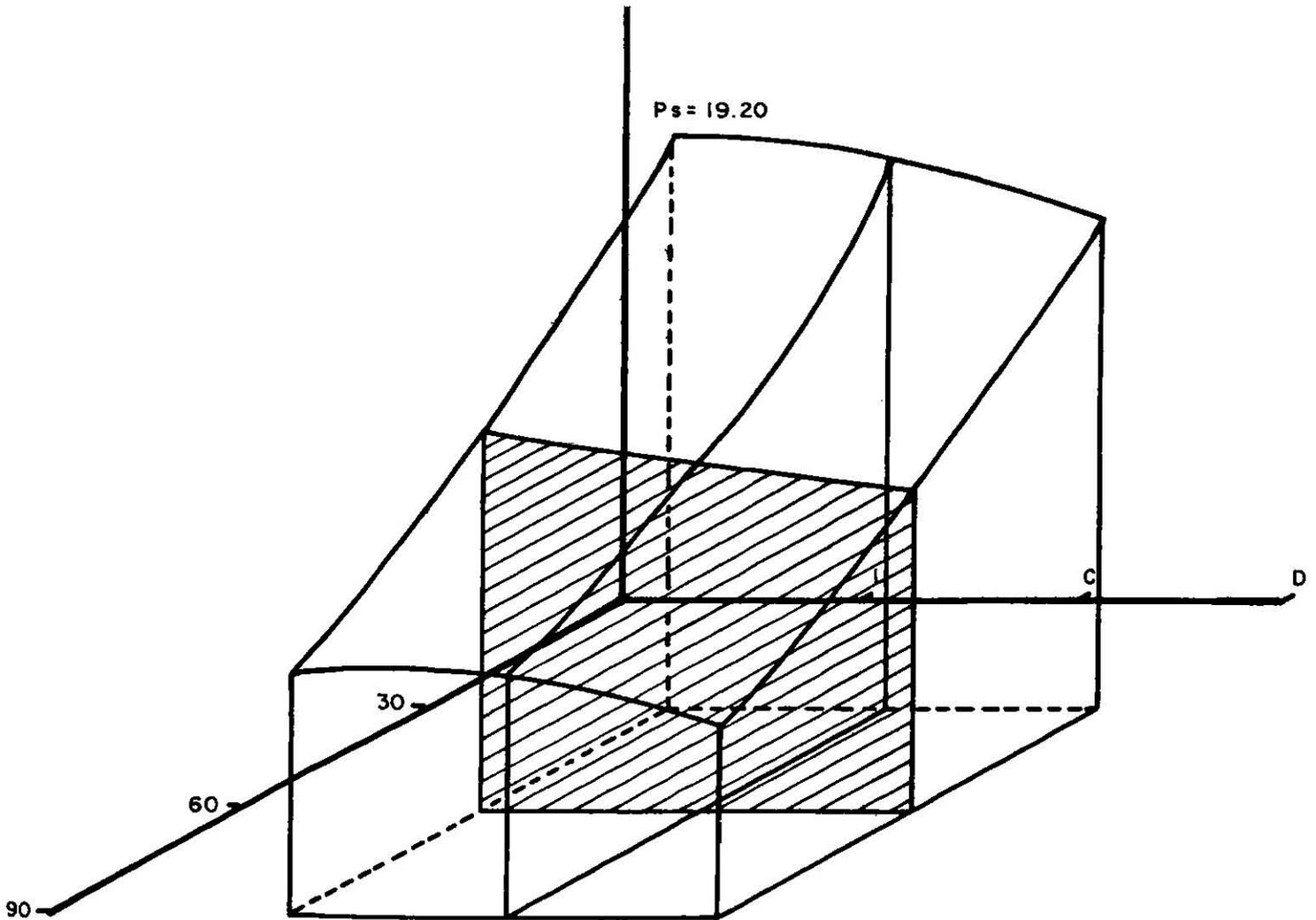


FIGURA 1.- Distribución de humedad al momento de la germinación (10 de Marzo de 1983), para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos" Marín, N.L. 1983.

TABLA 1.- Contenido de humedad (Ps) al momento de la germinación (10 de Marzo de 1983), para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego - por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	20.13	18.01	19.48	19.20
	30 - 60	18.77	16.73	13.91	16.47
	60 - 90	15.57	15.28	12.30	14.38
CENTRAL	0 - 30	18.70	20.21	17.70	18.87
	30 - 60	16.13	17.72	13.88	15.91
	60 - 90	15.81	14.91	12.73	14.48
DERECHO	0 - 30	18.33	17.54	18.02	17.96
	30 - 60	15.26	16.76	15.00	15.67
	60 - 90	13.85	14.51	13.04	13.80

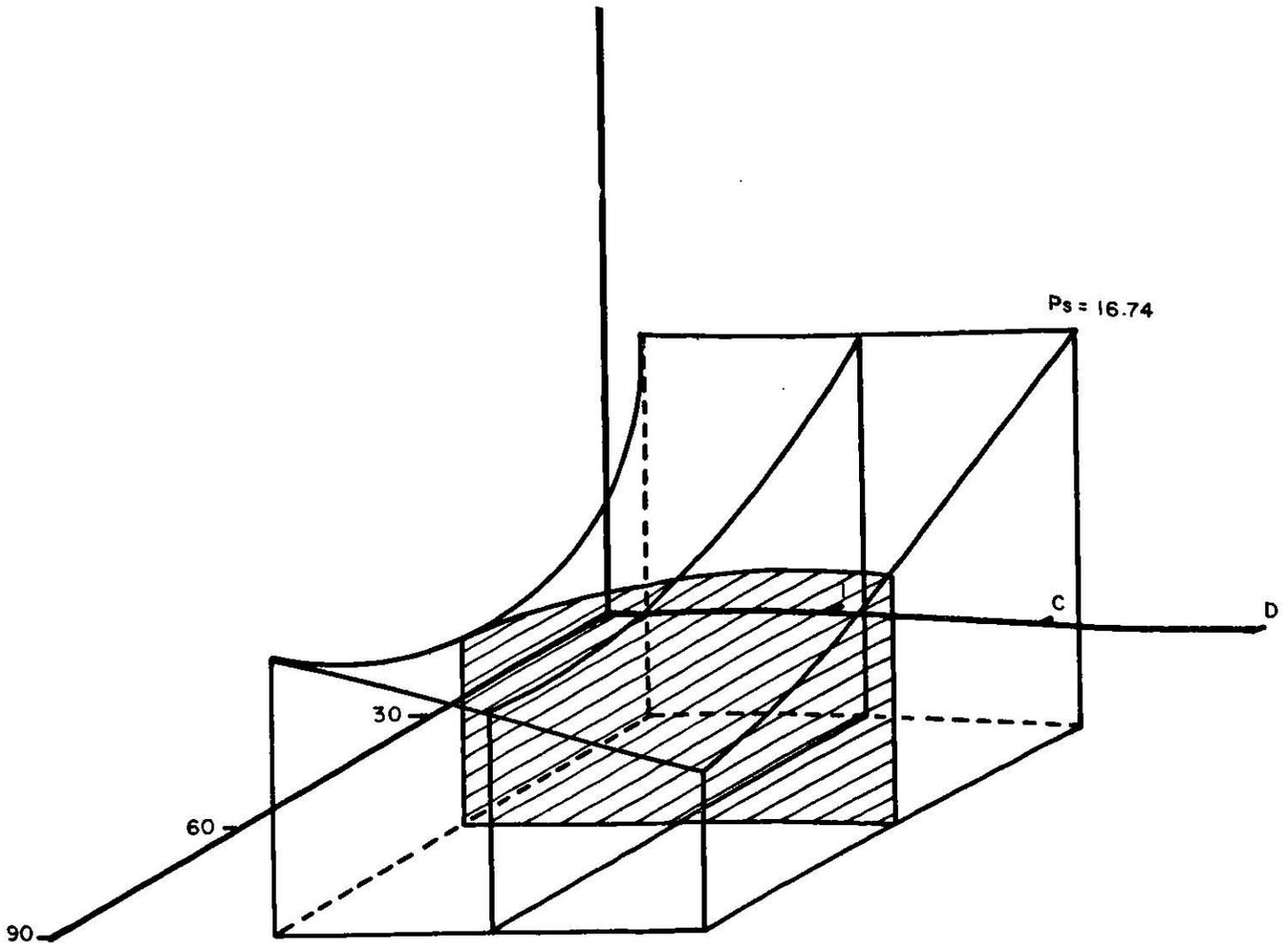


FIGURA 2.- Distribución de humedad antes del primer riego (4 - de Abril de 1983), para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 2.- Contenido de humedad (Ps) antes del primer riego - (4 de Abril de 1983), para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	16.24	16.47	16.27	16.32
	30 - 60	10.22	16.25	14.12	13.53
	60 - 90	16.98	15.16	12.42	14.85
CENTRAL	0 - 30	14.62	17.33	16.89	16.28
	30 - 60	12.58	16.29	13.92	14.26
	60 - 90	13.34	15.72	13.06	14.04
DERECHO	0 - 30	15.02	17.21	18.00	16.74
	30 - 60	15.43	15.38	12.59	14.46
	60 - 90	14.93	12.03	12.20	13.05

Al efectuar el primer riego para este tratamiento, se regaron los surcos de los extremos dejando el surco del centro - sin regar. Esto es, el surco izquierdo y el derecho se regaron con una lámina normal que se calculó en base al abatimiento - del cultivo.

En la figura 3 se puede observar claramente esta situa- - ción, pues el surco del centro tiene mucho menor contenido de humedad en sus tres estratos que los surcos izquierdo y dere- - cho, esto nos indica que no hubo movimiento horizontal del - - agua en el suelo, o si lo hubo este no fue el suficiente para humedecer el surco del centro.

Por otra parte, en los surcos regados puede observarse - que aunque la lámina de agua aplicada fue calculada hasta 90 cm. Esta no se distribuyó uniformemente a lo largo del perfil del suelo, en la tabla 2, puede observarse como existe gran di- - ferencia entre el contenido de humedad del estrato de 0-30 cm y el estrato de 60-90 cm. Esto puede atribuirse a que hubo al- - gunos errores al aplicar los riegos a cada tratamiento pues ge- - neralmente se hicieron con personal que no son expertos.

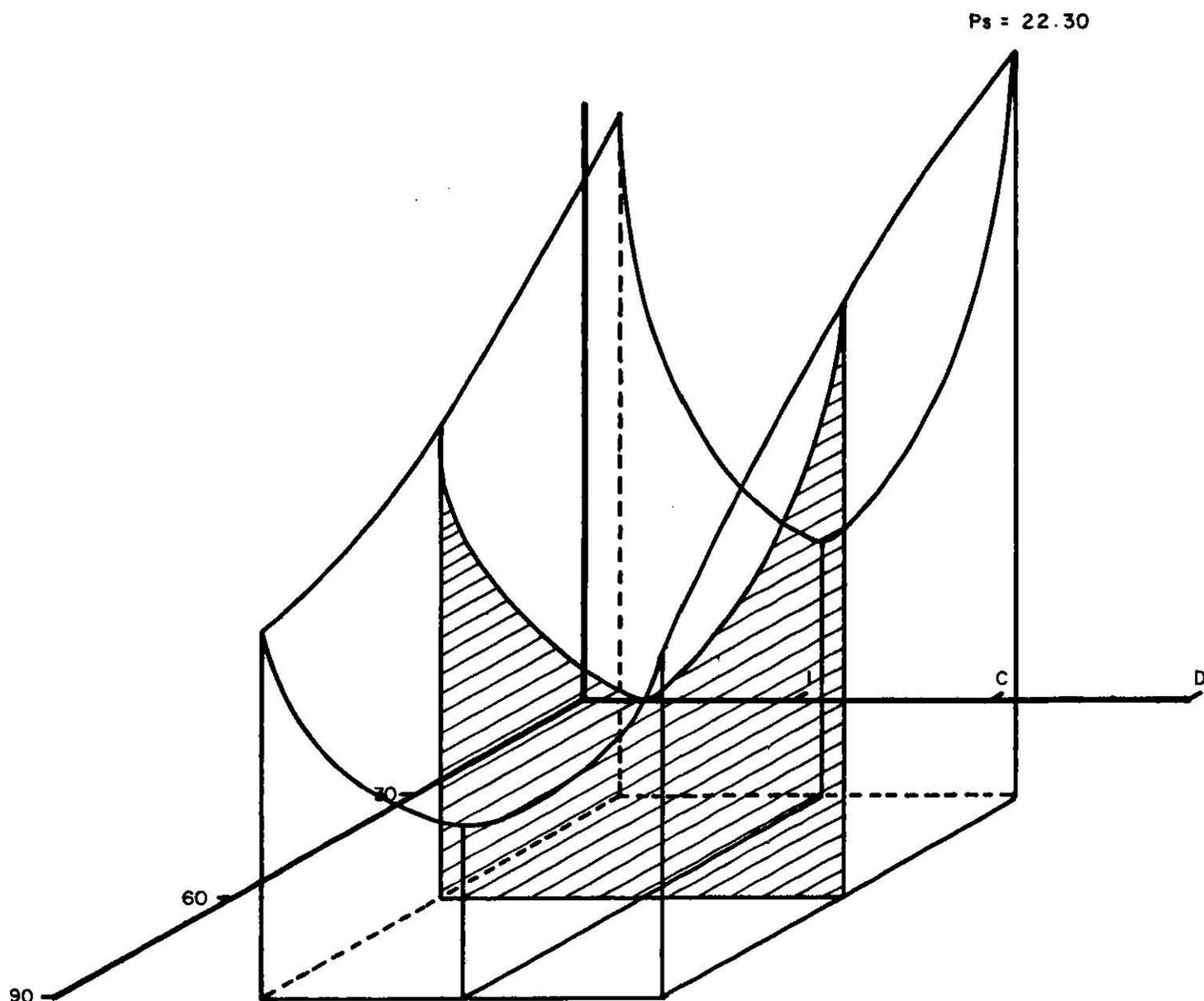


FIGURA 3.- Distribución de humedad después del primer riego (10 de Abril de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 3.- Contenido de humedad (Ps) después del primer riego (10 de Abril de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	20.06	21.68	22.49	21.41
	30 - 60	17.45	19.95	16.59	17.99
	60 - 90	16.21	17.05	16.31	16.52
CENTRAL	0 - 30	14.02	15.38	15.18	14.86
	30 - 60	12.00	14.64	13.51	13.88
	60 - 90	12.51	14.27	13.90	13.56
DERECHO	0 - 30	21.19	23.20	22.51	22.30
	30 - 60	19.27	20.69	20.48	20.13
	60 - 90	17.13	15.47	16.16	16.25

El contenido de humedad antes del segundo riego se encuentra muy uniforme como se muestra en la figura 4. Aquí hay que hacer notar que el contenido de humedad del surco del centro aumentó con respecto al muestreo anterior, esto nos muestra que el movimiento lateral del agua en el suelo no se manifiesta inmediatamente después del riego si no a través de -- cierto tiempo, pero dicho movimiento es poco debido tal vez a la distancia tan grande entre los surcos.

Por otra parte, en los surcos que habían sido regados, -- el contenido de humedad disminuyó considerablemente como se -- puede observar en la tabla 4. Esto debido a que por una parte el cultivo consumió parte de la humedad y la otra debido a las altas temperaturas que se presentaron en esas fechas.

En general se puede decir que antes del segundo riego es bastante buena la distribución de la humedad a lo largo de -- los surcos, no siendo así en cuanto a porcentaje, pues este -- como se observa en la tabla 4, es muy bajo; no existiendo una diferencia muy marcada entre estratos, lo que quiere decir -- que el contenido de humedad se tiende a equilibrar a través del tiempo.

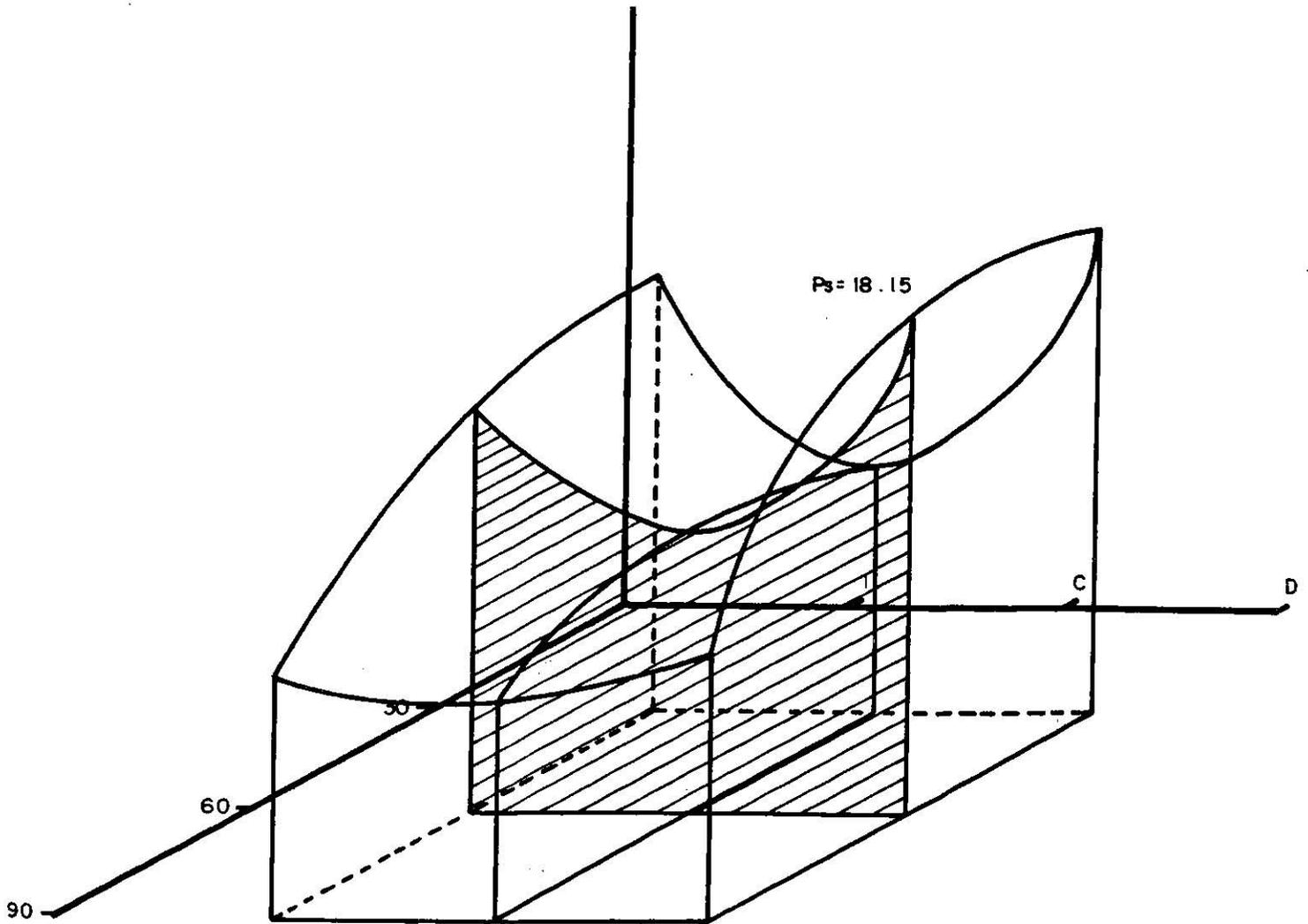


FIGURA 4.- Distribución de humedad antes del segundo riego - - (26 de Abril de 1983) para el tratamiento 1. "Dis-  
tribución de la humedad en el método de riego por -  
surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 4.- Contenido de humedad (Ps) antes del segundo riego - (26 de Abril de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	17.22	15.76	18.46	17.14
	30 - 60	16.42	16.82	16.83	16.69
	60 - 90	14.82	14.12	14.34	14.42
CENTRAL	0 - 30	15.37	15.09	13.07	14.51
	30 - 60	15.97	13.73	15.31	15.00
	60 - 90	14.95	13.01	14.13	14.03
DERECHO	0 - 30	19.20	17.52	16.79	17.83
	30 - 60	18.16	17.52	18.79	18.15
	60 - 90	14.06	14.70	15.72	14.82

Al muestrear el contenido de humedad después del segundo riego, encontramos que la humedad sigue cierta tendencia a -- uniformizarse en los tres surcos, dicha tendencia es más marcada en el estrato inferior 60-90 cm en donde el contenido de humedad es casi igual para los tres surcos, en los demás estratos sigue habiendo diferencia del contenido de humedad de los surcos que se regaron y el contenido de humedad del surco del centro, aunque ésta diferencia es menor comparada con la del primer riego.

En la figura 5 se puede observar como a medida que se -- van dando los riegos, la infiltración lateral se va haciendo presente y analizando los porcentajes de humedad de la tabla 5, encontramos dicha similitud. Aunque en el estrato de 0-30 cm del surco del centro (que no se regó el contenido de humedad es muy bajo con respecto al contenido de humedad de los surcos izquierdo y derecho que si se regaron) lo que ratifica que el movimiento lateral del agua se da solo en los estratos inferiores.

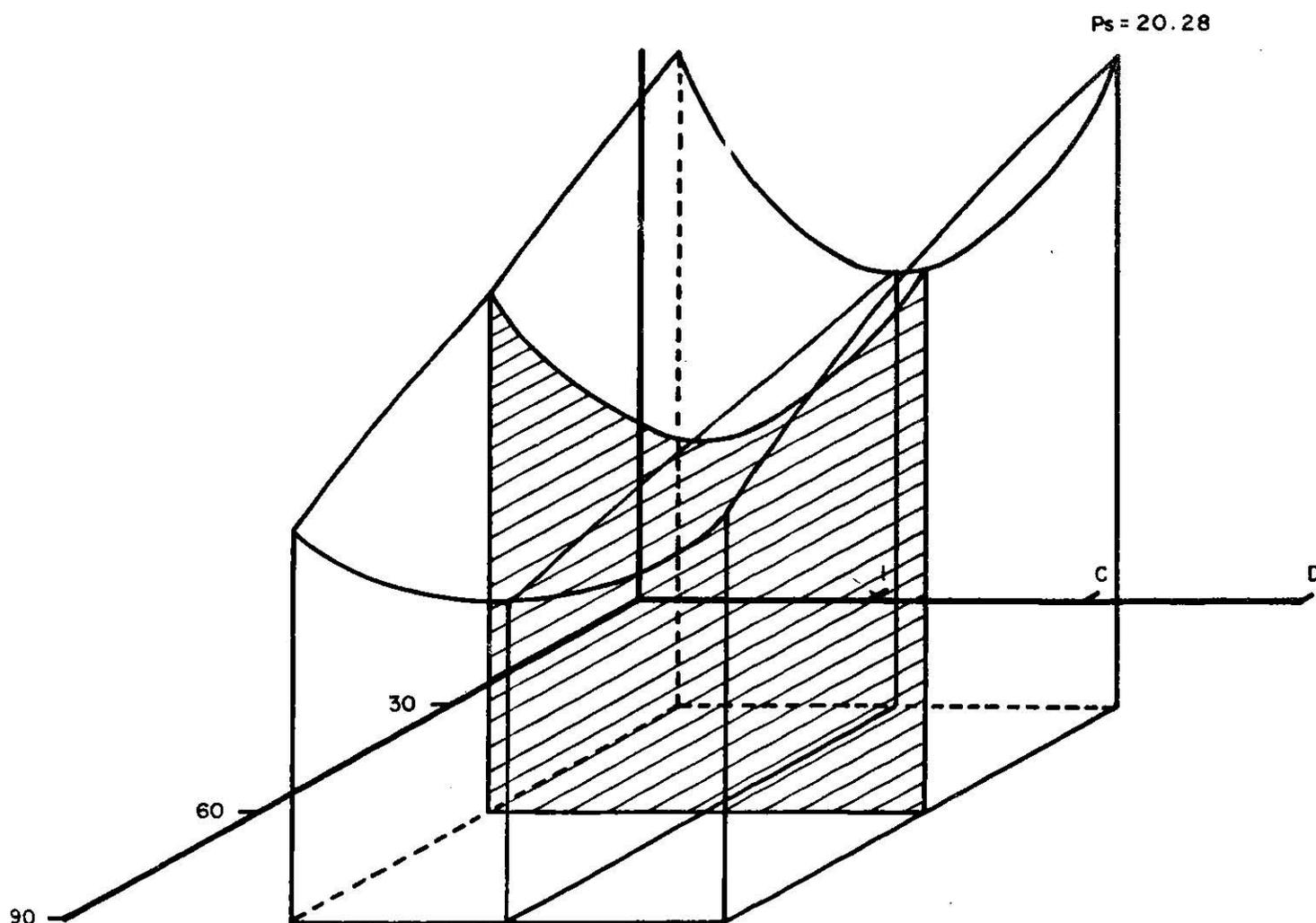


FIGURA 5.- Distribución de humedad después del segundo riego - (4 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 5.- Contenido de humedad (Ps) después del segundo riego (4 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	19.89	20.60	20.03	20.17
	30 - 60	18.89	17.64	18.30	18.27
	60 - 90	18.16	14.40	16.79	16.45
CENTRAL	0 - 30	18.87	15.13	17.03	17.01
	30 - 60	17.90	14.82	15.80	16.18
	60 - 90	16.32	14.59	15.18	15.36
DERECHO	0 - 30	18.28	22.21	20.35	20.28
	30 - 60	17.12	20.37	18.81	18.76
	60 - 90	17.06	15.18	18.32	16.85

Antes del tercer riego es bastante bajo el contenido de humedad para los tres surcos muestreados como se ilustra en la figura 6, pues en ella puede observarse que no existe gran diferencia entre el contenido de humedad del primer estrato - 0-30 cm y el contenido de humedad de el último estrato 60-90 cm., para los tres surcos con lo que respecta a la distribución de la humedad, ésta sigue siendo menor en el surco del centro pero no hay gran diferencia a la de los surcos de los extremos.

En la tabla 6 encontramos que en el surco izquierdo existe mayor contenido de humedad en los dos primeros estratos; con respecto a los surcos del centro y derecho, esto se puede atribuir a que el contenido de humedad tomado y graficado es solo una media de tres repeticiones muestreadas por cada tratamiento o bien a algún error de muestreo.

Al igual que antes del segundo riego, la humedad existente en el suelo está bien distribuido a lo largo de los perfiles y de los surcos como se muestra en la figura 6, pero es bastante bajo en cuanto a porcentaje como se muestra en la tabla 6.

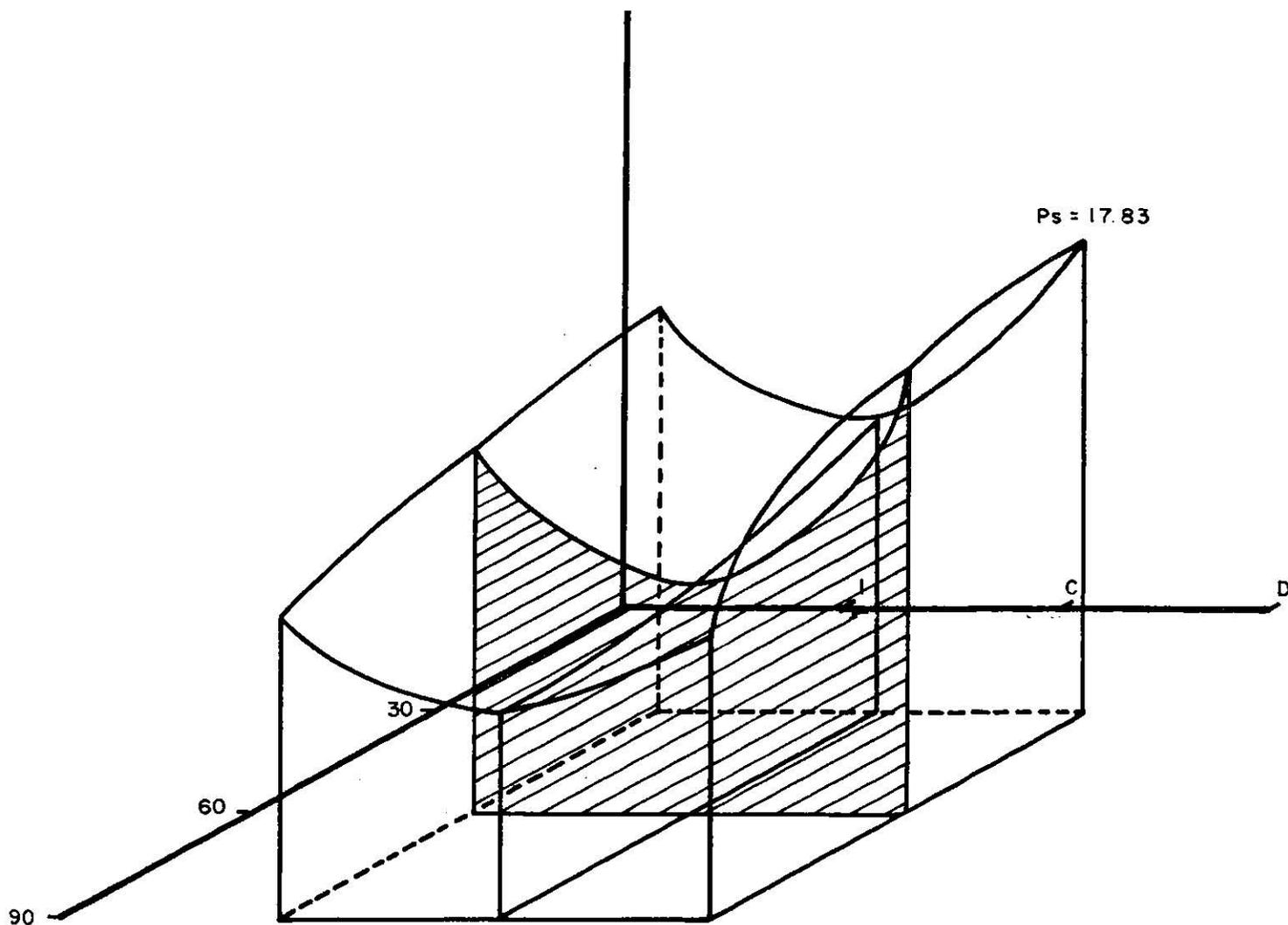


FIGURA 6.- Distribución de humedad antes del tercer riego - - (11 de Mayo de 1983) para el tratamiento 1. "Dis--tribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 6.- Contenido de humedad (Ps) antes del tercer riego --  
 (11 de Mayo de 1983) para el tratamiento 1. "Distri  
 bución de la humedad en el método de riego por sur-  
 cos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	X
IZQUIERDO	0 - 30	16.90	16.49	16.73	16.70
	30 - 60	15.87	16.62	16.22	16.23
	60 - 90	15.11	15.47	15.36	15.31
CENTRAL	0 - 30	15.06	15.25	15.17	15.16
	30 - 60	14.32	14.37	14.09	14.26
	60 - 90	14.14	14.06	14.00	14.06
DERECHO	0 - 30	17.22	18.36	17.91	17.83
	30 - 60	16.91	17.92	17.39	17.40
	60 - 90	14.42	15.37	15.48	15.09

Después del tercer riego encontramos contenidos de humedad más altos con respecto al segundo y primer riego en los surcos que fueron regados (izquierdo y derecho) y el surco -- que no se regó (centro) el contenido de humedad se encuentra bastante uniforme en sus tres estratos pero muy bajo comparado con el surco izquierdo y derecho. Dichas deducciones las podemos observar en la figura 7, en la cual se muestra que el contenido de humedad de los primeros estratos es bastante alto y no existe gran diferencia al contenido de humedad del -- último estrato. Lo mismo pasa para el surco del centro, en -- donde el contenido de humedad es más bajo, pero es bajo en -- los tres estratos por lo que se puede decir que existe buena distribución de la humedad a lo largo de los perfiles del suelo.

Con lo que respecta al movimiento lateral del agua puede decirse que es aceptable, pues al analizar el muestreo ante-- rior, observamos que el contenido de humedad del surco del -- centro aumentó (sin haber sido regado) siguiendo la misma tendencia que del primero al segundo riego.

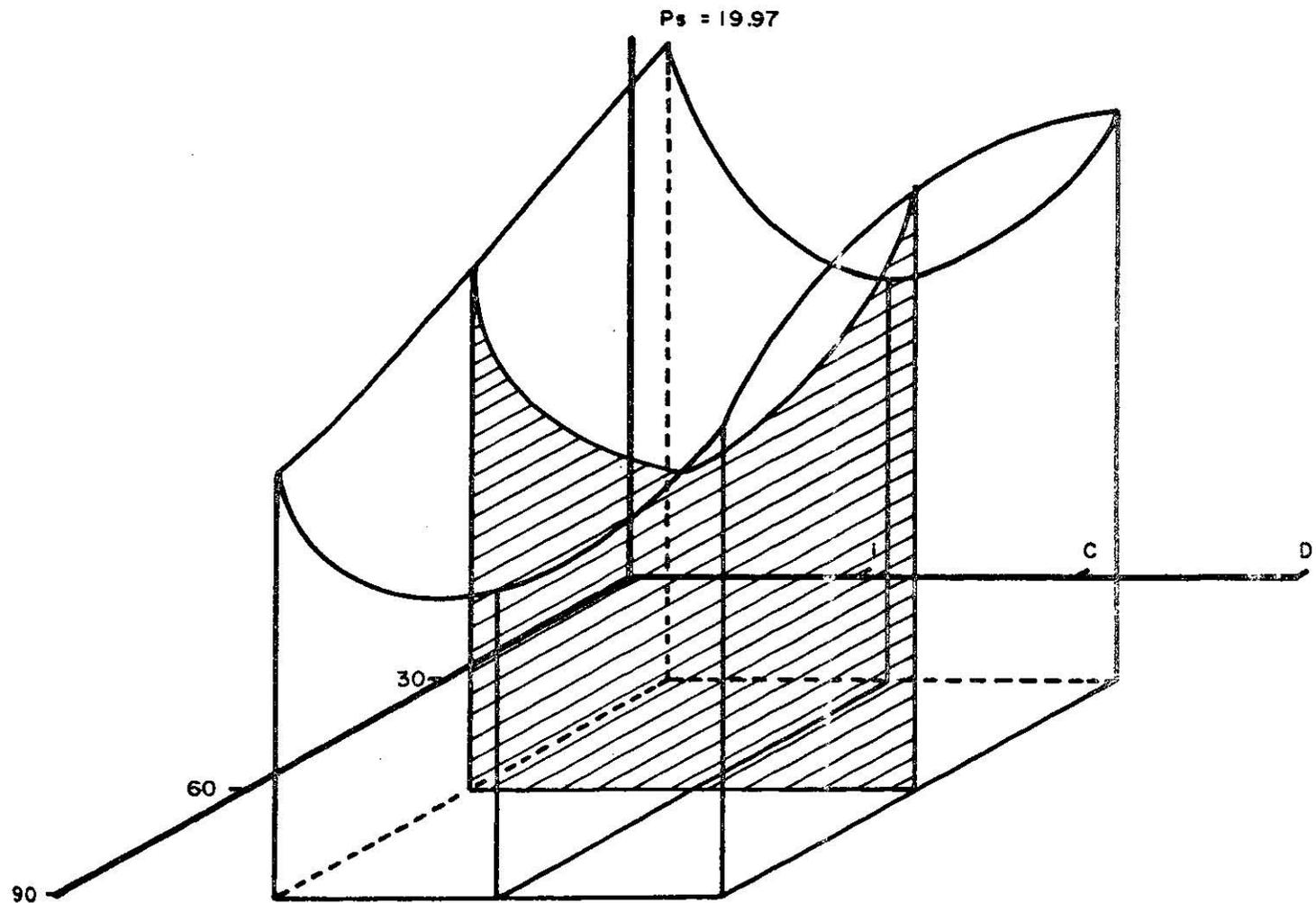


FIGURA 7.- Distribución de humedad después del segundo riego - (24 de Mayo de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 7.- Contenido de humedad (Ps) después del segundo riego (24 de Mayo de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	20.30	19.89	19.68	19.97
	30 - 60	18.45	17.94	18.72	18.37
	60 - 90	17.26	16.52	17.06	16.94
CENTRAL	0 - 30	17.51	15.61	16.60	16.57
	30 - 60	16.95	14.09	15.32	15.45
	60 - 90	16.83	14.32	15.01	15.38
DERECHO	0 - 30	19.61	20.61	19.42	19.88
	30 - 60	20.42	19.38	18.59	19.46
	60 - 90	17.35	117.24	17.91	17.50

La figura 8 nos muestra la distribución de la humedad en el suelo después de la lluvia. Aquí se puede observar una excelente distribución en los tres surcos, además que el contenido de humedad es bastante alto para los tres estratos de los tres surcos. A diferencia de todos los demás muestreos que el contenido de humedad del último estrato llega a ser casi igual y en el surco derecho es mayor que el contenido de humedad del primer estrato.

Es importante hacer notar también que se uniformizó el contenido de humedad en todo el suelo, y por otro lado, con los riegos aunque éstos fueron lo más correctamente posible, nunca se logro esto.

En la tabla 8 se muestran los valores de contenido de humedad y aunque estos debieran ser exactamente los mismos, pues cayó la misma cantidad de agua de lluvia en todo el terreno no lo son, o son mínimamente diferentes, por lo que puede decirse que hubo algo de error en el muestreo, pero observando la figura 8, nos damos cuenta que el error es mínimo.

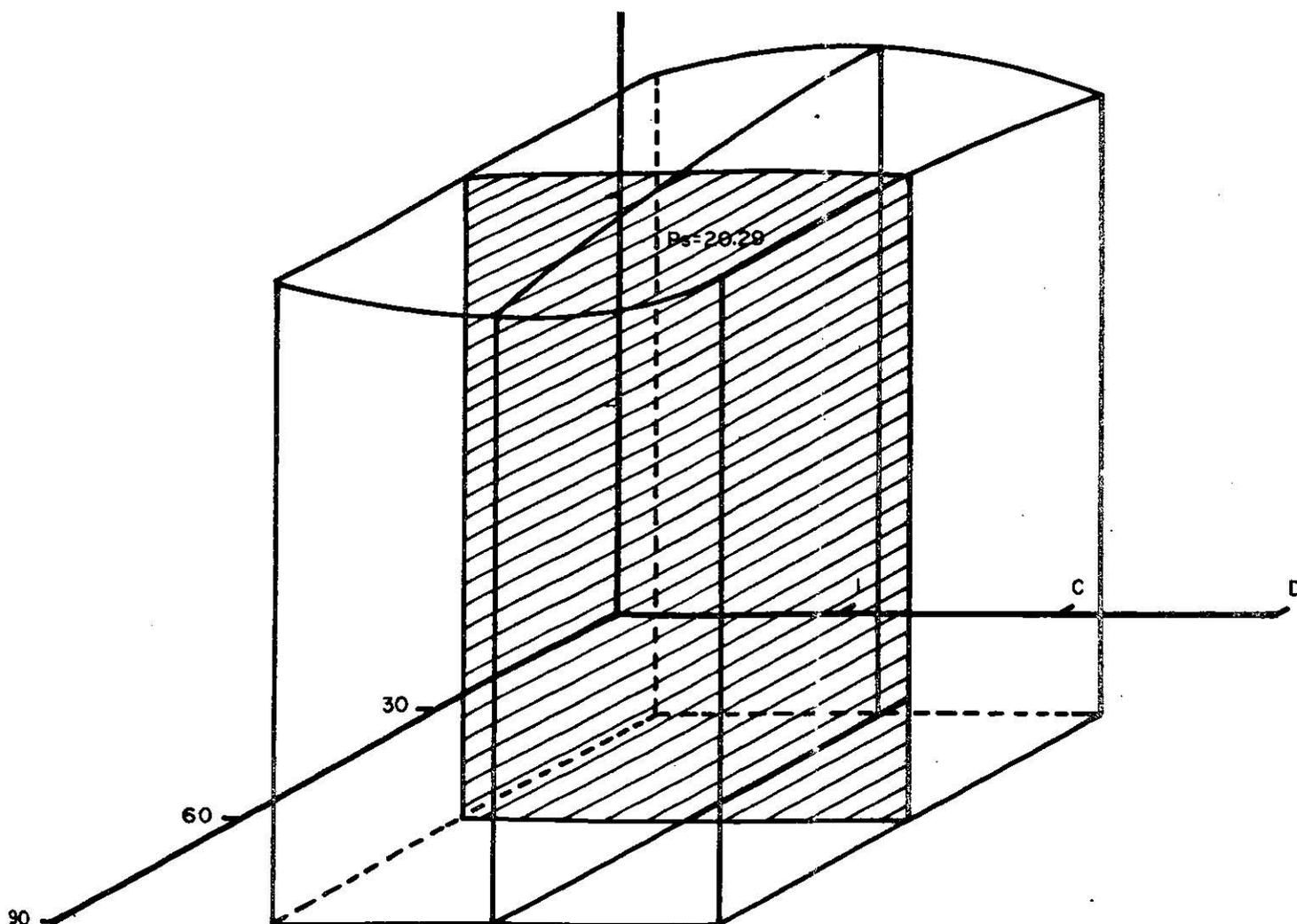


FIGURA 8.- Distribución de humedad ( $P_s$ ) después de la lluvia - (9 de Junio de 1983) para el tratamiento 1. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 8.- Contenido de humedad (Ps) después de la lluvia - -  
 (9 de Junio de 1983) para el tratamiento 1. "Dis--  
 tribución de la humedad en el método de riego por  
 surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	19.47	20.57	20.52	20.18
	30 - 60	20.87	18.89	20.21	19.99
	60 - 90	20.47	19.76	19.89	20.04
CENTRAL	0 - 30	21.44	18.63	21.56	20.54
	30 - 60	20.82	19.71	20.32	20.28
	60 - 90	20.44	17.96	20.58	19.66
DERECHO	0 - 30	19.21	21.35	19.09	19.88
	30 - 60	20.15	20.46	20.12	20.24
	60 - 90	19.67	20.51	20.70	20.29

Tratamiento 2, riego por surcos alternos durante todo el ciclo del cultivo.

Analizando la humedad residual del tratamiento 2, encontramos que existe una distribución similar a la del tratamiento 1. En la figura 9 se puede observar que los tres surcos tienen semejante contenido de humedad, además se observa que en los estratos existe también contenidos de humedad que semejan mucho los de un surco a otro.

Encontramos también que existe una gran diferencia entre el contenido de humedad del primer estrato 0-30 cm. y el contenido de humedad del último estrato 60-90 cm. y esto no puede adjudicarse a algún error pues éste muestreo se realizó al momento de la germinación cuando todavía no se daba ningún riego.

En este tratamiento al igual que en los demás, fue importante contar con un buen contenido de humedad en el estrato 0-30 cm, pues influyó en que hubiera una germinación uniforme.

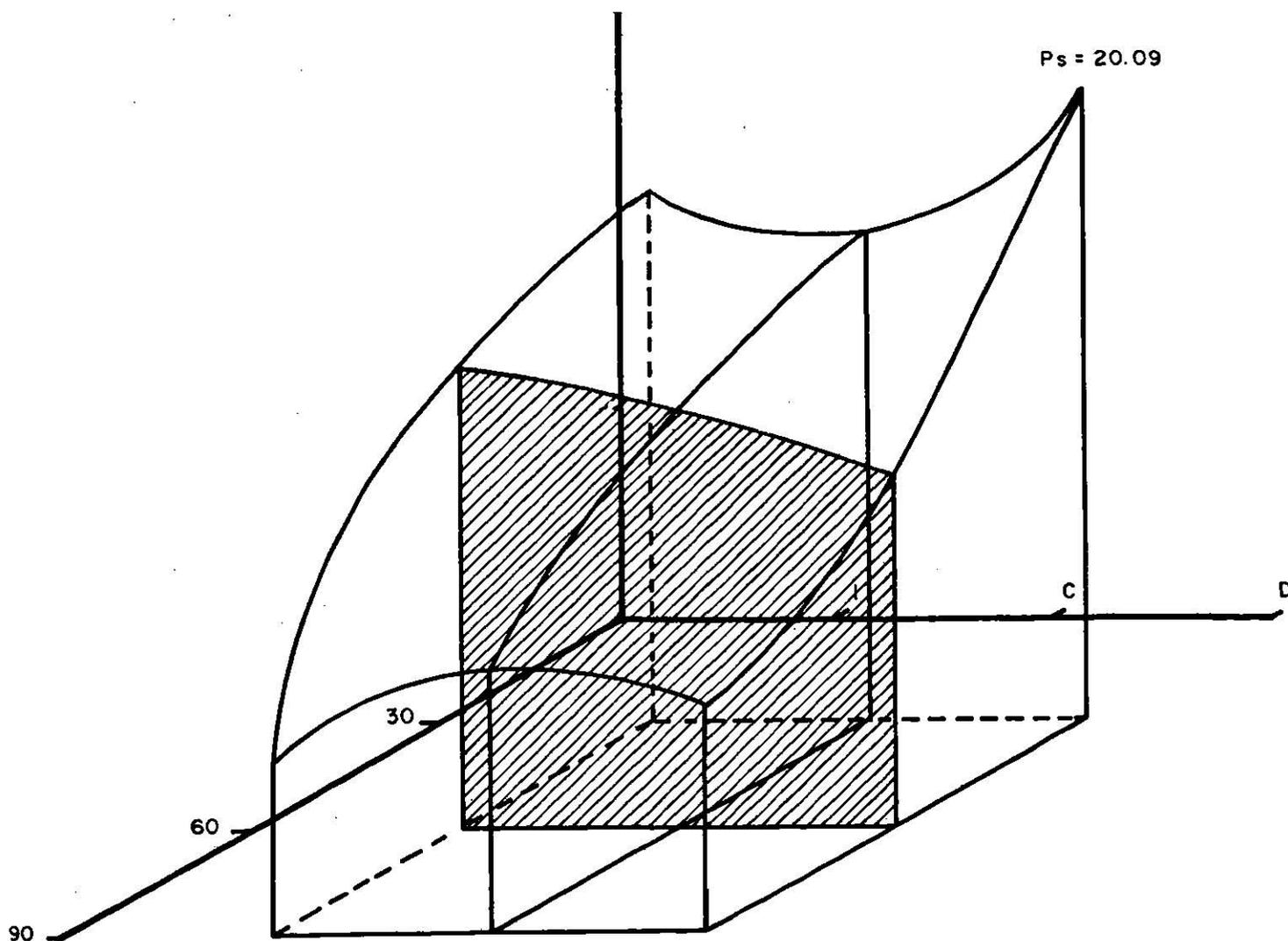


FIGURA 9.- Distribución de humedad al momento de la germinación (10 de Marzo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 9.- Contenido de humedad (Ps) al momento de la germinación (10 de Marzo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego - por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	18.20	19.27	18.44	18.63
	30 - 60	19.43	19.34	15.84	17.53
	60 - 90	10.54	14.51	15.36	13.47
CENTRAL	0 - 30	17.41	18.32	18.28	18.00
	30 - 60	20.96	16.01	13.81	16.92
	60 - 90	15.61	14.69	13.95	14.75
DERECHO	0 - 30	23.67	20.00	16.61	20.09
	30 - 60	17.00	17.52	13.60	16.04
	60 - 90	14.83	14.37	13.30	14.26

El contenido de humedad existente en el suelo antes del primer riego para este tratamiento, se muestra en la figura 10; y puede observarse que disminuyó para todos los surcos en los primeros dos estratos con respecto al muestreo anterior, sin embargo, en el último estrato 60-90 cm. de los tres surcos, el contenido de humedad permaneció igual e incluso en el surco izquierdo dicho estrato se encuentra con un contenido de humedad ligeramente mayor que el muestreo anterior. Este puede ser debido probablemente a que el cultivo estaba muy pequeño y solamente consumía el agua de los estratos superiores que además era afectada por la evaporación.

En la tabla 10 podemos observar que el surco izquierdo y el surco del centro tienen semejante contenido de humedad en sus dos primeros estratos, además dicho contenido de humedad bajo proporcionalmente con respecto al muestreo anterior. El surco derecho bajó considerablemente su contenido de humedad no siendo éste proporcional a los otros dos surcos, esta baja se puede ser debido a muchos factores como son malezas, error de muestreo, etc.

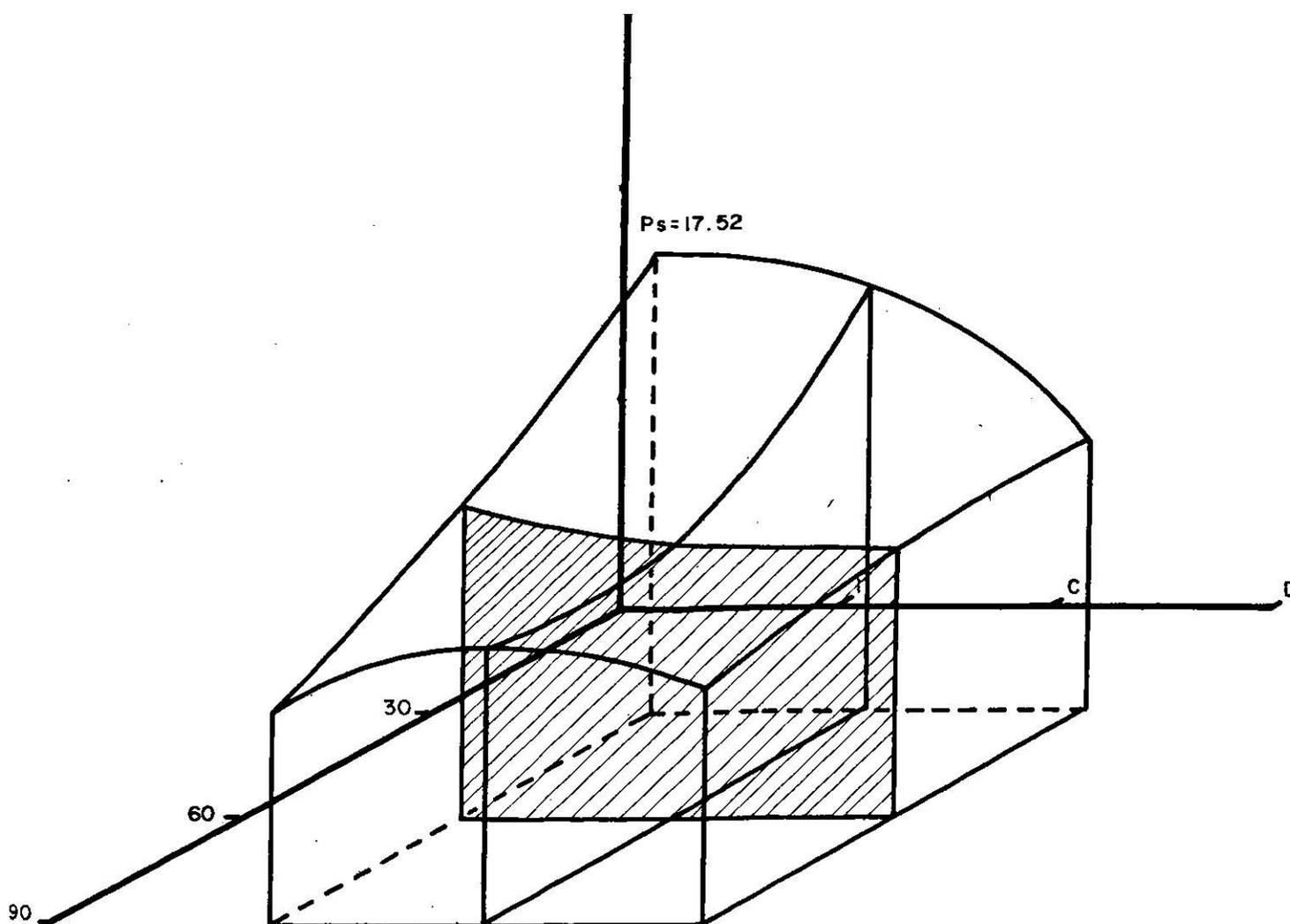


FIGURA 10.- Distribución de humedad antes del primer riego - - (4 de Abril de 1983) para el tratamiento 2. "Dis--tribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 10.- Contenido de humedad (Ps) antes del primer riego - (4 de Abril de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	19.00	16.99	16.58	17.52
	30 - 60	18.02	14.48	13.73	15.41
	60 - 90	17.68	11.99	12.51	14.06
CENTRAL	0 - 30	16.58	17.09	17.47	17.04
	30 - 60	14.51	14.45	15.75	14.90
	60 - 90	16.07	12.84	15.93	14.94
DERECHO	0 - 30	15.60	12.42	16.41	14.81
	30 - 60	16.51	12.00	15.82	14.77
	60 - 90	16.34	12.65	14.21	14.40

Al efectuar el primer riego en el tratamiento 2, se regaron los surcos izquierdo y derecho, quedando el del centro sin regar (igual que el tratamiento 1).

En la figura 11 puede observarse gráficamente el contenido de humedad el cual es mayor en los tres estratos en los -- surcos izquierdo y derecho que el del centro que no se regó, sin embargo, en este surco aumentó el contenido de humedad -- con respecto al muestreo anterior, lo que quiere decir que -- realmente existió movimiento lateral del agua.

En la tabla 11 puede observarse que los valores de contenido de humedad para el surco del centro, disminuyen en el estrato superior 0-30 cm, pero aumentan en los estratos inferiores 30-60 y 60-90 cm, lo que viene a ratificar que el movimiento lateral del agua se dá solo en los estratos inferiores.

En forma global, puede decirse que la distribución de la humedad en el primer riego para el tratamiento 2, fue mala -- pues como se observa en la figura 11 el surco izquierdo en el primero y segundo estrato el contenido de humedad es mucho mayor que el surco derecho, pero el contenido de humedad en ambos surcos es aceptable.

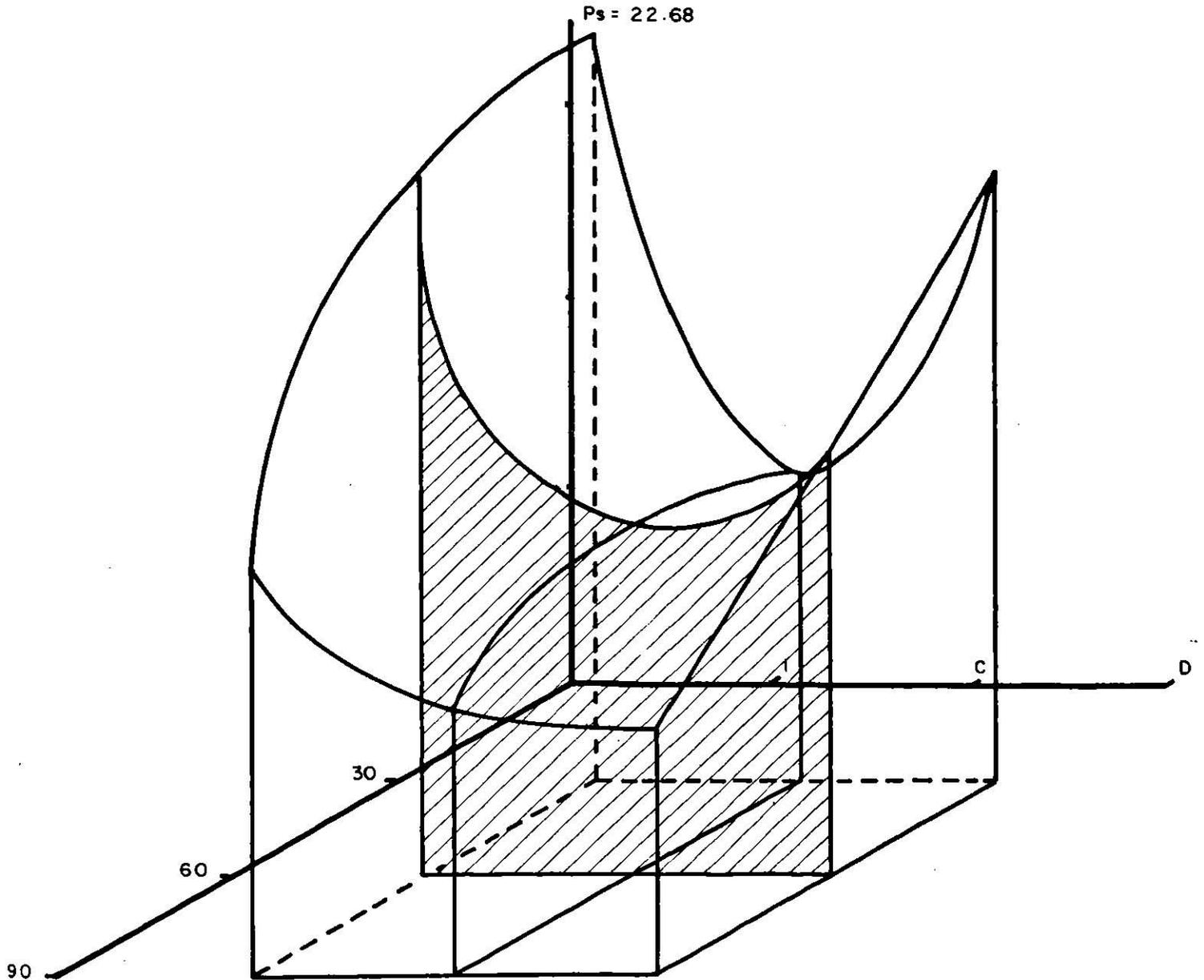


FIGURA 11.- Distribución de humedad después del primer riego (10 de Abril de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 11.- Contenido de humedad (Ps) después del primer riego (10 de Abril de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	19.54	25.40	23.11	22.68
	30 - 60	19.74	24.66	21.07	21.82
	60 - 90	14.75	20.03	17.53	17.43
CENTRAL	0 - 30	13.54	16.97	16.91	15.80
	30 - 60	17.63	15.56	16.02	16.40
	60 - 90	16.34	10.01	15.98	14.11
DERECHO	0 - 30	20.37	21.26	20.50	20.71
	30 - 60	19.84	15.67	17.35	17.62
	60 - 90	14.93	13.80	15.54	14.75

Antes del segundo riego el contenido de humedad es bajo sobre todo en el surco del centro que no ha sido regado, como se muestra en la figura 12, en donde además podemos observar una buena distribución de la humedad en los tres surcos, pues no existe mucha diferencia entre los contenidos de humedad de los tres estratos de los tres surcos.

Además analizando la tabla 12, encontramos que el contenido de humedad de cada surco es muy similar entre sus estratos e incluso en el surco del centro encontramos casi el mismo contenido de humedad para sus tres estratos, en este mismo -- surco encontramos que en el estrato 60-90 cm aumentó el contenido de humedad con respecto al muestreo anterior, lo que viene manifestando como una constante a través de los muestreos y ratificar el hecho del movimiento del agua en los estratos inferiores.

Al igual que en el tratamiento 1 el porcentaje de humedad es bastante bajo como se muestra en la tabla 12, pero la distribución de la humedad en los tres estratos de los tres surcos - es bastante buena como se observa en la figura 12.

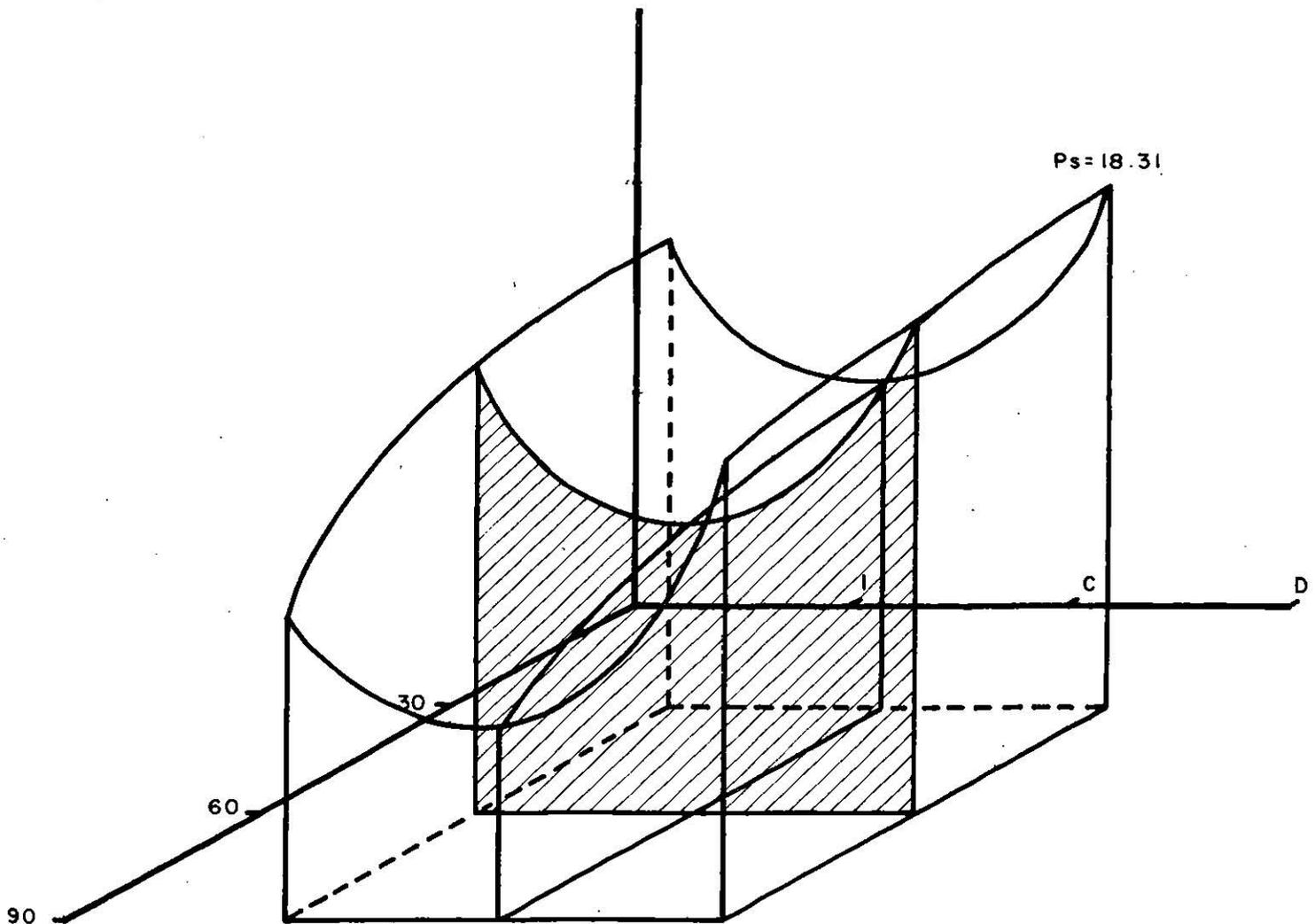


FIGURA 12.- Distribución de humedad antes del segundo riego - - (26 de Abril de 1983) para el tratamiento 2. "Dis-- tribución de la humedad en el método de riego por - surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 12.- Contenido de humedad (Ps) antes del segundo riego (26 de Abril de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	19.62	15.92	17.35	17.63
	30 - 60	20.12	14.88	16.90	17.30
	60 - 90	17.29	13.59	15.21	15.36
CENTRAL	0 - 30	14.63	16.04	15.83	15.50
	30 - 60	14.59	15.21	15.29	15.03
	60 - 90	13.53	13.45	13.77	13.58
DERECHO	0 - 30	16.29	20.63	18.02	18.31
	30 - 60	18.38	18.01	17.56	17.98
	60 - 90	19.40	16.32	16.89	17.53

La distribución de la humedad después del segundo riego se observa en la figura 13, además se observa el contenido de humedad, el cual es casi igual para los surcos regados izquierdo y derecho, no siendo así para el surco del centro (que no se regó); sin embargo, dicho contenido de humedad es mayor que el del muestreo anterior en sus tres estratos.

Analizando la tabla 13 podemos encontrar que no existe una diferencia considerable en el contenido de humedad de los tres surcos en sus tres estratos con respecto al muestreo anterior. Esto debido a que el riego que se dio fue ligero y esto repercutió en que hubiera una mejor distribución de la humedad.

Otro de los factores que influyen en que exista una buena distribución de la humedad en el suelo y a su vez se de el movimiento lateral del agua es el número de riego de que se trate, pues a medida que se va avanzando en los riegos, encontramos mejor distribución de la humedad y mayor contenido de humedad en el surco del centro.

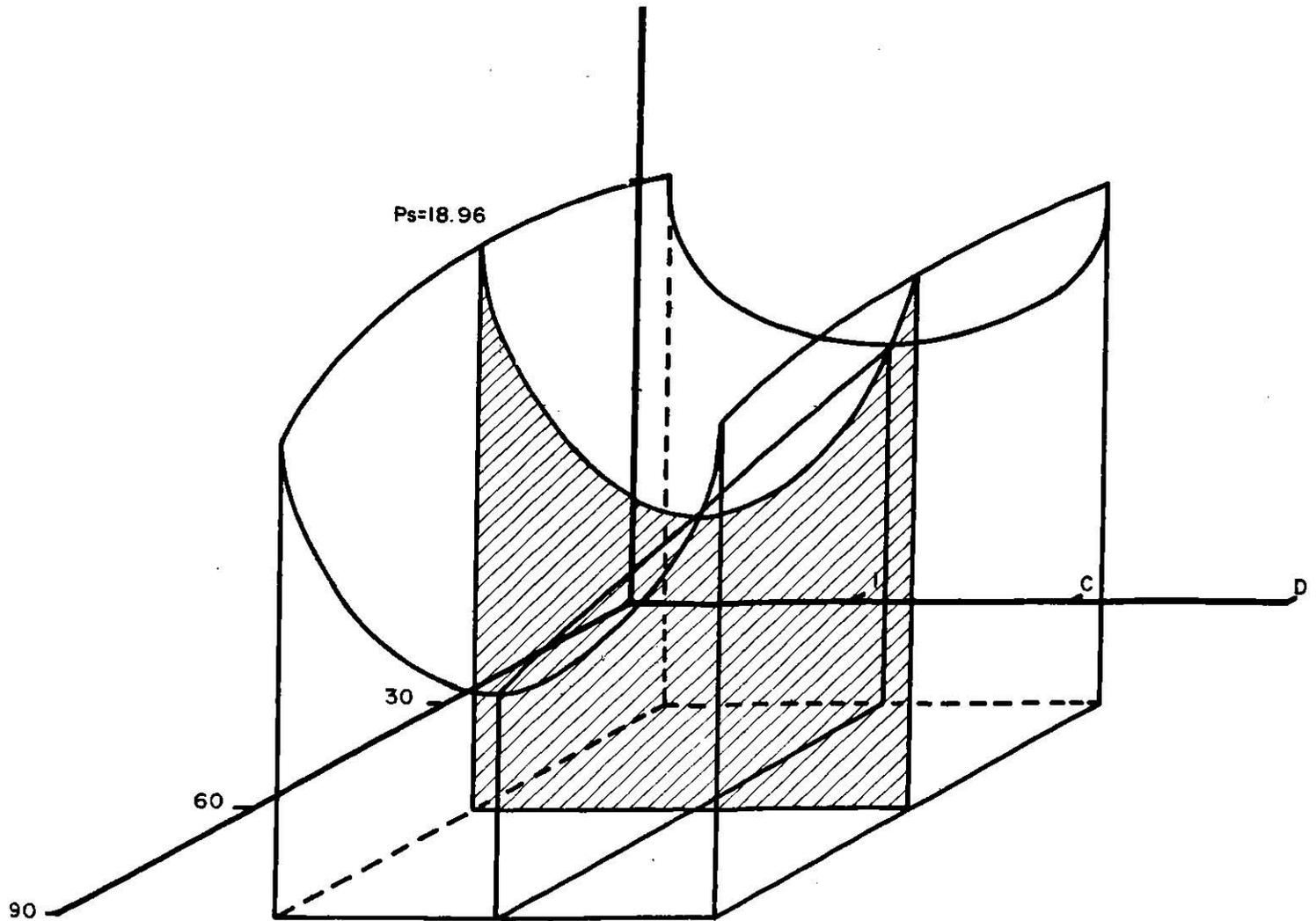


FIGURA 13.- Distribución de humedad después del segundo riego (4 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 13.- Contenido de humedad (Ps) después del segundo riego (4 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	17.14	19.32	19.18	18.54
	30 - 60	19.39	18.55	18.96	18.96
	60 - 90	18.16	17.14	17.62	17.64
CENTRAL	0 - 30	16.82	15.21	16.12	16.05
	30 - 60	15.75	14.36	15.30	15.13
	60 - 90	13.96	13.82	14.88	15.13
DERECHO	0 - 30	17.41	19.21	18.77	18.46
	30 - 60	19.31	18.08	18.26	18.55
	60 - 90	19.08	17.32	17.83	18.07

Al muestrear el contenido de humedad del tercer riego en contramos que este es bastante bajo, sin embargo, la distribución de la humedad es bastante aceptable como se muestra en la figura 14, en la cual también puede observarse que en los tres surcos analizados existe una distribución semejante y no existe gran diferencia entre estratos en la figura 14 puede observarse también que en el surco izquierdo el contenido de humedad es mayor en el estrato de 30-60 cm que en el de 0-30 cm, lo cual es extraño, pues normalmente esto no se manifiesta a lo largo de los muestreos por lo que lo atribuimos al error de muestreo.

Por otra parte, es importante observar en la tabla 14 la gran similitud del contenido de humedad que existe entre estratos y a su vez entre surcos, pues al compararlo con el muestreo anterior nos damos cuenta que el descenso en el Ps es proporcional, excepto en el surco del centro pues este tiene un contenido de humedad muy semejante al del muestreo anterior.

Al igual que en el tratamiento 1, aquí puede observarse que la distribución de la humedad es bastante buena pero el contenido de humedad es bastante bajo.

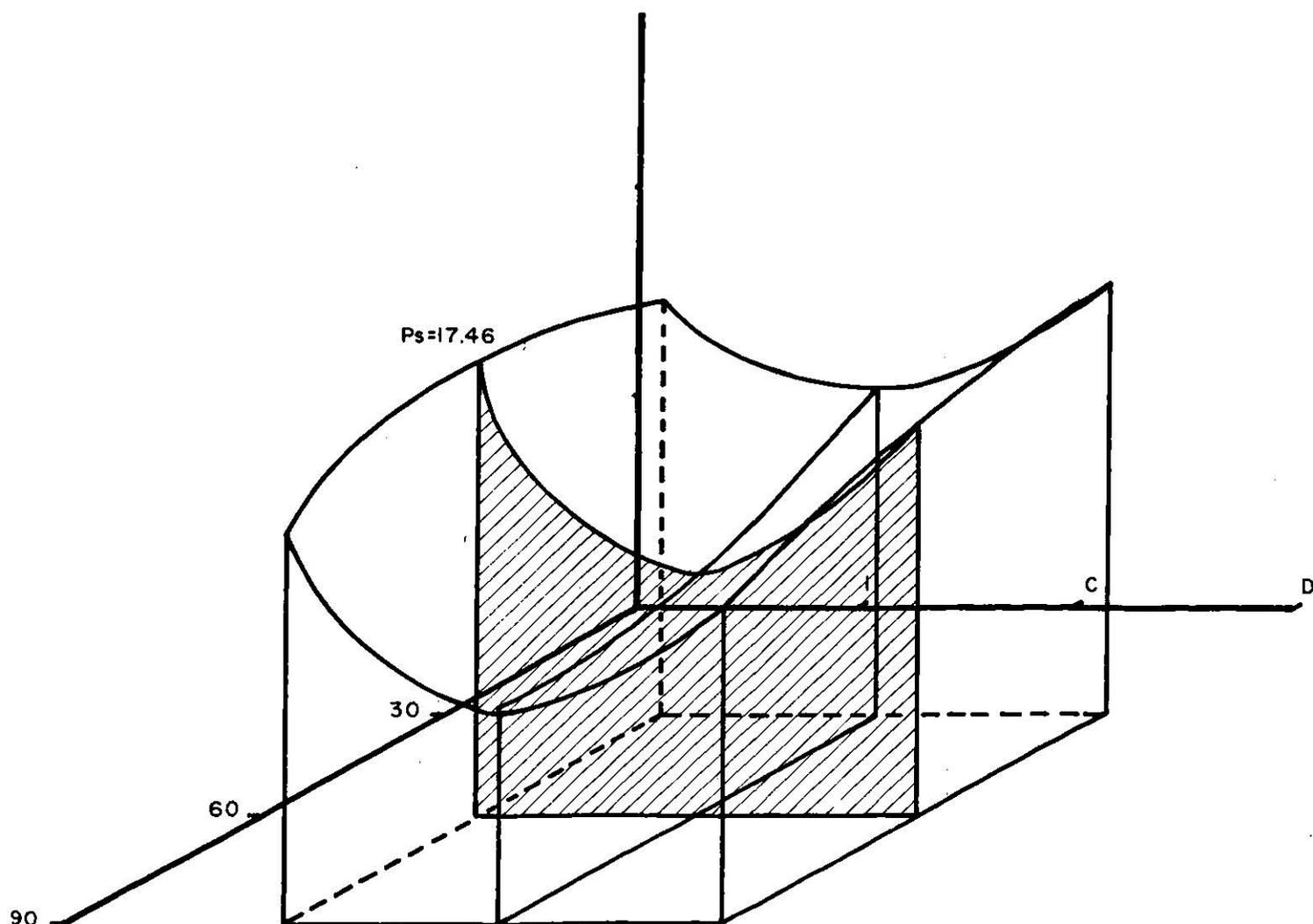


FIGURA 14.- Distribución de la humedad antes del tercer riego (11 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 14.- Contenido de humedad (Ps) antes del tercer riego (11 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	17.35	16.21	17.25	16.93
	30 - 60	19.54	15.92	16.93	17.46
	60 - 90	17.71	15.27	16.47	16.48
CENTRAL	0 - 30	15.31	15.76	15.87	15.64
	30 - 60	14.62	14.32	14.42	14.45
	60 - 90	14.83	13.18	14.13	14.04
DERECHO	0 - 30	17.06	17.11	17.18	17.11
	30 - 60	16.57	16.89	16.54	16.66
	60 - 90	15.71	15.37	15.21	15.43

Después del tercer riego puede observarse en la figura 15, que el contenido de humedad aumentó solo en los estratos superiores para los surcos regados (izquierdo y derecho) y en el estrato inferior 60-90 cm, este permaneció igual, pero en el surco del centro el contenido de humedad aumentó en estrato inferior 60-90 cm, y disminuyó en los dos primeros estratos, esto ratifica que hubo movimiento lateral del agua en el suelo y este se volvió a manifestar en los estratos inferiores.

Por otra parte, analizando el contenido de humedad entre surcos encontramos que no existe mucha diferencia entre estratos, pues al observar la tabla 15, nos damos cuenta que el contenido de humedad de los surcos regados es muy semejante y el surco del centro tiene mucha semejanza entre estratos, por lo que se puede decir que existe una buena distribución de la humedad en el suelo.

También es importante hacer notar que el aumento en el contenido de humedad de los surcos regados fue proporcional, por lo tanto, se considera que el riego fue bastante uniforme.

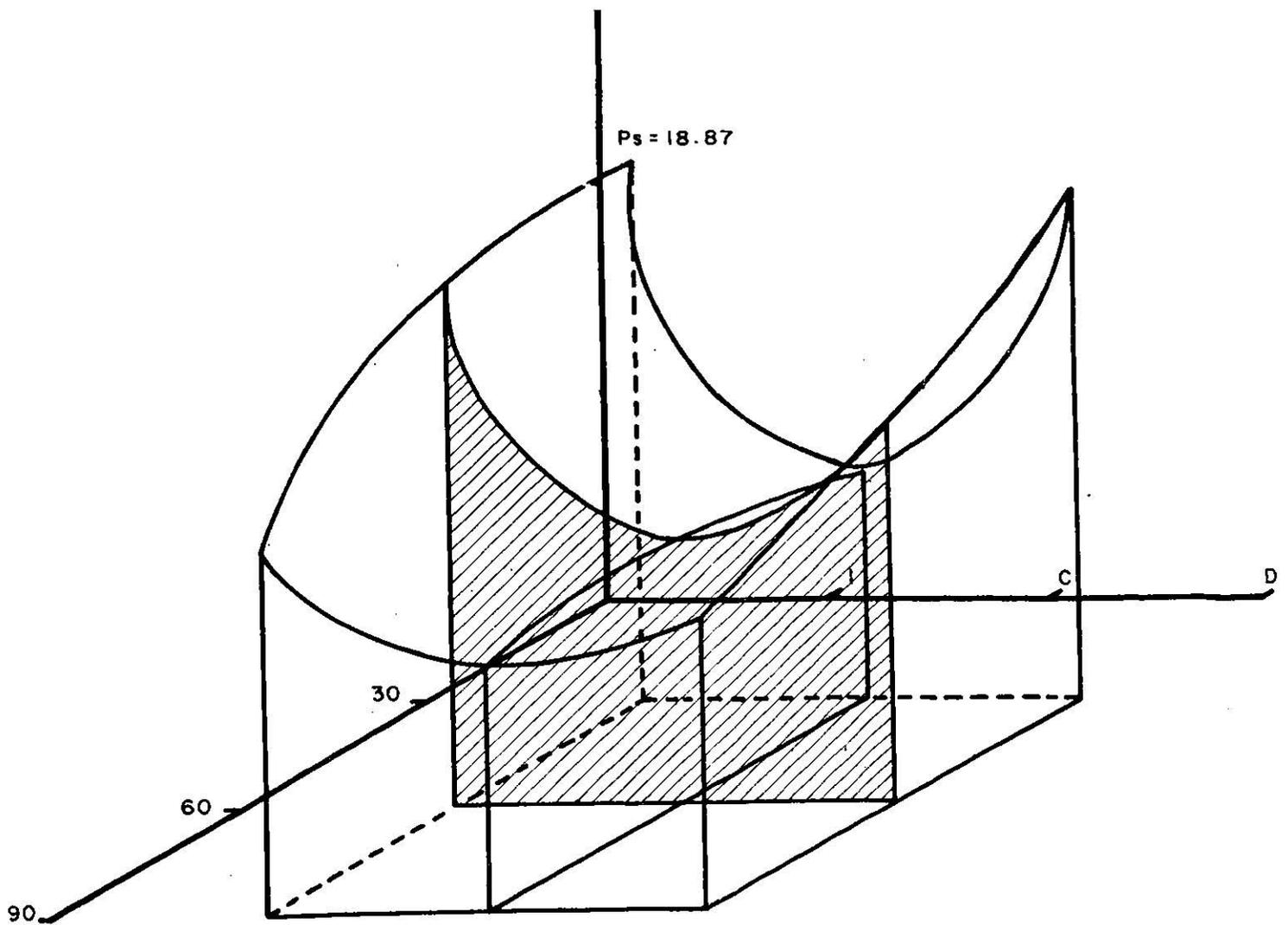


FIGURA 15.- Distribución de la humedad después del tercer riego (24 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. - - "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos".Marín, N.L. 1983.

TABLA 15.- Contenido de humedad (Ps) después del tercer riego (24 de Mayo de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	X
IZQUIERDO	0 - 30	18.44	18.62	19.56	18.87
	30 - 60	18.45	18.82	18.35	18.54
	60 - 90	16.27	15.24	17.29	16.26
CENTRAL	0 - 30	14.06	13.65	15.12	14.30
	30 - 60	13.81	15.42	15.21	14.81
	60 - 90	13.68	14.96	15.05	14.56
DERECHO	0 - 30	17.45	18.83	18.94	18.40
	30 - 60	15.04	17.14	17.06	16.41
	60 - 90	15.46	14.85	15.32	15.21

Al presentarse el evento de lluvia al igual que en los demás tratamientos, aquí se manifestó una excelente distribución de la humedad en el suelo como se puede observar en la figura 16, en la cual apreciamos que todos los surcos en todos los estratos tienen muy bien distribuida la humedad.

En la tabla 16 podemos observar que los contenidos de humedad entre surcos son casi iguales y los contenidos de humedad de los estratos también son casi iguales, por lo que la figura 16 muestra un cubo, lo que no sucedió a lo largo de los muestreos anteriores, pues siempre se dejó sin regar el surco del centro.

Por otra parte, la figura 16 nos demuestra que no hay mejor distribución en el suelo que cuando se presenta un evento de lluvia, que el riego aunque se haga lo más correctamente posible no se compara a la lluvia.

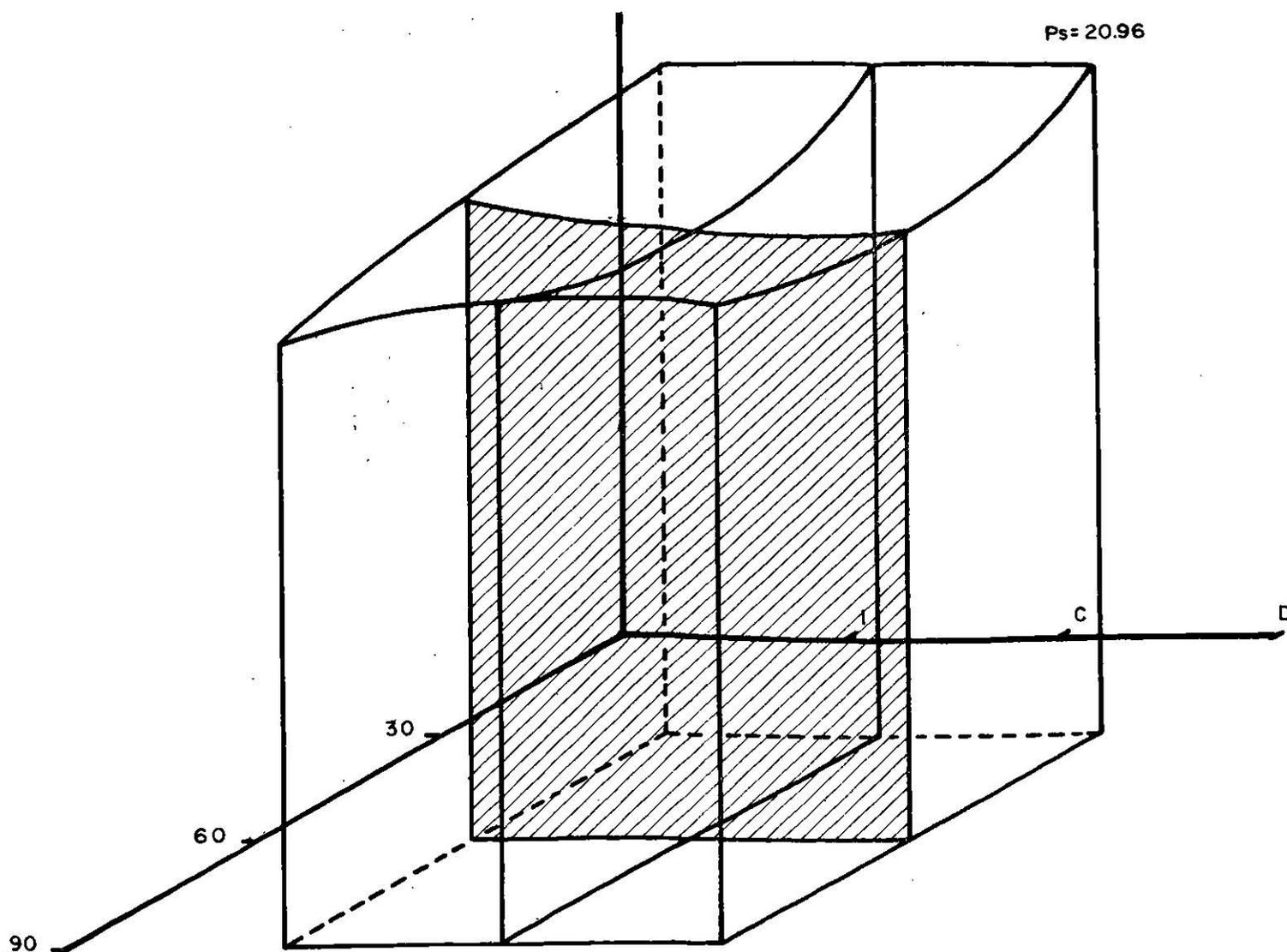


FIGURA 16.- Distribución de humedad después de la lluvia (9 de Junio de 1983) para el tratamiento 2. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 16.- Contenido de humedad (Ps) después de la lluvia - -  
 (9 de Junio de 1983) para el tratamiento 2. "Dis--  
 tribución de la humedad en el método de riego por  
 surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	22.56	19.95	19.36	20.62
	30 - 60	19.77	20.12	20.72	20.20
	60 - 90	20.26	19.36	19.56	19.72
CENTRAL	0 - 30	20.67	19.82	22.06	20.85
	30 - 60	18.90	20.37	19.95	19.74
	60 - 90	19.88	20.46	20.36	20.23
DERECHO	0 - 30	21.16	20.52	21.21	20.96
	30 - 60	19.78	19.61	20.83	20.07
	60 - 90	21.04	20.77	19.17	20.32

Tratamiento 3, riego por surcos alternos durante todo el ciclo del cultivo (riego no, surcos no; riego par, surcos pares).

La humedad residual en este tratamiento se comportó - - exactamente igual que para los tratamientos 1 y 2. En la figura 17 se observa que los surcos analizados se comportan de -- una forma muy similar en lo que respecta a su contenido de -- humedad, también en cuanto a su distribución a lo largo de -- sus estratos.

En el primer estrato 0-30 cm, encontramos que se observa el contenido de humedad semejante para el surco izquierdo y - el surco central, siendo un poco más alto para el surco derecho, en el segundo estrato 30-60 cm. Los tres surcos tienen - casi el mismo contenido de humedad y en el tercer estrato - - 60-90 cm sucede lo mismo que en el segundo, lo que significa que existe una buena distribución de la humedad en el suelo al momento de la germinación, que repercute en que haya una germinación uniforme en todo el cultivo pues se aprovecharon los - eventos de lluvia para la siembra.

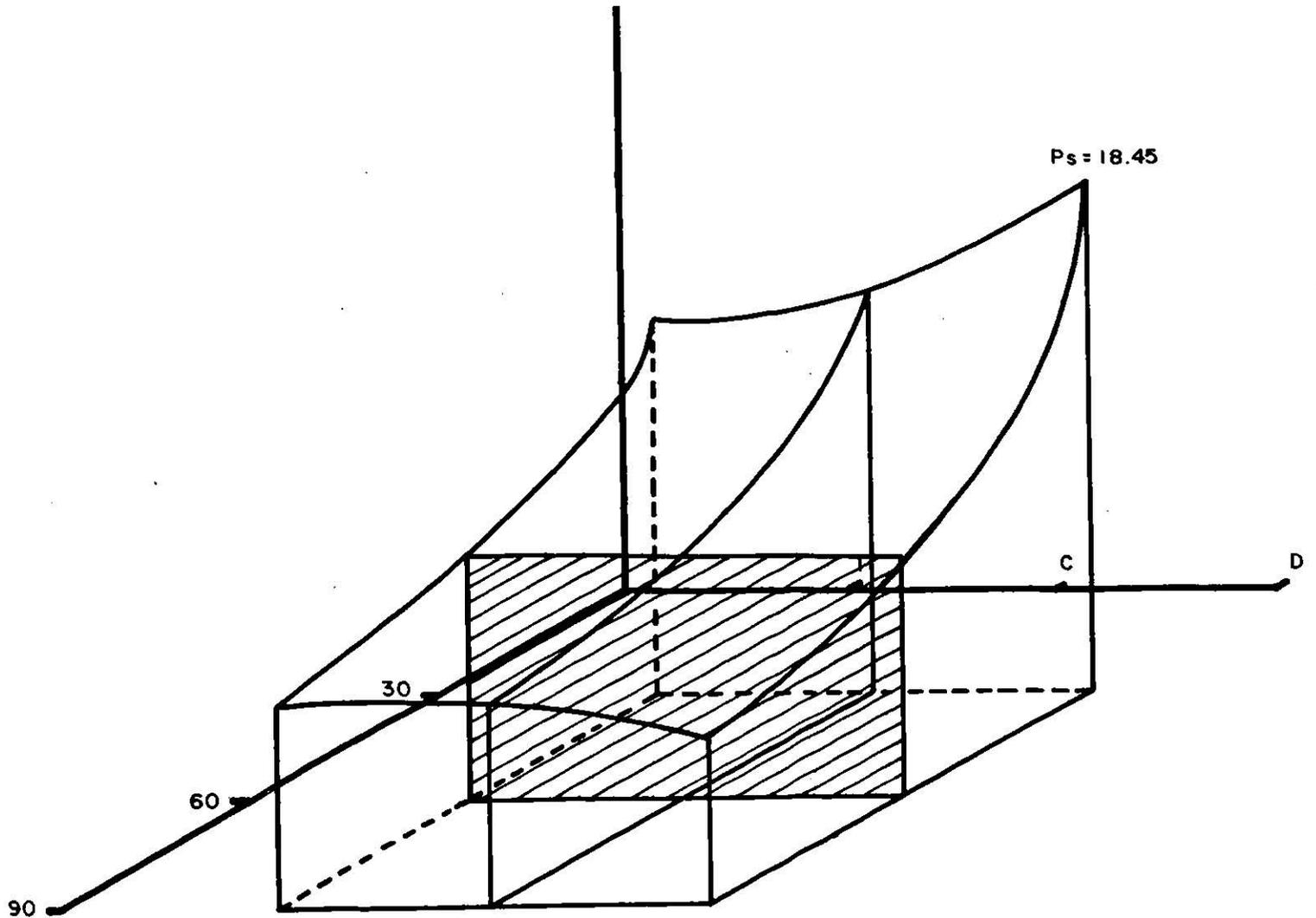


FIGURA 17.- Distribución de humedad al momento de la germinación (10 de Marzo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 17.- Contenido de humedad (Ps) al momento de la germinación (10 de Marzo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego - por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	14.93	17.45	16.86	16.41
	30 - 60	14.07	14.86	14.58	14.50
	60 - 90	12.77	15.05	13.72	13.84
CENTRAL	0 - 30	15.08	16.60	18.93	16.87
	30 - 60	17.00	14.51	15.02	15.51
	60 - 90	16.44	14.72	14.31	15.15
DERECHO	0 - 30	15.70	19.90	19.76	18.45
	30 - 60	15.26	12.32	16.70	14.50
	60 - 90	13.63	12.36	14.32	13.42

Antes del primer riego se puede observar en la figura 18 que sucedió un fenómeno muy interesante, pues comparando con el muestreo anterior, encontramos que la distribución de la humedad es muy desuniforme entre los surcos, encontrándose mayor contenido de humedad en el surco derecho que en el izquierdo y el del centro e incluso el surco derecho tiene un contenido de humedad más alto en sus tres estratos que el del surco izquierdo. Esta situación nos hace pensar que pudo haber al- gún tipo de error en el muestreo pues no se venía manifestando a lo largo de los demás muestreos.

La tabla 18 muestra que en realidad existe mala distribu--ción de la humedad entre los surcos, pero por otro lado, existe buena distribución entre los estratos pues no existe mucha diferencia en el contenido de humedad del estrato superior - - 0-30 cm. y el inferior 60-90 cm de cada surco. El contenido de humedad en general es bajo excepto para el surco derecho que tiene mayor contenido de humedad en sus tres estratos.

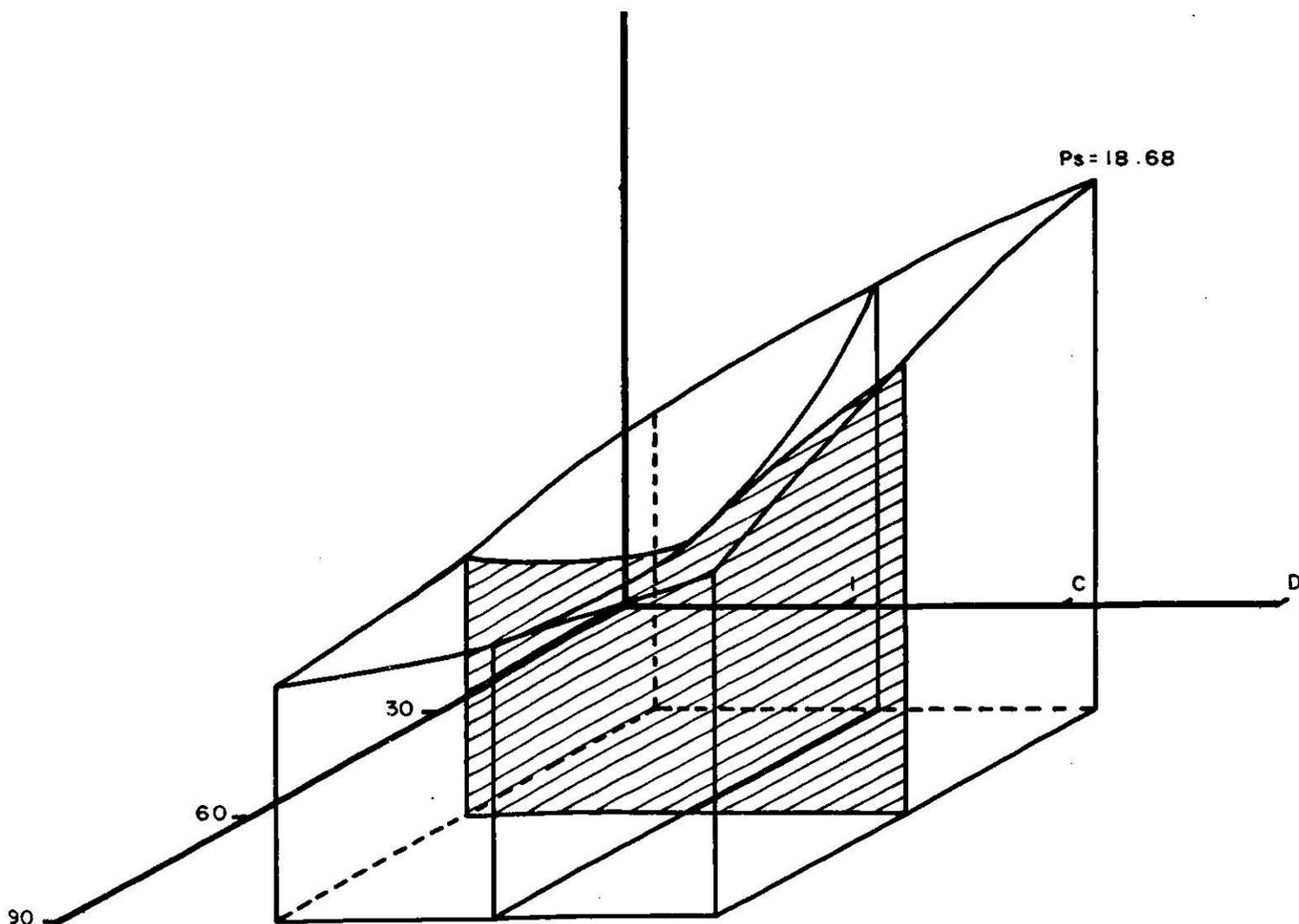


FIGURA 18.- Distribución de humedad antes del primer riego - - (4 de Abril de 1983) para el tratamiento 3. "Dis-- tribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 18.- Contenido de humedad (Ps) antes del primer riego - (4 de Abril de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	14.14	14.22	17.35	15.23
	30 - 60	13.71	16.18	14.25	14.71
	60 - 90	14.46	15.21	13.69	14.45
CENTRAL	0 - 30	20.09	15.62	15.65	17.12
	30 - 60	16.56	14.31	13.56	14.81
	60 - 90	15.39	13.99	15.90	15.09
DERECHO	0 - 30	19.81	20.18	16.06	18.68
	30 - 60	18.51	18.35	15.66	17.50
	60 - 90	15.17	17.10	15.76	16.01

En el primer riego para éste tratamiento, se regaron los surcos izquierdo y derecho, dejando sin regar el surco central; en la figura 19 podemos observar dicha situación, pues los surcos de los extremos alcanzan el mayor contenido de humedad en sus dos primeros estratos, y el último estrato de los tres surcos tiene casi el mismo contenido de humedad.

En el surco del centro encontramos que no existe mucha diferencia entre el segundo y el tercer estrato en cuanto al contenido de humedad y comparándolo con el muestreo podemos decir que no existió movimientos del agua, pues bajó el contenido de humedad en sus tres estratos. Esta situación se dió también en el surco izquierdo en el último estrato en donde bajó el contenido de humedad después del riego.

Por otra parte, en los estratos superiores de los surcos que fueron regados el aumento en el contenido de humedad fue desproporcionado. En general, se puede decir que la distribución del agua de riego no fue uniforme en el terreno y que -- hubo poco movimiento del agua de los surcos regados hacía el surco que no se rego.

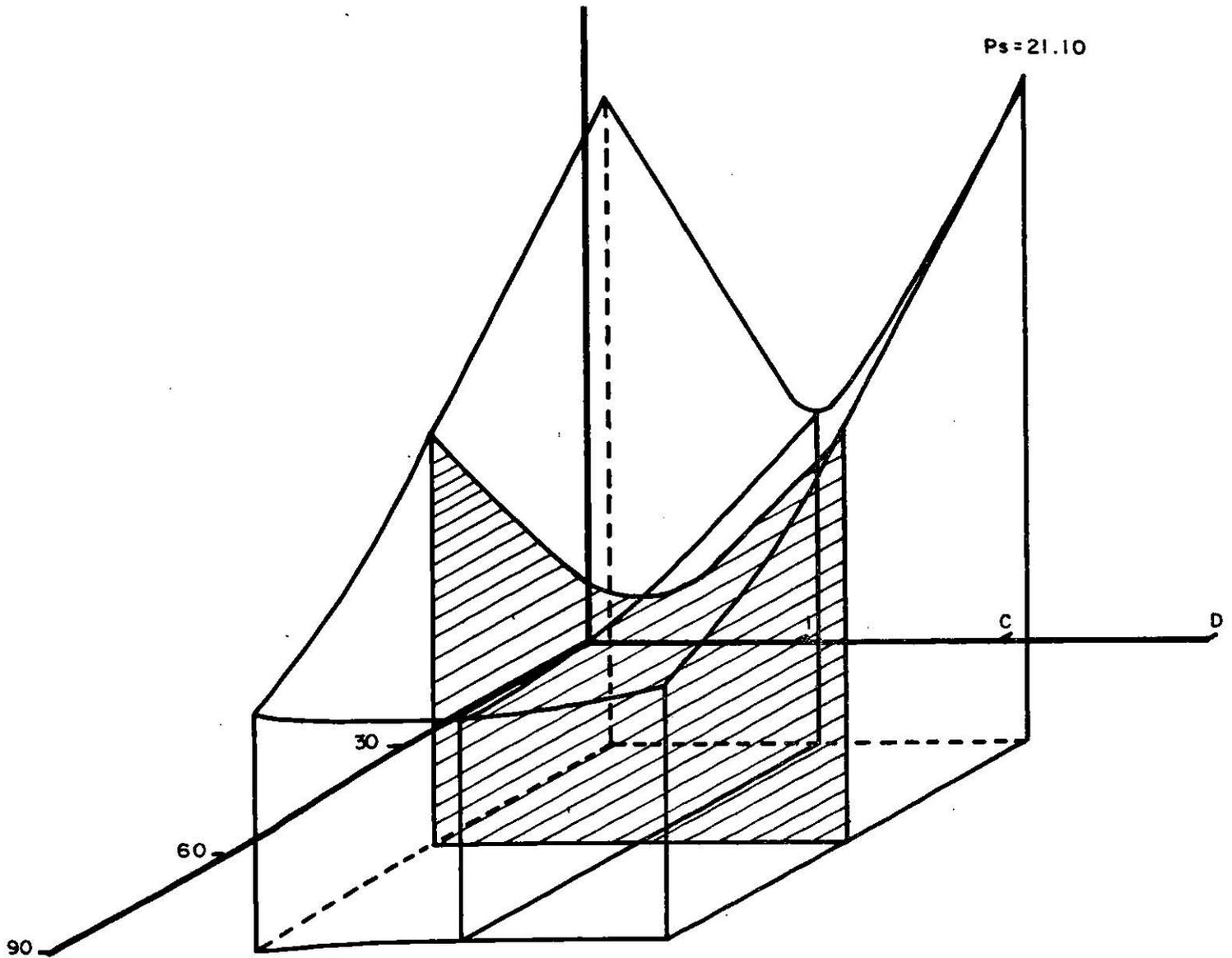


FIGURA 19.- Distribución de humedad después del primer riego - (10 de Abril de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 19.- Contenido de humedad (Ps) después del primer riego (10 de Abril de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	21.25	20.04	21.08	20.79
	30 - 60	19.93	15.92	16.30	17.38
	60 - 90	15.59	14.18	14.23	14.66
CENTRAL	0 - 30	16.01	16.13	16.12	16.08
	30 - 60	15.02	14.88	14.21	14.70
	60 - 90	13.60	14.55	14.85	14.33
DERECHO	0 - 30	21.46	21.78	20.08	21.10
	30 - 60	20.76	15.08	16.14	17.32
	60 - 90	15.98	13.50	15.22	14.90

Antes del segundo riego existe una buena distribución de la humedad como se muestra en la figura 20. Se puede observar que existe un bajo contenido de humedad para los tres surcos en sus tres estratos, además el surco del centro es el que tiene más bajo contenido de humedad y comparado con el muestreo anterior, nos damos cuenta que dicho surco bajó de contenido de humedad en sus tres estratos, por lo que se puede asumir que hubo poco movimiento lateral del agua en el suelo.

En la tabla 20, se observa que aunque el contenido de humedad de todos los surcos es muy bajo, no existe mucha diferencia entre el estrato superior 0-30 cm, el intermedio 30-60 cm y el inferior 60-90 cm, por lo que se puede asumir que existe una buena distribución de la humedad y esto contribuye a que en el segundo riego existe uniformidad en el contenido de humedad, si este se da bien aplicado.

Por otra parte, podemos asumir también que aunque para este tratamiento ha existido poco movimiento del agua en el suelo, existen las condiciones para que el movimiento se de a través del tiempo pues el agua en el suelo se encuentra bien distribuida.

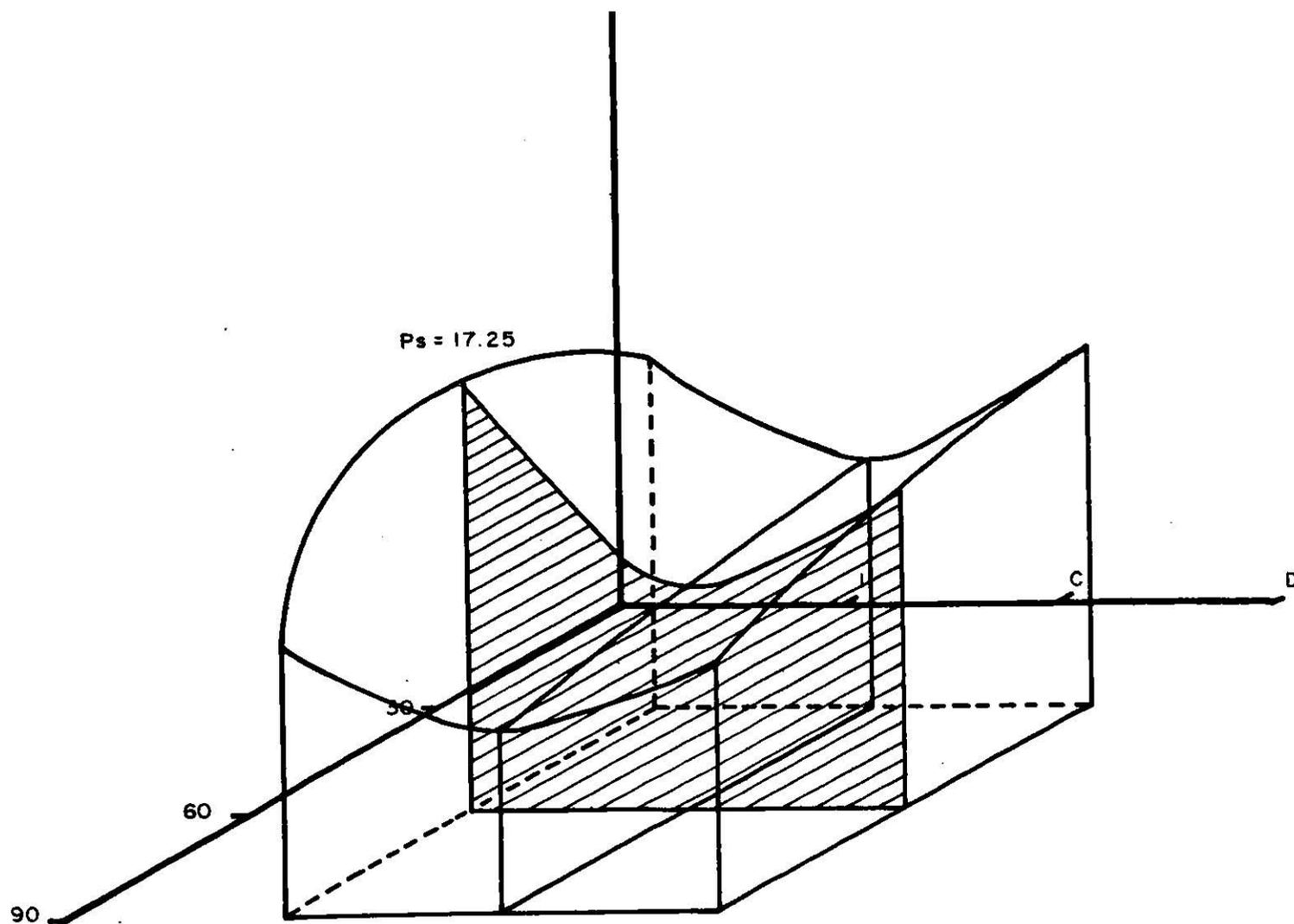


FIGURA 20.- Distribución de humedad ( $P_s$ ) antes del segundo riego (26 de Abril de 1983) para el tratamiento 3. -- "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 20.- Contenido de humedad (Ps) antes del segundo riego (26 de Abril de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	15.12	17.23	15.96	16.10
	30 - 60	17.65	18.89	15.23	17.25
	60 - 90	17.04	13.43	14.29	14.92
CENTRAL	0 - 30	13.26	15.25	15.41	14.64
	30 - 60	14.21	13.49	14.97	14.22
	60 - 90	13.62	12.46	14.96	13.68
DERECHO	0 - 30	16.19	15.43	17.29	16.30
	30 - 60	15.13	14.04	17.77	15.64
	60 - 90	15.02	13.96	15.01	14.66

En la figura 21 se observa la gráfica del tratamiento 3, después del segundo riego que como es par, se regaron los surcos pares. En esta ocasión se regó el surco del centro que anteriormente no se había regado. Se puede observar que en el surco del centro aumentó el contenido de humedad en sus tres estratos con respecto al muestreo anterior. Para el surco derecho también aumentó el contenido de humedad en sus tres estratos y en el surco izquierdo aumentó solo en el primer estrato, disminuyendo en el segundo y tercer estrato.

Por todo lo anteriormente expuesto, se puede asumir que existió movimiento lateral del agua en este caso del surco del centro hacia los extremos y que dicho movimiento fue más marcado en el estrato superior 0-30 cm.

En la tabla 21 se puede analizar que existe un contenido de humedad en el terreno que es aceptable y una buena distribución de la misma, por lo que se presentan las condiciones adecuadas para que exista movimiento del agua.

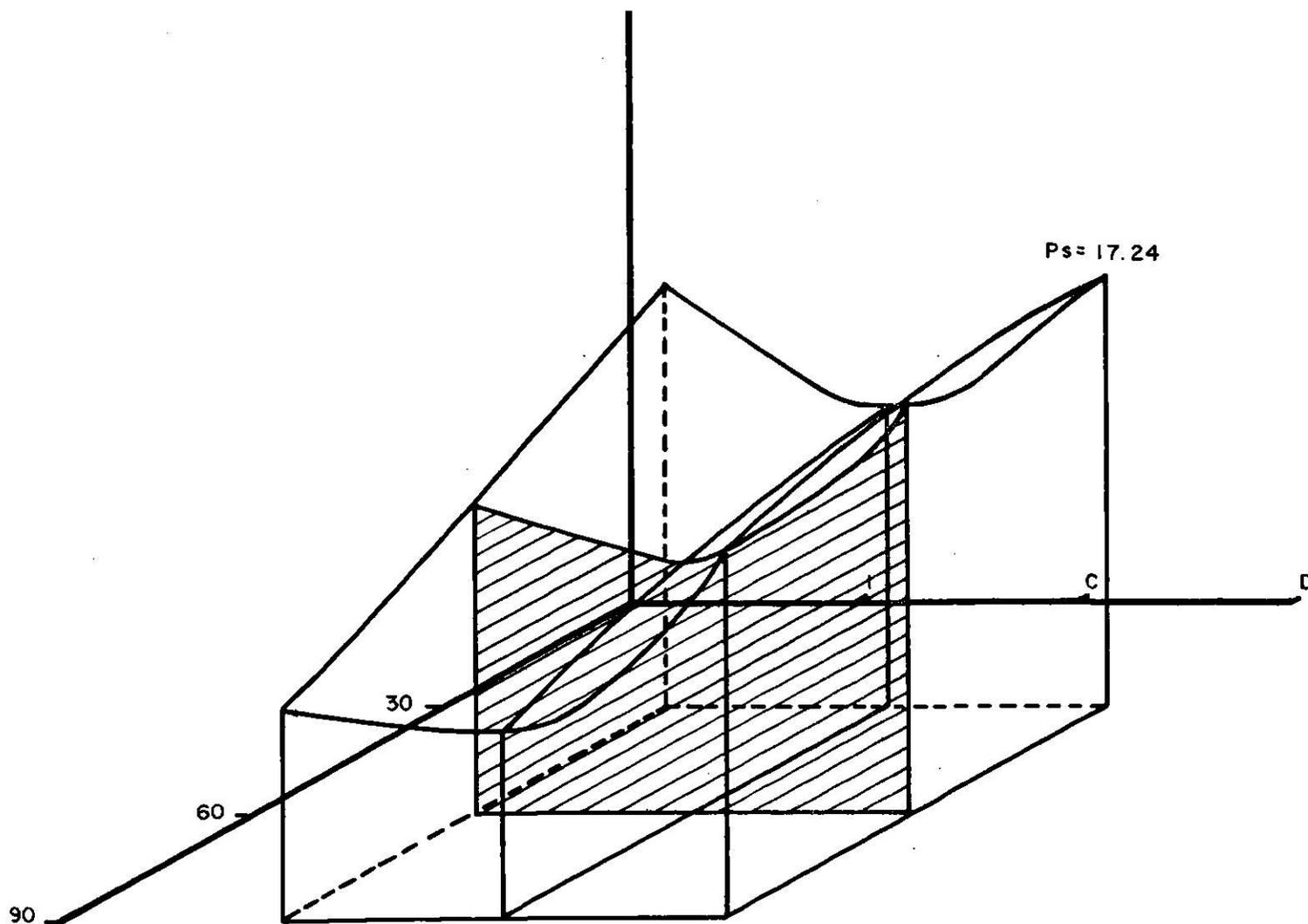


FIGURA 21.- Distribución de humedad después del segundo riego (4 de Mayo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 21.- Contenido de humedad (Ps) después del segundo riego (4 de Mayo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	15.18	18.50	17.71	17.13
	30 - 60	16.41	14.51	15.39	15.43
	60 - 90	14.92	13.29	14.04	14.08
CENTRAL	0 - 30	16.52	14.30	15.05	15.29
	30 - 60	15.74	13.14	14.91	14.59
	60 - 90	14.21	13.06	13.96	13.74
DERECHO	0 - 30	17.34	17.19	17.21	17.24
	30 - 60	17.90	16.03	17.03	16.98
	60 - 90	17.09	15.21	16.60	16.30

Puede observarse en la figura 22 que antes del tercer riego existe una buena distribución de la humedad en el suelo, pues el contenido de humedad de los surcos izquierdo y derecho son similares en sus estratos y el surco del centro tiene un contenido de humedad aunque es más bajo que el de los extremos es muy uniforme entre sus estratos.

A partir de que existe una buena distribución de la humedad en el suelo, podemos asumir que en realidad existió movimiento lateral del agua en el suelo y que dicho movimiento se da a través del tiempo como se mostró en los tratamientos 1 y 2.

En este caso es importante hacer notar que el hecho de cambiar el riego hacia el surco del centro, sí influyó en que el movimiento lateral del agua fuera mayor y también en que el contenido de humedad del surco del centro aumentará inmediatamente después del riego, pero que con el tiempo bajará aún más que el contenido de humedad de los surcos que no habían sido regados como se muestra en la tabla 22.

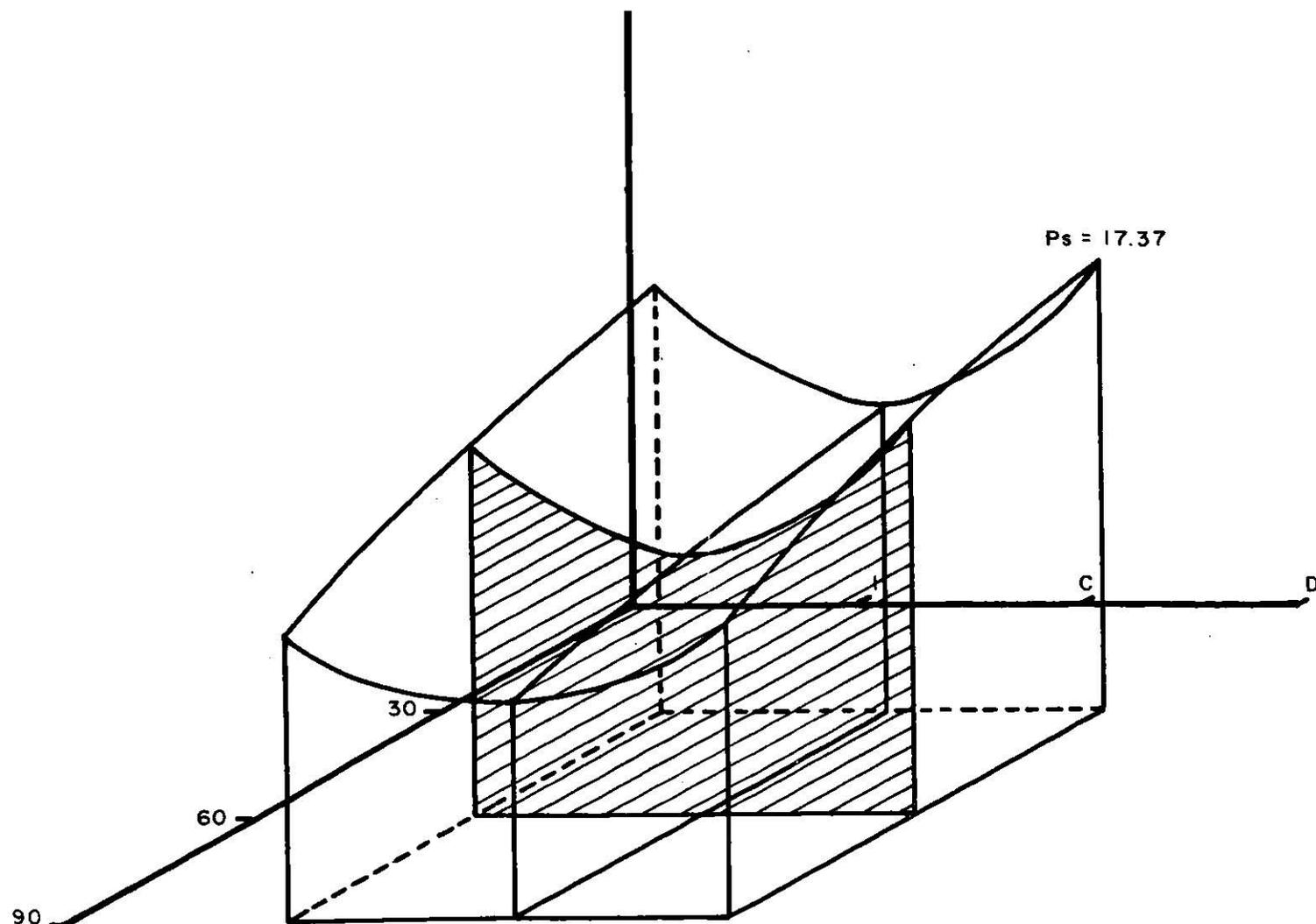


FIGURA 22.- Distribución de la humedad antes del tercer riego (11 de Mayo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 22.- Contenido de humedad (Ps) antes del tercer riego - (11 de Mayo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	16.14	18.02	17.38	17.18
	30 - 60	15.36	17.25	16.54	16.38
	60 - 90	14.02	16.04	15.16	15.07
CENTRAL	0 - 30	16.21	14.56	15.15	15.30
	30 - 60	15.32	14.27	14.51	14.70
	60 - 90	14.81	13.52	13.92	14.08
DERECHO	0 - 30	17.21	17.19	17.73	17.37
	30 - 60	16.87	16.23	16.82	16.64
	60 - 90	15.26	15.22	15.24	15.24

En el tercer riego para este tratamiento se regaron los surcos izquierdo y derecho, quedando solo el surco del centro sin regar, esto se observa gráficamente en la figura 23, donde encontramos mayor contenido de humedad en los surcos regados y muy bajo contenido de humedad en el surco del centro.

Analizando la tabla 23, nos damos cuenta que el aumento en el contenido de humedad es proporcional por surcos y por estratos en los surcos que fueron regados y el surco del centro también disminuyó su contenido de humedad proporcionalmente pero sigue habiendo una buena distribución de la humedad -- pues se puede observar en la figura 22 que aunque exista un bajo contenido de humedad éste está muy bien distribuído a través de los estratos de cada surco.

Por otra parte, se puede asumir que si existió movimiento del agua en el suelo después del tercer riego, pero hemos observado a través de los muestreos que el movimiento lateral -- del agua en el suelo no se da inmediatamente después del riego sino a través del tiempo.

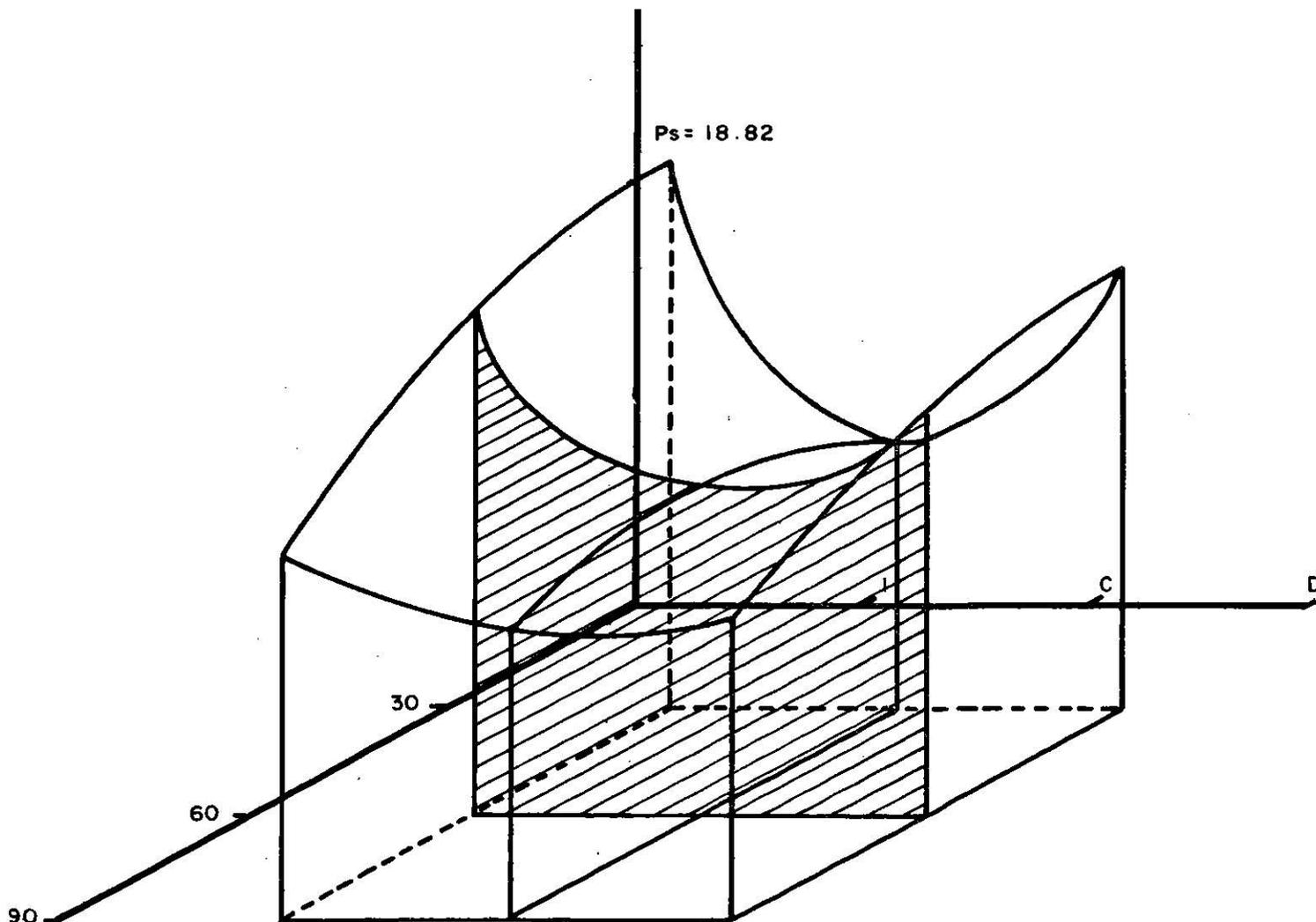


FIGURA 23.- Distribución de humedad después del tercer riego -- (24 de Mayo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 23.- Contenido de humedad (Ps) después del tercer riego (24 de Mayo de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	18.09	19.54	18.91	18.82
	30 - 60	18.01	18.50	18.36	18.29
	60 - 90	16.57	15.78	16.21	16.18
CENTRAL	0 - 30	14.31	15.15	14.78	14.74
	30 - 60	14.53	14.76	14.69	14.66
	60 - 90	13.92	14.09	14.10	14.03
DERECHO	0 - 30	15.10	18.05	18.57	17.24
	30 - 60	15.29	17.64	17.26	16.73
	60 - 90	14.98	15.36	15.81	15.38

En la figura 24 se puede observar la distribución de la humedad en el suelo después de la lluvia que al igual que en los tratamientos 1 y 2 fue muy buena. También podemos observar que el contenido de humedad es bastante alto para todos los surcos en todos los estratos.

Aquí encontramos que por primera vez comparando con los otros tratamientos, la figura nos muestra un cubo tan perfecto y esto debido a que los más altos valores de contenido de humedad se encuentran en el estrato superior 0-30 cm, y así va disminuyendo hasta encontrar más bajos valores en los estratos inferiores de 60-90 cm.

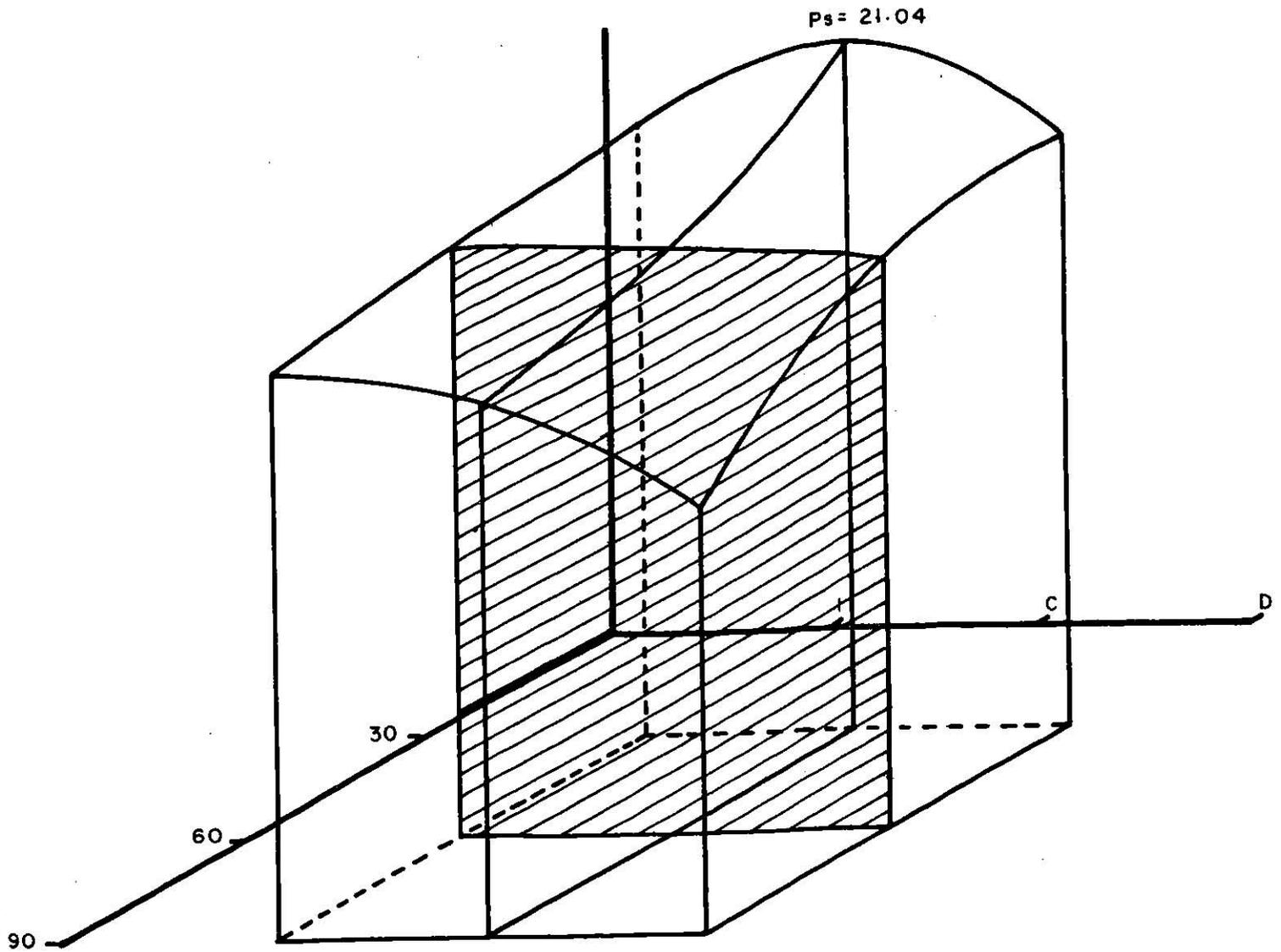


FIGURA 24.- Distribución de humedad ( $P_s$ ) después de la lluvia (9 de Junio de 1983) para el tratamiento 3. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

TABLA 24.- Contenido de humedad (Ps) después de la lluvia - -  
 (9 de Junio de 1983) para el tratamiento 3. "Distri  
 bución de la humedad en el método de riego por sur  
 cos alternos". Marín, N.L. 1983.

POSICION DEL SURCO	PROFUNDIDAD: (cm)	I	II	III	$\bar{X}$
IZQUIERDO	0 - 30	18.53	21.06	20.56	20.05
	30 - 60	19.60	20.35	18.93	19.62
	60 - 90	17.87	20.42	19.45	19.31
CENTRAL	0 - 30	20.78	20.58	21.77	21.04
	30 - 60	19.63	18.67	20.81	19.70
	60 - 90	17.38	19.32	19.82	18.84
DERECHO	0 - 30	19.79	18.51	20.90	19.73
	30 - 60	18.68	19.62	20.00	19.43
	60 - 90	18.47	17.98	18.52	18.32

## RECOMENDACIONES

1.- Para obtener una mejor distribución de la humedad en el surco en el método de riego por surcos alternos, se recomienda dar riego por surcos alternos durante todo el ciclo del cultivo (riego non surcos nones, riego par surcos pares).

2.- Como en ningún momento está húmeda toda la tierra hasta su capacidad de campo, se recomienda no demorar los riegos de manera que los surcos que no se rieguen, la tensión de humedad no sea excesiva.

3.- Realizar estudios donde se relaciones las prácticas de labranza y la distribución de la humedad en el suelo como alternativa para aumentar el movimiento lateral del agua en el suelo.

4.- Repetir el experimento utilizando diferentes espaciamientos entre surcos, para obtener una mejor distribución de la humedad en el suelo.

## R E S U M E N

Durante el ciclo de Primavera-Verano de 1983, se realizó en terrenos del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. en Marín, N.L. un experimento con la finalidad de observar la distribución de la humedad en el suelo en el método de riego por surcos alternos, además de observar el movimiento lateral del agua de los surcos que se regaban hacia los que no se regaban.

Para el desarrollo del experimento se uniformizaron todos los factores tales como siembra, preparación del terreno, densidad de siembra, etc. y el único factor que se hizo variar -- fue el de los riegos, aislando adecuadamente las parcelas experimentales para impedir la influencia de la humedad de una parcela a otra.

La variedad que se utilizó fue la NL-VS-2, la distancia entre plantas fue de 25 cm y entre surcos de 92 cm.

Para la aplicación de los riegos se condujo el agua por gravedad y se utilizaron sifones de una pulgada de diámetro -- previamente calibrados.

Para la determinación de humedad se utilizó el método gravimétrico y para la obtención de las muestras se utilizó la --

barrena Veihmeyer. Estos muestreos se hicieron en los estratos de 0-30, 30-60 y 60-90 cm., en los tres surcos centrales de -- cada unidad experimental.

El diseño experimental fue el de bloques al azar con tres tratamientos y tres repeticiones, dando un total de 9 unidades experimentales.

Se concluye que la mejor distribución de humedad se obtuvo en el tratamiento 3, que consistió en dar riego por surcos alternos durante todo el ciclo del cultivo (riego non surcos - nones, riego par surcos pares).

Por último, se recomienda utilizar el tratamiento 3 por ser el que presenta una mejor distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos, también se recomienda repetir el experimento utilizando diferentes espaciamientos entre surcos.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Aguilera, E.J. 1981. Método de riego en el cultivo del maíz y el frijol, Ciclo Agrícola 77-78. Folleto de Resultados, Inv. de Riego S.A.R.H., CENAMAR. Gómez Palacios, Dgo. Méx.
- 2.- Aguilera, C.M. y Martínez, E.R. 1980. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. 2da. Ed. Depto. de Irrigación de la - - U.A.CH. Chapingo, México.
- 3.- Alcorta, S.D. 1981. Respuesta del trigo a diferentes programas de riego en el área de influencia de Marín, N.L. Tesis. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L. México.
- 4.- Angeles, G.V. 1981. Curso de Uso y Manejo del Agua. Apuntes de clase. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L. México.
- 5.- Baver, L.D., Gardner, W.H. y Gardner, W.R. 1973. Física de Suelos. Editorial U.T.E.H.A. México, D.F.
- 6.- Booher, L.J. 1974. El riego superficial, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- 7.- Bruce, R.R. 1965. Cotton row spacing as it affects soil - - water utilization and yield. Agronomy J. No. 57, Vol. 4.

- 8.- Cardozo, G.A. 1983. Efecto de la cobertura vegetal sobre el proceso de la infiltración del agua en el suelo. Tesis. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L. México.
- 9.- De Souza, S.A. 1977. Manejo del agua de riego bajo diferentes métodos de labranza en maíz. Tesis M.C. Colegio de Post-Graduados, Chapingo, México.
- 10.- García, A.D. 1982. Guía para la elaboración e interpretación de pruebas de riego en el campo. CENAMAR, S.A.R.H., Gómez Palacios, Dgo. México.
- 11.- García de, M.E., et al. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación de Koopen para la República Mexicana. Instituto de Geografía, U.N.A.M. México, D.F.
- 12.- Hawkins, B.S. and Peacock, H.A. 1968. Effect of Skip-row culture and agronomy and fiber properties of upland cotton (Gossypium hirsutum L.) Varietis. Agronomy J. No. 60, - - Vol. 2.
- 13.- Hidalgo, G.A. 1971. Métodos modernos de riego por superficie. Ed. Aguilar, S.A. España.
- 14.- Israelsen, O.W. y Hansen, V.E. 1975. Principios y aplicaciones del riego. Ed. Reverte, S.A. México, D.F.

- 15.- Kittock, D.L. 1975. Skip-row planting of pima cotton. --  
Agronomy J. No. 67, Vol. 5.
- 16.- Kramer, P.J. 1975. Relaciones hídricas del suelo y plantas.  
Edutex, S.A. y Crat. México/Buenos Aires.
- 17.- Longenecker, D.E., et al. 1969. Variable row spacing of -  
irrigation cotton as a means for reducing production costs  
and conserving water. Agronomy J. No. 61.
- 18.- Muñoz, C.S. 1979. Notas de clase, Relación Agua, suelo-plan-  
ta-clia, Colegio de Graduados, Universidad Autónoma Agra--  
ria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- 19.- Musick, J.T. and Dusek, D.A. 1982. Skip planting and irri-  
gation of graded forrocws. Transaction of the ASAE, No. 25  
Vol. 1.
- 20.- Poiree M. y Ollier Ch. 1977. El regadío, redes, teoría, --  
tecnica y economía de los riegos. Ed. ETA, S.A. Barcelona,  
España.
- 21.- Rebour, H. y Deloye, M. 1971. El riego. 2da. Edición. Edi-  
torial Mundi-Prensa, España.
- 22.- Salinas, R.A., Nava, Q.H.; Villanueva, E.M.A., Nieto, G.R.A.  
1981. Efecto de la tensión de humedad del suelo en tres --

etapas fenológicas del cultivo del trigo, durante el invierno 1979-1980. Tesis. Facultad de Agronomía de la - - U.A.N.L. Marín, N.L. México.

- 23.- Tamhane, R.V., Motiramani, A.P., Bali, I.P., Danahve, R.L. 1979. Suelos, su química y fertilidad en zonas tropicales. Ed. Diana, Mexico, D.F.
- 24.- Vega, G.J. 1976. Curso de uso y manejo del agua. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, N.L. México.

A P E N D I C E

CUADRO 1.- Propiedades físicas en el lote experimental. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L 1983.

CARACTERISTICAS FISICAS	ESTRATO DEL SUELO ANALIZADO		
	0 - 30	30 - 60	60 - 90
Arena (%)	32	16	34
Limo (%)	10	27	14
Arcilla (%)	58	57	52
Clasif. por textura	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso
Da. gr/cm <sup>3</sup>	1.27	1.42	1.50
Humedad a C.C. (%)	25.31	26.88	25.38
Humedad a PMP (%)	10.36	11.48	12.15
Humedad aprovech. (%)	14.95	15.50	13.23

CUADRO 2.- Propiedades químicas en el lote experimental. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

CARACTERISTICAS QUIMICAS	ESTRATO DEL SUELO ANALIZADO			OBSERVACIONES
	0 - 30	30 - 60	60 - 90	
pH	7.6	8.1	8.4	Lig. alcanino
Materia org. (%)	1.8	1.9	1.7	Med. pobre
CE mmhos/cm.	2.7	2.7	2.6	Lig. salino
Nitrógeno (%)	0.16	0.14	0.09	Med. pobre
Fósforo p.p.m.	4.4	5.2	4.8	Bajo
Potasio Kg/ha.	380	390	370	Muy rico

CUADRO 3.- Características químicas del agua de riego. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

CARACTERISTICA	VALOR	OBSERVACIONES
Ce x 10 <sup>6</sup>	1250	Altamente salina
pH	7.5	
Ca. en me/l	4.6	
Mg. en me/l	2.1	
Na. en me/l	5.7	
K. en me/l	-	
Suma de cationes en me/l	12.5	
CO <sub>3</sub> en me/l	0.2	
HCO <sub>3</sub> en me/l	1.1	
Cl. en me/l	6.2	No recomendable
SO <sub>4</sub> . en me/l	5.2	
NO <sub>3</sub> . en me/l	-	
Suma de aniones en me/l	12.4	
SE. en me/l	7.9	Condiciones
SP. en me/l	9.5	Condiciones
RAS	3.1	Baja
CSR en me/l	0.0	Buena
PSP. en me/l	70.4	Condiciones
B. en p.p.m.	-	
Clasificación	C <sub>S</sub> S <sub>1</sub>	

CUADRO 4.- Muestreo de humedad realizado el 30 de Marzo de 1983 para la aplicación del primer riego de auxilio. "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

BLOQUE	PROF. (cm)	TRATAMIENTO	% HUMEDAD (Ps)	Lr (cm)
I	0 - 30	1	17.60	2.93
	30 - 60	1	15.80	4.72
	60 - 90	1	14.44	4.92
	0 - 30	2	16.47	3.36
	30 - 60	2	15.16	4.99
	60 - 90	2	14.18	5.26
	0 - 30	3	17.46	2.99
	30 - 60	3	13.98	5.50
	60 - 90	3	13.20	5.48
II	0 - 30	1	18.36	2.64
	30 - 60	1	16.37	4.47
	60 - 90	1	16.21	4.12
	0 - 30	2	16.18	3.47
	30 - 60	2	15.82	4.71
	60 - 90	2	16.35	4.06
	0 - 30	3	18.23	2.69
	30 - 60	3	14.09	5.53
	60 - 90	3	14.33	4.97

CUADRO 4.- Continuación.

BLOQUE	PROF. (cm)	TRATAMIENTO	% HUMEDAD (Ps)	Lr (cm)
III	0 - 30	1	17.60	2.93
	30 - 60	1	15.58	4.81
	60 - 90	1	13.84	5.19
	0 - 30	2	16.95	3.18
	30 - 60	2	15.18	4.98
	60 - 90	2	13.00	5.57
	0 - 30	3	19.56	2.19
	30 - 60	3	17.55	4.40
	60 - 90	3	14.48	4.69

CUADRO 5.- Muestreo de humedad realizado el 23 de Abril de 1983 para la aplicación del segundo riego de auxilio. -- "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

BLOQUE	PROF. (cm)	TRATAMIENTO	% HUMEDAD (Ps)	Lr (cm)
I	0 - 30	1	17.10	3.12
	30 - 60	1	20.19	2.85
	0 - 30	2	16.09	3.51
	30 - 60	2	20.02	2.92
	0 - 30	3	15.17	3.86
	30 - 60	3	15.00	5.05
II	0 - 30	1	16.00	3.54
	30 - 60	1	18.05	3.76
	0 - 30	2	15.64	3.68
	30 - 60	2	18.78	3.45
	0 - 30	3	14.17	4.28
	30 - 60	3	16.40	4.46
III	0 - 30	1	18.31	2.66
	30 - 60	1	18.11	3.73
	0 - 30	2	16.94	3.18
	30 - 60	2	16.47	4.43
	0 - 30	3	16.26	3.44
	30 - 60	3	15.19	4.98

CUADRO 6.- Muestreo de humedad realizado el 9 de Mayo de 1983 para la aplicación del tercer riego de auxilio. -- "Distribución de la humedad en el método de riego por surcos alternos". Marín, N.L. 1983.

BLOQUE	PROF. (cm)	TRATAMIENTO	% HUMEDAD (Ps)	Lr. (cm)
I	0 - 30	1	16.29	3.44
	30 - 60	1	14.09	5.44
	0 - 30	2	17.03	3.15
	30 - 60	2	14.34	5.34
	0 - 30	3	16.01	3.54
	30 - 60	3	15.18	4.98
II	0 - 30	1	16.36	3.40
	30 - 60	1	14.90	5.10
	0 - 30	2	15.16	3.86
	30 - 60	2	14.44	5.29
	0 - 30	3	17.50	2.97
	30 - 60	3	14.90	5.10
III	0 - 30	1	16.09	3.51
	30 - 60	1	14.28	5.36
	0 - 30	2	19.56	2.18
	30 - 60	2	17.23	4.11
	0 - 30	3	15.18	3.85
	30 - 60	3	15.00	5.06

CUADRO 7.- Datos diarios de temperaturas máximas, mínimas y media, precipitación y evaporación durante el ciclo - del cultivo. Primavera-Verano 1983, Marín, N.L.

MES	DIA	TEMPERATURA (°C)			PRECIPITACION (mm)	EVAPOR. (mm)
		Máx.	Mín.	Media		
Marzo	1	30	9	19.5		4.67
	2	29	11	20		5.25
	3	35	12	23.5		4.81
	4	35	15	25		5.61
	5	33	13	23		5.40
	6	34	10	22		3.97
	7	34	7	20.5		7.59
	8	31	9	20		6.08
	9	24	10	17	1.6	2.61
	10	23	12.5	18		3.59
	11	26	6	16		3.54
	12	29	9	19	3.5	3.50
	13	28	7	17.5	7.5	3.59
	14	31	12	21.5		4.63
	15	24	14	19		7.27
	16	27	10	18.5		11.33
	17	28	6	17		6.12
	18	24	10	17		5.48
	19	23	10	16.5		4.39
	20	15	5	10		4.81
	21	21	10	15.5		3.72
	22	31	12	21.5	2.0	2.11
	23	32	12	22	2.0	6.25
	24	30	10	20		7.16
	25	28	8	18		9.04
	26	22	6	14		9.12
	27	26.5	7	17		11.96
	28	29	8.5	19		9.18
	29	30	19	24		4.52
	30	36	14	25		7.07
	31	30	11	20.5		5.62

CUADRO 7.- Continuación.

MES	DIA	TEMPERATURA (°C)			PRECIPITACION (mm)	EVAPOR. (mm)
		Máx.	Mín.	Media		
Abril	1	36	14	25		6.47
	2	38	18	28		7.22
	3	29	12	20.5		7.18
	4	32	11	21.5		8.06
	5	33	12	22.5		9.12
	6	27	10	18.5		7.57
	7	24	9	16.5		6.02
	8	21	14	17.5		5.59
	9	21	8	14.5		7.30
	10	26	12	19		8.01
	11	33	13	23		8.57
	12	37	13	25		9.56
	13	38.5	15	27		12.35
	14	28	17	22.5		10.12
	15	30	11	20.5		9.82
	16	28	12	20		10.08
	17	27	13	20		9.34
	18	36	11	23.5		10.32
	19	39	13	26		10.36
	20	37	17	27		9.14
	21	34	20	27		8.28
	22	35	20	27.5		7.59
	23	36	16	26		8.39
	24	39.5	15	27.3		8.81
	25	39	15	22.5		8.28
	26	32	16	24		8.03
	27	32	18	25		6.69
	28	35	19	27.5		6.30
	29	34	20	27		6.18
	30	35	21	28		7.53

CUADRO 7.- Continuación.

MES	DIA	TEMPERATURA (°C)			PRECIPITACION (mm)	EVAPOR. (mm)
		Máx.	Mín.	Media		
Mayo	1	42	22	32		4.09
	2	46	22	34		7.32
	3	33	24	28.5		5.48
	4	31	17	24		6.21
	5	33	19	26		4.98
	6	32	14	23		6.76
	7	33	16	24.5		5.76
	8	33	18	25.5		5.60
	9	34	20	27	2.0	5.40
	10	34	22	28	1.0	6.04
	11	36	22	29		7.18
	12	34	23	28.5		5.76
	13	34	22	28		5.48
	14	38	22	30		6.77
	15	42	24	33		7.26
	16	32	20	26		5.24
	17	34	20	27		6.16
	18	37	22	29.5		6.65
	19	38	27	32.5		7.12
	20	42	22	32		6.96
	21	38	22	30		6.18
	22	33	22	27.5		3.48
	23	32	22	27		7.20
	24	34	22	28	36.2	7.75
	25	33	22	27.5	34.8	1.08
	26	27	20	23.5	35.6	3.18
	27	27	20	23.5	5.2	4.55
	28	26	19	22.5		4.16
	29	27	19	23		7.03
	30	33	18	25.5		8.57
	31	32	20	26		9.35

