

U.E.S. BIBLIOTECA

FACULTAD DE AGRONOMIA



Inventario: 13100733

Pilano

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

Las Características Físicas del Suelo y su Relación con el Riego

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA
OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE

Ingeniero Agrónomo

POR

Joaquín Alonso Guevara Morán

SAN SALVADOR

SEPTIEMBRE DE 1967.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

LAS CARACTERISTICAS FISICAS DEL
SUELO Y SU RELACION CON EL RIEGO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA
OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGRONOMO

POR

JOAQUIN ALONSO GUEVARA MORAN

SAN SALVADOR

SEPTIEMBRE DE 1967.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rector

Dr. Angel Góchez Marín

Secretario

Dr. Gustavo Adolfo Noyola

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

Decano

Ing. Salvador Enrique Jovel

Secretario

Ing. Armando Alas López

MI RECONOCIMIENTO ETERNO

A mis adorados Padres y Hermanos

CON TODO MI CORAZON

A mi linda Evelyn y

adorada Nelvia

CON MUCHO APRECIO

A mis compañeros y amigos .

DEDICATORIA

Esta Tesis la dedico con agradecimiento al Ing. Kern Stutler, Asesor Técnico del Programa "Mejoramiento de Tierras Agrícolas", sin cuya colaboración hubiera sido imposible la realización de la misma.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a Dn. Alberto Cerón, por orientarme tan dignamente en mis primeros pasos estudiantiles.

A los Profesores Esteban Rodríguez, Adán Guevara, Alejandro - Parada y Rutilia de Torres, por su valiosa colaboración durante los años de mi educación secundaria.

A los Ingenieros Salvador Enrique Jovel, Mario René Arévalo - Nuila, José René Alvarado Lozano, Armando Alas López y Roberto Molina Castro, por ser los verdaderos forjadores de mi carrera profesional.

A los Ingenieros Luis Alonso Vanegas y René Augusto Vidal -- Palma, por su valiosa colaboración en el desarrollo de este trabajo.

A los Señores Ulises González, José Santos Bardales y Guillermo Cáceres, así también al Ingeniero Julio Torres, por haberme ofrecido toda clase de facilidades para el desarrollo de esta investigación.

A mis familiares, en especial a mis Tías Paula de Ordóñez y - Alicia Morán de Castro, por haberme atendido como a un hijo.

...

...

A Doña Francisca de Peñate, por sus sabios consejos y digna -
colaboración; así también, a la Srta. Vilma Esperanza Alvarado Za
mora, quien tan bondadosamente cooperó en la realización de esta --
obra.

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

Primer Examen General de Grado

Ing. José Velasco Morán

Ing. Víctor Gallo Parker

Dr. Ricardo Molina Aguilar

Segundo Examen General de Grado

Ing. Salvador Enrique Jovel

Ing. Gustavo Denys

Dr. Ricardo Molina Aguilar

Jurado Calificador de Tesis

Ing. Salvador Enrique Jovel

Ing. Roberto Molina Castro

Ing. José Velasco Morán

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA	3
Generalidades.....	3
Relaciones entre el suelo y el agua.....	4
Infiltración.....	7✓
Densidad aparente.....	8
Relación suelo-agua-planta.....	8
Uso consuntivo.....	10
Láminas de Riego.....	12
Frecuencia de Riego.....	12
Período de Riego.....	13
Tiempo de Riego.....	14
MATERIALES Y METODOS.....	15
Localización.....	15
Determinación de la infiltración.....	25
Método de los cilindros.....	25✓
Método de los surcos.....	27
Determinación de la densidad aparente.....	31
Retención del agua por los suelos.....	37
Textura de los suelos.....	41
Capacidad de retención.....	41

...

	Pág.
Lámina de aplicación.....	41
Frecuencia de riegos.....	42
Tiempo requerido para aplicar la lámina neta.....	42
Tiempo de riego.....	44
Longitud máxima de los surcos.....	44
RESULTADOS Y DISCUSION.....	45
Infiltración.....	45
Densidad aparente.....	46
Retención del agua por los suelos.....	47
Textura de los suelos.....	47
Lámina de aplicación.....	47
Especificaciones de riego.....	48
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES.....	84
RESUMEN.....	85
BIBLIOGRAFIA.....	87
APENDICE.....	91

INDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1.- Condiciones del campo en las pruebas de infiltración en los surcos.....	29
2.- Características físicas de los suelos de la hacienda "San José".....	49
3.- Características físicas de los suelos de la hacienda "La Poza".....	50
4.- Características físicas de los suelos de la hacienda "Los Tempisques".....	51
5.- Características físicas de los suelos de la hacienda "El Naranja".....	52
6.- Características físicas de los suelos de la Estación Experimental de "San Andrés No. 1".	53
7.- Capacidad de retención de los suelos de la hacienda "San José".....	54
8.- Capacidad de retención de los suelos de la hacienda "La Poza".....	55
9.- Capacidad de retención de los suelos de la hacienda "Los Tempisques".....	56

...

	Pág.
CUADRO 10.- Capacidad de retención de los suelos de la - hacienda "El Naranjo".....	57
11.- Capacidad de retención de los suelos de la - Estación Experimental de "San Andrés No. 1".	58
12.- Lámina de aplicación en el cultivo de maíz,- con un nivel escogido de humedad antes de <u>re</u> gar de 50% y una zona de humedad aprovecha-- ble de 1 m. para la hacienda "San José".....	59
13.- Lámina neta de aplicación en el cultivo del - maíz, con un nivel escogido de humedad antes de regar de 50% y una zona de humedad aprove-- chable de 1 m. para la hacienda "La Poza".....	59
14.- Lámina neta de aplicación en el cultivo del -- maíz, con un nivel escogido de humedad antes de regar de 50% y una zona de humedad aprovecha-- ble de 1 m. para la hacienda "Los Tempisques".	60
15.- Lámina neta de aplicación en el cultivo de -- maíz, con un nivel escogido de humedad antes - de regar de 50% y una zona de humedad aprove-- chable de 1 m. para la hacienda "El Naranjo"..	60

CUADRO 16.- Lámina neta de aplicación en el cultivo de -- maíz, con un nivel escogido de humedad antes - de regar de 50% y una zona de humedad aprove-- chable de 75 cm. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1".....	61
17.- Especificaciones de riego para las cinco hacien <u>da</u> en estudio.....	62
18.- Datos de la prueba de infiltración por medio de cilindros para la hacienda "San José".....	92
19.- Datos de la prueba de infiltración por medio de cilindros para la hacienda "La Poza".....	94
20.- Datos de la prueba de infiltración por medio de cilindros para la hacienda "Los Tempisques"....	96
21.- Datos de la prueba de infiltración por medio de cilindros para la hacienda "El Naranja".....	97
22.- Datos de la prueba de infiltración por medio de cilindros para la Estación Experimental de "San <u>an</u> Andrés No. 1".....	98
23.- Medida de los caudales en los surcos en la ha--	

	Pág.
cienda "San José" en la estación 0+000 por medio de vertedores de orificio sumergido.....	100
CUADRO 24.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "San José" en la estación 0+000 por medio de vertedores de orificio sumergido.....	101
25.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "San José" en la estación 0+000 por medio de baldes aforados.....	102
26.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "San José" en la estación 0+045 por medio de vertedores de orificio sumergido.....	103
27.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "San José" en la estación 0+045 por medio de vertedores de orificio sumergido.....	103
28.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "La Poza" en la estación 0+000 por medio de vertedores de orificio sumergido.....	104
29.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "La Poza" en la estación 0+000 por medio de baldes aforados.....	105

CUADRO 30.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "La Poza" en la estación 0+105 por medio de vertedores de orificio sumergido.....	106
31.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "La Poza" en la estación 0+105 por medio de vertedores de orificio sumergido.....	107
32.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "La Poza" en la estación 0+188 por medio de baldes aforados.....	108
33.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "Los Tempisques" en la estación 0+000 - por medio de baldes aforados.....	109
34.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "Los Tempisques" en la estación 0+000 - por medio de baldes aforados.....	110
35.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "Los Tempisques" en la estación 0+075 - por medio de baldes aforados.....	111
36.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "Los Tempisques" en la estación 0+144 -	

	Pág.
por medio de baldes aforados.....	112
CUADRO 37.- Medida de los caudales en los surcos en la ha- cienda " <u>Los Tempisques</u> " en la estación 0+144 - por medio de baldes aforados.....	112
38.- Medida de los caudales en los surcos en la ha- cienda "El Naranjo" en la estación 0+000 por - medio de vertedores de orificio sumergido.....	113
39.- Medida de los caudales en los surcos en la ha- cienda "El Naranjo" en la estación 0+000 por - medio de vertedores de orificio sumergido.....	114
40.- Medida de los caudales en los surcos en la ha- cienda "El Naranjo" en la estación 0+100 por - medio de vertedores de orificio sumegido.....	115
41.- Medida de los caudales en los surcos en la ha- cienda "El Naranjo" en la estación 0+100 por - medio de vertedores de orificio sumergido.....	116
42.- Medida de los caudales en los surcos en la ha- cienda "El Naranjo" en la estación 0+230 por - medio de vertedores de orificio sumergido.....	117

...

CUADRO 43.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "El Naranjo" en la estación 0+230 por medio de vertedores de orificio sumergido.....	117
44.- Medida de los caudales en los surcos en la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+000 por medio de baldes aforados.	118
45.- Medida de los caudales en los surcos en la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+000 por medio de baldes aforados.	119
46.- Medida de los caudales en los surcos en la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+060 por medio de vertedores de orificio sumergido.....	120
47.- Medida de los caudales en los surcos en la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+060 por medio de vertedores de orificio sumergido.....	120
48.- Medida de los caudales en los surcos en la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+135 por medio de baldes aforados.	121

CUADRO 49.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "San José" de la estación 0+000 a la estación 0+045.....	122
50.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "San José" de la estación 0+000 a la estación 0+045.....	123
51.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "San José" de la estación 0+000 a la estación 0+045.....	124
52.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "La Poza" de la estación 0+000 a la estación 0+105.....	125
53.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "La Poza" de la - estación 0+000 a la estación 0+105.....	126
54.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "La Poza" de la - estación 0+000 a la estación 0+105.....	127

	Pág.
CUADRO 55.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "La Poza" de la - estación 0+000 a la estación 0+188.....	128
56.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "La Poza" de la estación 0+000 a la estación 0+188.....	129
57.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "Los Tempisques" de la estación 0+000 a la estación 0+144.....	130
58.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "Los Tempisques" de la estación 0+000 a la estación 0+144.....	131
59.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "Los Tempisques" de la estación 0+000 a la estación 0+144.....	132
60.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" de la estación 0+000 a la estación 0+100.....	133

CUADRO 61.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" de la estación 0+000 a la estación 0+100.....	134
62.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" de la estación 0+000 a la estación 0+100.....	135
63.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" de - la estación 0+000 a la estación 0+100.....	136
64.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" de la estación 0+100 a la estación 0+230.....	137
65.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" de la estación 0+100 a la estación 0+230.....	137
66.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" de la estación 0+100 a la estación 0+230.....	138

	Pág.
CUADRO 67.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" de la estación 0+100 a la estación 0+230.....	139
68.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" de la estación 0+000 a la - estación 0+060.....	140
69.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" de la estación 0+000 a la - estación 0+060.....	141
70.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" a la estación 0+000 a la esta ción 0+060.....	142
71.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" de la estación 0+060 a la es tación 0+135.....	143

CUADRO 72.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" de la estación 0+060 a la - estación 0+135.....	144
73.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" de la estación 0+000 a la - estación 0+135.....	145
74.- Cálculos de la infiltración en los surcos en - g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" de la estación 0+000 a la - estación 0+135.....	146
75.- Movimiento del agua en los surcos en la haci <u>en</u> da "San José".....	147
76.- Movimiento del agua en los surcos en la haci <u>en</u> da "La Poza".....	148
77.- Movimiento del agua en los surcos en la haci <u>en</u> da "Los Tempisques".....	149
78.- Movimiento del agua en los surcos en la haci <u>en</u> - da "El Naranja".....	150

	Pág.
CUADRO 79.- Movimiento del agua en los surcos en la Estación Experimental de "San Andrés No. 1".....	151
80.- Determinación de la densidad aparente por el método del muestreador Willardson en la hacienda "San José".....	152
81.- Determinación de la densidad aparente por el método del muestreador Willardson en la hacienda "La Poza".....	153
82.- Determinación de la densidad aparente por el método del muestreador Willardson en la hacienda "Los Tempisques".....	154
83.- Determinación de la densidad aparente por el método del muestreador Willardson en la hacienda "El Naranjo".....	155
84.- Determinación de la densidad aparente por el método del muestreador Willardson en la Estación Experimental de "San Andrés No. 1".....	156
85.- Determinación de la densidad aparente por el método del cilindro medidor de volumen en la -	

	Pág.
hacienda "San José".....	157
CUADRO 86.- Determinación de la densidad aparente por el método del cilindro medidor de volumen en la hacienda "La Poza".....	157
87.- Determinación de la densidad aparente por el - método del cilindro medidor de volumen en la - hacienda "Los Tempisques".....	157
88.- Determinación de la densidad aparente por el - método del cilindro medidor de volumen en la - hacienda "El Naranjo".....	158
89.- Determinación de la densidad aparente por el - método del cilindro medidor de volumen en la - Estación Experimental de "San Andrés No. 1"...	158
90.- Determinación del porcentaje de humedad reteni- do por los suelos de la hacienda "San José" a - una tensión de 0.10 atmósferas.....	159
91.- Determinación del porcentaje de humedad reteni- do por los suelos de la hacienda "San José" a una tensión de 0.33 atmósferas.....	160

...

	Pág.
CUADRO 92.- Determinación del porcentaje de humedad ret <u>e</u> nido por los suelos de la hacienda "San José" a una tensión de 1.0 atmósferas.....	161
93.- Determinación del porcentaje de humedad ret <u>e</u> nido por los suelos de la hacienda "San José" a una tensión de 5.0 atmósferas.....	162
94.- Determinación del porcentaje de humedad ret <u>e</u> nido por los suelos de la hacienda "San José" a una tensión de 15.0 atmósferas.....	163
95.- Determinación del porcentaje de humedad ret <u>e</u> nido por los suelos de la hacienda "La Poza" a una tensión de 0.10 atmósferas.....	164
96.- Determinación del porcentaje de humedad ret <u>e</u> nido por los suelos de la hacienda "La Poza" a una tensión de 0.33 atmósferas.....	165
97.- Determinación del porcentaje de humedad ret <u>e</u> nido por los suelos de la hacienda "La Poza" a una tensión de 1.0 atmósferas.....	166

...

	Pág.
CUADRO 98.- Determinación del porcentaje de humedad <u>rete</u> nido por los suelos de la hacienda "La Poza" a una tensión de 5.0 atmósferas.....	167
99.- Determinación del porcentaje de humedad <u>rete</u> nido por los suelos de la hacienda "La Poza" a una tensión de 15.0 atmósferas.....	168
100.- Determinación del porcentaje de humedad <u>rete</u> nido por los suelos de la hacienda "Los Tem- pisesques" a una tensión de 0.10 atmósferas...	169
101- Determinación del porcentaje de humedad <u>rete</u> nido por los suelos de la hacienda "Los Tem- pisesques" a una tensión de 0.33 atmósferas.	170
102.- Determinación del porcentaje de humedad <u>rete</u> nido por los suelos de la hacienda "Los Tem- pisesques" a una tensión de 1.0 atmósferas....	171
103.- Determinación del porcentaje de humedad <u>rete</u> nido por los suelos de la hacienda "Los Tem pisesques" a una tensión de 5.0 atmósferas...	172
104.- Determinación del porcentaje de humedad <u>rete</u>	

...

	Pág.
nido por los suelos de la hacienda "Los Tem- pisques" a una tensión de 15.0 atmósferas....	173
CUADRO 105.- Determinación del porcentaje de humedad rete- nido por los suelos de la hacienda "El Naran- jo" a una tensión de 0.10 atmósferas.....	174
106.- Determinación del porcentaje de humedad rete- nido por los suelos de la hacienda "El Naran- jo" a una tensión de 0.33 atmósferas.....	175
107.- Determinación del porcentaje de humedad rete- nido por los suelos de la hacienda "El Naran- jo" a una tensión de 1.0 atmósferas.....	176
108.- Determinación del porcentaje de humedad rete- nido por los suelos de la hacienda "El Naran- jo" a una tensión de 5.0 atmósferas.....	177
109.- Determinación del porcentaje de humedad rete- nido por los suelos de la hacienda "El Naran- jo" a una tensión de 15.0 atmósferas.....	178
110.- Determinación del porcentaje de humedad rete- nido por los suelos de la Estación Experimen- tal de "San Andrés No. 1" a una tensión de -	

	Pág.
0.10 atmósferas.....	179
 CUADRO 111.- Determinación del porcentaje de humedad rete <u>n</u> nido por los suelos de la Estación Experimen <u>t</u> tal de "San Andrés No. 1" a una tensión de - 0.33 atmósferas.....	180
 112.- Determinación del porcentaje de humedad rete <u>n</u> nido por los suelos de la Estación Experimen <u>t</u> tal de "San Andrés No. 1" a una tensión de - 1.0 atmósferas.....	181
 113.- Determinación del porcentaje de humedad rete <u>n</u> nido por los suelos de la Estación Experimen <u>t</u> tal de "San Andrés No. 1" a una tensión de - 5.0 atmósferas.....	182
 114.- Determinación del porcentaje de humedad rete <u>n</u> nido por los suelos de la Estación Experimen <u>t</u> tal de "San Andrés No. 1" a una tensión de - 15.0 atmósferas.....	183
 115.- Uso consuntivo del maíz en la zona costera - (Santa Cruz Porrillo).....	184

Pág.

CUADRO 116.- Uso consuntivo del maíz en la zona de valles
intermedios (San Andrés).....

185.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Mapa de El Salvador mostrando los lugares de los cinco -
proyectos en estudio.

2 y 3.- Vistas parciales de la descripción de los perfiles -
en estudio.

4 y 5.- Vistas parciales del establecimiento y medida de la
infiltración en los cilindros.

6 y 7.- Vistas parciales del tranquilizador, los surcos y -
los distintos caudales utilizados en la prueba de -
infiltración por surcos.

8.- Vista mostrando el aforo del agua que entra a uno de --
los surcos en la prueba de infiltración.

9.- Vista mostrando el aforo del agua en una de las estacio_o
nes intermedias de la longitud de los surcos.

10.- Vista mostrando el aforo del agua a la salida de uno -
de los surcos en la prueba de infiltración.

11.- Vista mostrando la introducción del muestreador Willard
sen con el objeto de obtener una muestra para densidad
aparente.

Figura 12.- Vista mostrando el corte de la muestra obtenida al introducir el muestreador Willardson, con el objeto de que sea de un volumen igual al de las demás.

13.- Vista mostrando la colocación de la muestra obtenida en un tubo de ensayo, con el propósito de obtener el peso seco.

14 y 15.- Vistas parciales mostrando la determinación de la densidad aparente por medio del método del cilindro medidor de volumen.

16.- Vista mostrando el extractor de humedad con los platos cerámicos en su interior y el manómetro instalado al lado de éste.

17.- Vista mostrando el extractor herméticamente cerrado y al operador manejando las válvulas, con el objeto de dar una presión establecida.

18.- Vista mostrando el extractor de humedad con los platos cerámicos y un laboratorista poniendo las muestras en cajas de aluminio, con el objeto de obtener el peso de dichas muestras.

19.- Curvas de infiltración en los cilindros para la hacienda "San José".

...

Figura 20.- Curvas de infiltración en los cilindros para la hacienda
"La Poza".

21.- Curvas de infiltración en los cilindros para la hacienda
"Los Tempisques".

22.- Curvas de infiltración en los cilindros para la hacienda
"El Naranjo".

23.- Curvas de infiltración en los cilindros para la Estación
Experimental de "San Andrés No. 1".

24.- Curvas de infiltración en los surcos para la hacienda -
"San José".

25.- Curvas de infiltración en los surcos para la hacienda -
"La Poza".

26.- Curvas de infiltración en los surcos para la hacienda -
"Los Tempisques".

27.- Curvas de infiltración en los surcos para la hacienda -
"El Naranjo".

28.- Curvas de infiltración en los surcos para la Estación -
Experimental de "San Andrés No. 1".

Figura 29.- Curvas del movimiento del agua en los surcos para la hacienda "San José".

30.- Curvas del movimiento del agua en los surcos para la hacienda "La Poza".

31.- Curvas del movimiento del agua en los surcos para la hacienda "Los Tempisques".

32.- Curvas del movimiento del agua en los surcos para la hacienda "El Naranjo".

33.- Curvas del movimiento del agua en los surcos para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1".

34.- Curvas de retención de humedad para la hacienda "San Jose".

35.- Curvas de retención de humedad para la hacienda "La Poza".

36.- Curvas de retención de humedad para la hacienda "Los -- Tempisques".

37.- Curvas de retención de humedad para la hacienda "El Naranjo".

38.- Curvas de retención de humedad para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1".

INTRODUCCION

Es indiscutible que la base económica de El Salvador, radica primordialmente en la agricultura; es así, como cualquier técnica bien utilizada y los sistemas agrícolas bien planificados, influyen favorablemente en la economía nacional.

La producción agrícola está influenciada por muchos factores, de entre los cuales el suelo y el agua juegan un papel importante. En el país, por su condición climática, el factor más variable y - por lo mismo limitante es el agua; esto hace evidente la necesidad de un uso metódico y racional de este elemento.

El riego, técnicamente planificado, es un sistema que llega a multiplicar la producción agrícola, logrando con esto, autoabastecer las demandas nacionales y aumentar las exportaciones, incrementando así, la economía del país.

El origen de la irrigación se pierde en la historia más antigua, sin embargo, los estudios indican que se utilizó cuando menos hace 4000 años. En el país, se ha venido aplicando el riego en una forma empírica desde hace mucho tiempo, sin que hasta el presente se tengan datos que sean el producto de la investigación en nuestro medio. Lo anterior, es causa de que actualmente se verifique el riego sin tener en cuenta la básica tetralogía: suelo-agua-planta-hombre.

En el país contamos con varias obras de riego en funcionamiento y con grandes proyectos de realización futura, esto hace necesario el estudio, difusión y uso de técnicas en la aplicación y manejo del agua; éste únicamente puede lograrse, a través de la investigación sobre los diferentes aspectos que abarca el campo de la irrigación, de lo contrario, se seguirán utilizando las prácticas rudimentarias actuales, ocasionando con esto un mal aprovechamiento de los recursos naturales.

En nuestro medio, son pocos los trabajos de investigación en este campo y como apoyo a la práctica del riego, solamente se cuenta con investigaciones realizadas en otros países, las que tienen un valor limitado como base para los trabajos locales.

En el presente trabajo, se trata de establecer las relaciones entre las propiedades físicas de los suelos y sus correspondientes prácticas de riego; además, pretende servir de guía a futuros trabajos en este campo que se realicen en el país.

Este trabajo se realizó desde diciembre de 1966 hasta agosto de 1967, en la zona costera y de valles intermedios del país. El procedimiento que se ha seguido es el utilizado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A.).

LITERATURA REVISADA

Generalidades

La importancia del riego es lógica y objetiva, con solo relacionarla con la necesidad del agua y de los diferentes papeles en que participa en la producción agrícola. Es así como Olivier (15), considera el agua como un factor esencial para la vida; hace ver, que el agua ejerce su principal control sobre los destinos del hombre en combinación con el suelo. Concluye al respecto que: "la adecuada combinación del agua y del suelo, en el espacio y en el tiempo, establecerá los límites superiores de la capacidad de sostenimiento de la población mundial".

Más adelante este mismo autor al citar a Harsfall, establece la realidad de riego en el mundo: "durante miles de años, los ingenieros se han estado enfrentando a problemas relacionados con el riego y podríamos esperar que nuestra Literatura estuviera saturada de su experiencia; sin embargo, ocurre exactamente lo contrario".

Mela Mela (15), al discutir sobre este aspecto, considera evidente la importancia del agua, tanto como agente edafizador, como desde el punto de vista estrictamente agrícola, llegando a exponer que sin el agua no habría suelo y que aún existiendo éste, su producción sería nula de no contar con tan vital elemento.

Thorne y Peterson (18), al discutir los problemas del riego,

...

consideran a éste, como el mejor sistema para controlar los factores de la producción agrícola, llegando a estimar, que aún el factor más imprevisible, el clima, con la irrigación es posible mejorarlo parcialmente.

Houk (7), define el riego, como la aplicación controlada de agua a las tierras arables para suplir los requerimientos de los cultivos que no fueron satisfechos por la lluvia.

Israelsen (9), considera el riego, como la aplicación artificial de agua al suelo, con el propósito de suplir la humedad esencial para el crecimiento de las plantas.

Jovel (11), conceptúa el riego, como el conjunto de artificios necesarios para la utilización racional del agua en el cultivo de las plantas.

Relaciones entre el Suelo y el Agua

El riego en la agricultura depende del control de la humedad del suelo; es así como Thorne y Peterson (18), consideran que un especialista en este campo debe entender bien los efectos recíprocos entre el suelo y el agua, basándose en las leyes que controlan la entrada y el movimiento del agua en el suelo, y la fuerza con que la atraen las partículas del mismo.

Para estos autores los términos más comunes sobre la humedad son: Capacidad de Campo y Punto de Marchitez. Definen el primer término como: "La cantidad de agua que un suelo puede retener contra la gravedad cuando se le permite escurrir libremente"; el Punto de Marchitez como: "La humedad que tiene el suelo cuando las plantas se marchitan permanentemente".

Refiriéndose al movimiento del agua en los suelos, estos autores dicen que en los suelos no saturados el agua que contienen está en la forma de películas muy delgadas. Exponen además, que las fuerzas de cohesión entre el suelo y el agua son grandes cuando la humedad es menor que la Capacidad de Campo y el agua presente no se puede mover con libertad; en estas condiciones, el agua se mueve a través del suelo bajo tensiones las que aproximadamente son inversamente proporcionales a la cantidad de agua existente en el suelo; de esta manera, aumentando el agua, se aumenta la facilidad de su movimiento. Citan a Alway y McDole, quienes encontraron que el movimiento ascendente del agua a más de 30 cm. era muy lento cuando la humedad se reducía a la Capacidad de Campo; expresan que Rotmistrov concluyó que el agua que penetra a más de 40 a 51 cm. no regresa a la superficie del suelo, excepto por la vía de las raíces de las plantas.

Israelsen (9), expresa que la influencia de las propiedades -

del suelo en la práctica del riego es de gran importancia y que generalmente se subestima dicha influencia. Hace ver este autor, que algunos suelos están compuestos de partículas gruesas, poco compactas y son muy permeables y que otros en cambio, se componen de partículas muy finas, íntimamente unidas y son casi impermeables. Así expresa, que la permeabilidad de un suelo influye grandemente en la práctica del riego, ya que los suelos muy permeables tienden a producir pérdidas excesivas de agua por percolación profunda, mientras que los suelos impermeables, son difíciles de mojar de una manera adecuada.

El U.S.D.A. (19), considera de primordial importancia el estudio de las relaciones físicas de los suelos, entre los cuales mencionan: infiltración, permeabilidad, densidad aparente y porosidad.

Lozano (12), al discutir al respecto, expone que la finalidad que se persigue con el riego es reponer la humedad que el cultivo ha utilizado del suelo, de modo tal que el rápido crecimiento ó desarrollo productivo de las plantas pueda continuar. Establece así, que el agua debe ser aplicada cuando es necesaria y en cantidad suficiente para llenar los depósitos del suelo hasta la Capacidad de Campo; por otra parte expresa, que por medio del estudio previo del perfil del suelo, se puede calcular el volumen de agua que de-

be aplicarse, considerando al mismo tiempo la profundidad de la zona radical.

McCulloch y Criddle (14), expresan que la agricultura de riego actual se enfrenta a problemas de gran importancia en relación con el suelo y con el agua; exponen que en muchas regiones hay -- más terrenos adecuados para el riego de los que pueden regarse -- con el agua disponible y que sin embargo en áreas muy extensas, -- menos de la mitad del agua aplicada es la que aprovechan los cultivos en crecimiento; consideran que ^hhay métodos prácticos de resolver la mayor parte de los problemas que se presentan en las -- áreas bajo riego y que éstos se basan, en los principios fundamentales de la conservación del suelo y del agua, lo que requiere un conocimiento preciso de la topografía, el suelo y la capacidad de éste para ser regado.

Infiltración

Grassi (5), considera la velocidad de infiltración como parte de la velocidad de penetración del agua en el suelo. Expresa -- además este autor, que la velocidad de infiltración es una medida de la capacidad del suelo para absorber agua, dependiendo de la -- textura, estructura, contenido hídrico, temperatura del suelo y de una serie de factores variables, tales como: calidad del agua, compactación y agrietamiento del suelo, tipo de cultivo y labores culturales.

Densidad Aparente

Lyon y colaboradores (13), exponen que la densidad aparente - es una medida de peso por la cual se toma en consideración el volumen completo del suelo. Estos autores la definen como: el peso de un volumen completo unitario de suelo seco.

Para estos ⁶ autores la densidad aparente del suelo está afectada por: textura, estructura, materia orgánica, manejo y compactación.

Relación suelo-agua-planta

Thorne y Peterson (18), haciendo referencia al respecto, opinan que todavía no se ha llegado a un acuerdo general sobre la manera en la que entra el agua a la planta, sin embargo, reconocen - que las plantas absorben el agua principalmente por las porciones terminales de las raíces, especialmente por los pelos absorbentes. Expresan, que el crecimiento de las raíces se considera generalmente más importante que el movimiento del agua, sobre todo en los suelos con un contenido de humedad inferior a la Capacidad de Campo.

Estos autores consideran que las fuerzas involucradas en la - entrada del agua a la planta son originadas por los siguientes procesos: osmosis, imbibición, metabolismo y transpiración. Haciendo referencia a la fuerza osmótica estiman que es la fuente principal

en la absorción del agua por las plantas; consideran que una raíz pequeña, en contacto íntimo con el suelo, forman un sistema coordinado con un movimiento continuo de agua hacia adentro o hacia afuera de la planta, dirigiéndose al punto de mayor esfuerzo; así, si la afinidad de las raíces por el agua excede los esfuerzos a los que la humedad está en el suelo, el agua entra a la planta; - ocurriendo exactamente lo contrario aunque en situaciones poco -- frecuentes, cuando las condiciones son inversas.

Refiriéndose a las fuerzas de imbibición, estos autores se expresan diciendo que son los coloides hidrófilos de las plantas los que juegan un papel importante en la absorción del agua, debido a sus cualidades propias de imbibición. Haciendo referencia a las fuerzas metabólicas, estos indican que el movimiento del agua en las plantas puede tener lugar como resultado a la actividad metabólica, pero que es de poca importancia en comparación con los efectos osmóticos.

Refiriéndose a las experiencias de Kramer, expresan que encontraron que la velocidad de entrada de agua a las raíces varía de acuerdo a los cambios de intensidad de la transpiración. Más adelante hacen ver, que la fuerza total de succión que pueden ejercer las raíces de las plantas para extraer el agua del suelo, varía de acuerdo a la clase de planta, de suelos y a las condiciones climá

ticas. Así mismo coinciden en que 15 atmósferas es la fuerza mayor de succión que las plantas pueden ejercer, encontrándose --- fuerzas hasta de 60 atmósferas para algunas plantas, aunque éstas fueron antes de que las plantas murieran por falta de humedad.

Estos autores consideran, que la capacidad total de almacenamiento de un suelo para el agua aprovechable es igual a la diferencia entre el porcentaje de humedad del punto de marchitamiento y el porcentaje de humedad a la capacidad de campo. Expresan además, que para muchos suelos la capacidad de agua aprovechable aumenta al hacerse más fina su textura; sin embargo, hay excepciones a esta generalización.

Según el U.S.D.A. (20), la tensión de la humedad del suelo a su capacidad de campo varía desde menos de 0.1 hasta 0.7 atmósferas, dependiendo de la textura, esto es para un suelo no salino; demostrando que los suelos arenosos están a su capacidad de campo cuando la tensión está a 0.06 atmósferas; los suelos arenosos -- francos, a 0.1 atmósferas; los suelos franco limosos, aproximadamente a 0.3 atmósferas y los suelos arcillosos, a 0.6 atmósferas.

Uso Consuntivo

Para el U.S.D.A. (20), el uso consuntivo, muchas veces llama

do evapotranspiración, incluye el agua usada por las plantas en la transpiración y crecimiento más el agua evaporada del suelo adyacente y precipitación interceptada por el follaje. Este se expresa en cm-Ha/Ha. o en acre-pie/pie o también solamente como una lámina de agua en cm.

Para estos investigadores el uso consuntivo puede ser: diario, mensual y periódico.

El uso consuntivo diario es considerado para un período de 24 horas y éste varía con el cambio de los factores influenciados en la evaporación y transpiración. Este uso consuntivo es bajo al inicio del ciclo vegetativo de la planta, después aumenta con el desarrollo del follaje y generalmente llega al máximo, durante la época de fructificación, disminuyendo rápidamente hasta el final del ciclo vegetativo. El uso consuntivo mensual como fácilmente se comprende, es igual a la suma del uso consuntivo diario durante 30 días. El periódico por su parte, es aquel considerado para un período o época determinados.

Recomienda además este organismo, que para el diseño de un sistema de riego, debe ser utilizado el uso consuntivo máximo, que es el promedio diario durante los 6 a 10 días del máximo consumo de agua por el cultivo durante su ciclo vegetativo.

Láminas de Riego

Según el U.S.D.A. (20), la lámina de agua debe aplicarse - cuando se necesita, para asegurar la operación eficiente y económica de un sistema de riego.

Consideran que la lámina de agua a aplicar en cada riego, - depende de la cantidad de agua aprovechable que el suelo puede - retener en la zona de las raíces y del nivel de humedad asumido para empezar el riego. Así mismo, recomiendan que la lámina neta a aplicar debe ser igual a la cantidad de agua que el suelo puede retener entre la capacidad de campo y el nivel de humedad asumido para iniciar el riego.

Estos autores citan a Shockley, el cual ha sugerido otro método de estimar la lámina neta de agua, que se basa en el patrón usual de extracción de humedad de los cultivos regados.

El patrón usual de extracción de humedad consiste en dividir la zona de las raíces en cuatro partes iguales en espesor, dándole a cada una de ellas los porcentajes de humedad siguientes: 40%, 30%, 20% y 10%, a partir de la superficie del suelo.

Frecuencia de Riego

Según el U.S.D.A. (20), la frecuencia de riego se refiere al

número de días entre aplicaciones de agua o riegos. Así también, consideran que ésta depende del uso consuntivo del cultivo y de la lámina neta a aplicar, estando pues en función del suelo y -- del cultivo.

Además opinan que la frecuencia de riego, durante la época de crecimiento del cultivo, depende de la etapa de desarrollo de éste y debe haber suficiente agua durante la germinación y cuando la planta emerge; después, el cultivo debe ser regado más frecuentemente hasta la floración. Durante la época de fructificación, la frecuencia disminuye.

Por otra parte recomiendan, que la frecuencia utilizada en el diseño de cualquier sistema de riego, sea la necesaria en el período de demanda máxima de agua por el cultivo.

Período de Riego

De acuerdo al U.S.D.A. (20), el período de riego se refiere al número de días que se pueden permitir para aplicar un riego a cierta área, durante la época de uso consuntivo máximo del cultivo. Consideran que el período de riego es la base para la capacidad y diseño del sistema, exponiendo más adelante que en las regiones áridas donde los riegos son cíclicos y el nivel de humedad se mantiene entre la capacidad de campo y aproximadamente 50% de

humedad, el período de riego y la frecuencia son idénticos.

Tiempo de Riego

Grassi (5), define el tiempo de riego como el tiempo requerido para que una determinada lámina de agua infiltre en el suelo.

El U.S.D.A. (23), en el caso de riego por surcos, define el tiempo de riego como el tiempo requerido para dar la lámina neta de agua más $1/4$ de este tiempo. Este tiempo adicional es necesario para que el agua llegue al final del surco. Así mismo, para el riego por fajas, define el tiempo de riego como el requerido para aplicar la lámina bruta en el área unitaria con el caudal unitario.

MATERIALES Y METODOS

Localización

Este trabajo se realizó en cinco haciendas localizadas en dos zonas del país (Fig. 1). Una descripción detallada de los lugares en estudio se hace a continuación.

1- "Hacienda San José"

Localización: Municipio de Chirilagua, Departamento de San Miguel.

Elevación: 75 m. sobre el nivel del mar.

Temperatura promedio anual: 26.4°C.

Precipitación promedio anual: 1,765 mm.

Fisiografía: Planicie aluvial.

Tipo de suelo: aluvial sobre grumosol.

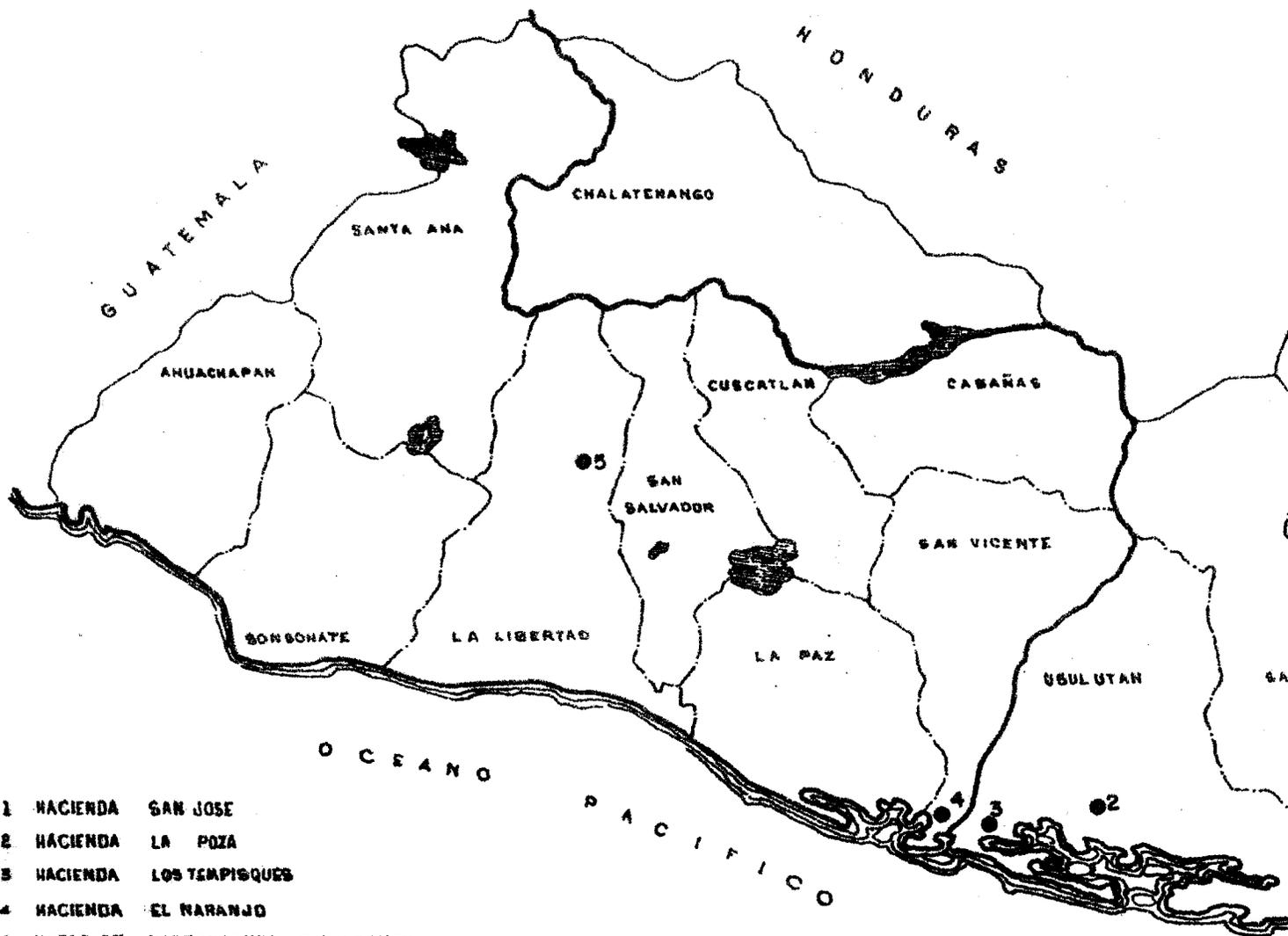
Perfil representativo del Suelo

Horizonte: 0 a 3 cm.

Textura franco arcilloso, de estructura granular moderada y mediana, de una consistencia ligeramente plástica muy pegajosa y de color negro.

Horizonte: 3 a 24 cm.

...



- 1 HACIENDA SAN JOSE
- 2 HACIENDA LA POZA
- 3 HACIENDA LOS TEMPISQUES
- 4 HACIENDA EL NARANJO
- 5 ESTACION EXPERIMENTAL SAN ANDRES

FIGURA-1-MAPA DE EL SALVADOR MOSTRANDO LOS CINCO PROYECTOS

Textura arcillosa, de estructura en bloques moderados medianos, consistencia pegajosa y plástica, de color café grisáceo muy oscuro a negro.

Horizonte: 24 a 55 cm.

Textura arcillosa, de estructura migajón muy plástica, de un color negro a café grisáceo oscuro.

Horizonte: 55 a más de 170 cm.

Tenemos un estrato de textura franco arenoso de ceniza volcánica, muy suelto, con un color café grisáceo a gris pardo claro.

2- "Hacienda La Poza"

Localización: Municipio de Usulután, Departamento de Usulután.

Elevación: 50 m. sobre el nivel del mar.

Temperatura promedio anual: 26.7°C.

Precipitación promedio anual: 1,991 mm.

Fisiografía: planicie de monte.

Tipo de suelo: latosol rojizo integrado con aluviales.

Perfil representativo del Suelo

Horizonte: 0 a 18 cm.

Textura franco arcillo arenosa, con una estructura terronosa y una consistencia ligeramente suelta, de un color que varía del café muy oscuro al café oscuro.

Horizonte: 18 a 60 cm.

Textura franco arcillo arenosa, con una estructura terronosa grande y una micro estructura de bloques angulares débiles, de -- consistencia ligeramente friable, el color varía de un café amarillento oscuro a un gris muy oscuro.

Horizonte: 60 a 170 cm.

Textura franco arcillo arenosa, con una estructura terronosa fuerte mediana y de una consistencia pegajosa y plástica, el color predominantemente café oscuro.

Horizonte: 170 cm. a más

Se presenta un estrato arcilloso con abundante gravilla máfica, con una estructura fuerte terronosa y una consistencia muy plástica y muy pegajosa, de un color café rojizo oscuro.

3- "Hacienda Los Tempisques"

Localización: Municipio de Jiquilisco, Departamento de Usulután.

Elevación: 40 m. sobre el nivel del mar.

Temperatura promedio anual: 26.7°C.

Precipitación promedio anual: 1,966 mm.

Fisiografía: planicie costera.

Tipo de suelo: regosol aluvial.

Perfil representativo del Suelo

Horizonte: 0 a 5 cm.

Textura franco, de estructura granular, con un color café -- muy oscuro.

Horizonte: 5 a 47 cm.

Textura franco, de estructura terronosa bastante fuerte y de un color café muy oscuro.

Horizonte: 47 a 59 cm.

Textura franco arcillosa, con una estructura de bloques medianos y una consistencia plástica ligeramente pegajosa, con un color café oscuro.

Horizonte: 59 a 120 y más cm.

Textura arcillosa, con una estructura en bloques medianos, -- muy plástica y muy pegajosa, con un color que varía del café oscuro a un café amarillento oscuro.

4- "Hacienda El Naranjo"

Localización: Departamento de San Vicente.

Elevación: 5 m. sobre el nivel del mar.

Temperatura promedio anual: 26.7°C.

Precipitación promedio anual: 1,923 mm.

Fisiografía: planicie costera.

Tipo de suelo: regosol aluvial.

Perfil representativo del Suelo

Horizonte: 0 a 3 cm.

Textura franco arenosa fina, estructura terronosa de consistencia

cia suelta y de un color que varía del café a café oscuro.

Horizonte: 3 a 14 cm.

Textura franco arenosa, muy fina, estructura terronosa fina, suelta y de un color café oscuro.

Horizonte: 14 a 21 cm.

Textura franco arenosa, estructura terronosa mediana y consistencia ligeramente dura, de un color café a café oscuro.

Horizonte: 21 a 35 cm.

Textura franco arenosa, con una estructura idéntica a la anterior pero con una consistencia ligeramente friable, presentándose abundante moteado café amarillento, manteniendo siempre el color general hacia un café oscuro.

Horizonte: 35 a 135 cm.

Textura franco, con una estructura terronosa a migajón muy friable, con un color predominantemente café oscuro, presentando moteados que varían del café rojizo al rojo amarillento, encontrándose este horizonte muy húmedo. El horizonte inferior es de una textura tendiente a franco limoso.

5- "Estación Experimental de San Andrés No. 1"

Localización: Municipio de Ciudad Arce, Departamento de la Libertad.

Elevación: 475 m. sobre el nivel del mar.

Temperatura promedio anual: 24°C.

Precipitación promedio anual: 1,691 mm.

Fisiografía: planicie de valles intermedios.

Tipo de suelo: regosol aluvial.

Perfil representativo del Suelo

Horizonte: 0 a 2 cm.

Textura franco arenosa, de estructura muy suelta y de un color café a café grisáceo oscuro.

Horizonte: 2 a 8 cm.

Textura franco arenosa, con bloques débiles y una consistencia muy firable, predominando los colores café oscuro a café grisáceo oscuro.

Horizonte: 8 a 25 cm.

Textura franco arenosa, con una mayor presencia de gravillas,

una estructura más fuerte de bloques y de una consistencia friable, con un color café muy oscuro.

Horizonte: 25 a 60 cm.

Textura franco, de un color café muy oscuro, de estructura en bloques hacia granular fina, mostrando alto contenido de materia orgánica posiblemente un horizonte enterrado por los estratos superiores.

Horizonte: 60 a 75 cm.

Se presentan capas discontinuas de talpetate ligeramente duras, bastante permeable, con colores variables del gris hasta el amarillo pardo pasando por el café.

Horizonte: 75 a 100 cm.

Aquí se define exactamente el talpetate, el cual se presenta en una forma más continúa, siempre permeable y con los mismos colores que la anterior.

Horizonte: 100 a más cm.

Un horizonte arenoso muy suelto de ceniza volcánica, de colores predominantemente café a café claro, encontrándose con alto contenido de humedad.

En las Figuras 2 y 3 puede observarse parcialmente, aspectos de la descripción de los perfiles.
Figura 2



Figura 3



Determinación de la Infiltración

Se emplearon dos métodos para determinar la infiltración, el método por medio de cilindros y el método por medio de surcos.

Método de los cilindros.

En este método, se utilizaron cinco cilindros de hierro, -- excepto en las haciendas El Naranjo y Los Tempisques donde únicamente se usaron tres y cuatro cilindros respectivamente. Estos cilindros tenían un diámetro de 30 cm. aproximadamente y una longitud de 35 cm.

El procedimiento que se siguió es el recomendado por Haise - (6), del U.S.D.A.

En estas determinaciones no se utilizaron cilindros exteriores. Así mismo, el agua empleada para la prueba fue la misma que se usa para regar.

En las Figuras 4 y 5 puede observarse el establecimiento de los cilindros y la medida de la infiltración en los mismos. Los datos de la infiltración en los cilindros se presentan en los cuadros 18 al 22 del apéndice.

Figura 4



Figura 5



Método de los surcos.

Para determinar la infiltración por medio de surcos, se siguieron las normas de Criddle et al (3).

Con el objeto de evitar las infiltraciones laterales, se utilizaron en total seis surcos; pero, solamente se emplearon para la determinación de la infiltración, los cuatro surcos centrales. Estos surcos se establecieron con pendientes representativas del terreno de la localidad.

El abastecimiento de agua para los surcos, se hizo con caudales diferentes utilizando tubos de distintos diámetros, saliendo de un tranquilizador mantenido con una carga constante de 6 cm. - por medio de un vertedor, instalado en el extremo opuesto de la entrada del agua al tranquilizador. El agua utilizada para esta prueba también fue la que se usa para regar.

En las Figuras 6 y 7 pueden observarse los surcos y el tranquilizador de la prueba. Así mismo, en el cuadro 1 se presentan las condiciones de campo para la prueba de infiltración en los surcos. Los datos de la infiltración en los surcos se muestran en los cuadros del 49 al 73 del apéndice.

Figura 6



Figura 7



CUADRO 1.- Condiciones del campo en las pruebas de infiltración en los surcos.

Hacienda	Cultivo	Espaciamiento de los surcos cm.	Pendiente de surcos %	Long. de surcos. m.	Caudales utilizados. q.p.m.
San José	Maíz	92	0.15	116	3.5-5-11-19
La Poza	--	100	0.30	188	7-12-21-31
Los Tempisques	Maíz	100	0.40	144	2.5-5-6-12
El Naranjo	Melón	137	0.50	230	8-15-16-31
San Andrés No.1	Maíz	100	0.30	135	3-6 -9.5-20

Los caudales fueron medidos en tres puntos: a la entrada, a la mitad y a la salida de los surcos. El material y equipo empleado para la determinación de los caudales fue: baldes aforados, cronómetros y vertedores de orificio sumergido.

Aspecto parcial de la determinación de los caudales, puede observarse en las Figuras 8, 9 y 10. Los datos del movimiento del agua en los surcos se presentan en los cuadros 74 al 78 del apéndice.

Figura 8



Figura 9



Figura 10



El movimiento del agua, se midió a lo largo de los surcos en -- puntos determinados según la longitud de éstos.

El caudal máximo en los surcos se determinó de acuerdo a la - erosión causada. Al final de cada prueba se observó la infiltración lateral en los surcos, para determinar el espaciamiento adecuado entre ellos.

Determinación de la densidad aparente

La densidad aparente se determinó por dos métodos: el primero - por medio del muestreador Willardson y el segundo por medio del cilin

dro medidor de volumen.

El primero consiste en un cilindro extractor de muestras de -- igual volumen, determinándose posteriormente el peso seco de cada muestra.

Por medio de este método, se determinó la densidad aparente -- de los horizontes de espesor significativo, hasta una profundidad máxima de 135 cm.

Para obtener un valor más representativo de la densidad apa-- rente, se tomaron tres muestras de cada horizonte, utilizándose co mo dato final, el promedio de los valores obtenidos.

En las Figuras 11, 12 y 13 se presentan aspectos de dicha de-- terminación y en los cuadros 79 al 83 del apéndice, se muestran -- los datos de esta determinación.

El método del cilindro medidor de volumen, consiste en extraer una muestra de suelo, determinando el volumen extraído por medio de un cilindro graduado, de volumen determinado y que tiene un diafragma en la base inferior que se mueve por medio de una perilla colocada en el exterior del cilindro.

El procedimiento para determinar la densidad aparente por este método, es el siguiente:

- 1o) Se coloca el cilindro previamente lleno de agua destilada, sobre un soporte puesto a nivel del suelo.
- 2o) Abriendo la válvula para bajar el diafragma al nivel del suelo, se hace la primera lectura de la altura del agua en el cilindro.
- 3o) Se quita el cilindro del soporte y se extrae un volumen de suelo, de acuerdo a la capa en estudio, directamente abajo de un orificio que tiene el soporte. Colectando la muestra de suelo en una bolsa plástica.
- 4o) Se pone el cilindro nuevamente sobre el soporte, abriendo la válvula para bajar el diafragma hasta que ocupe el espacio dejado por la muestra de suelo extraída, efectuando así la segunda lectura de la altura del agua en el cilindro.
- 5o) La diferencia entre la primera y la segunda lectura, dará el volumen de la muestra extraída.
- 6o) A la muestra extraída se le determina posteriormente el peso seco.
- 7o) El resultado de la división del peso seco entre el volumen, nos da la densidad aparente del suelo en estudio.

En algunos proyectos del estudio no se determinó la densidad aparente por este método en los horizontes muy profundos, debido a las dificultades en el manejo de este equipo.

La densidad aparente utilizada en los cálculos de la capacidad de retención de agua de los suelos, fue el promedio de los valores obtenidos por estos dos métodos. En los casos donde solo se determinó la densidad aparente por un método, se consideró este valor únicamente.

En las Figuras 14 y 15 se muestra el uso de este aparato y en los cuadros 80 al 89 del apéndice, se presentan los datos para esta determinación.

Figura 11



Figura 10



Figura 11

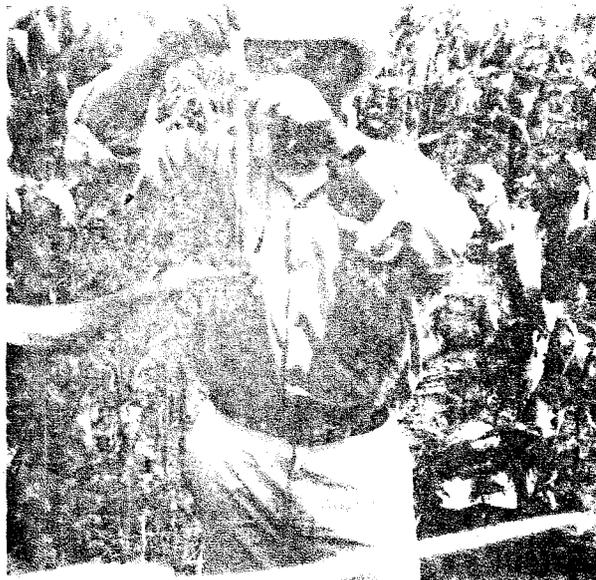


Figura 14



Figura 15



Retención del agua por los suelos

Para determinar la retención del agua por los suelos, se colectaron muestras de aproximadamente un kg. para cada horizonte, en los diferentes perfiles. Para esta determinación se usó el método del extractor de humedad.

Este extractor consiste en una cámara alumínica de presión, que funciona a base de aire comprimido regulado por válvulas y manómetros. Contando como parte del equipo con platos cerámicos para alta y baja presión.

El procedimiento para esta determinación es el siguiente: --

- 1o) Preparar las muestras ordenadamente.
- 2o) Colocar las muestras en los platos cerámicos, usando -- platos de alta o baja presión para presiones mayores o menores de una atmósfera respectivamente.
- 3o) Colocar los platos con las muestras en el interior del -- extractor, cerrándolo después herméticamente.
- 4o) Abrir la válvula del aire comprimido, fijando la presión por medio del manómetro.
- 5o) Dejar las muestras en el extractor el tiempo necesario -

para que alcancen su balance hídrico.

6o) Sacar las muestras del extractor y pesarlas.

7o) Colocar las muestras en la estufa a 105°C durante 24 horas.

8o) Sacar las muestras de la estufa y pesarlas inmediatamente.

9o) Por diferencia de peso, obtenemos el contenido de humedad, el cual se expresa en porcentaje en base al peso del suelo seco.

A las muestras de cada horizonte de los perfiles en estudio, se hicieron cinco determinaciones a presiones diferentes. Estas -- presiones fueron de 0.1, 0.33, 1.0, 5.0 y 15.0 atmósferas, aplicadas en el orden mencionado.

Para cada horizonte se utilizaron tres réplicas por presión, las cuales alcanzaron su equilibrio hídrico, generalmente a las -- 48 horas. El promedio de las tres réplicas se tomó como el contenido de humedad del horizonte.

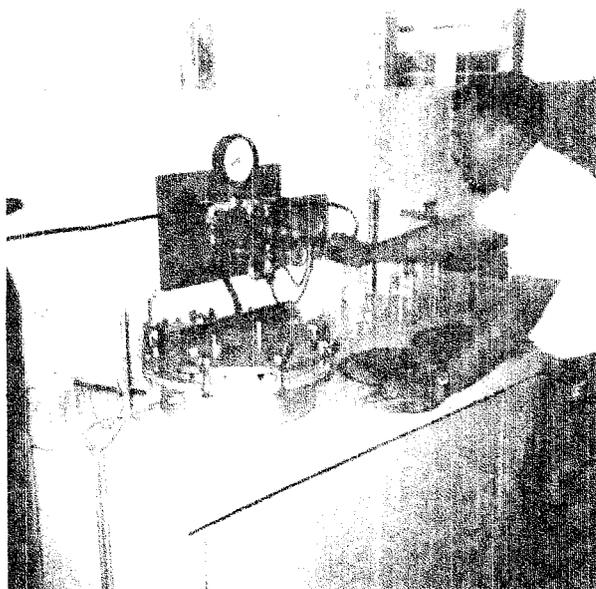
Aspectos parciales de esta determinación se muestran en las Figuras 16, 17 y 18. En los cuadros 89 al 113 del apéndice se presentan los datos obtenidos.

Figura 16

...39



Figura 17





Uso Consuntivo

Se estimó el uso consuntivo para las dos zonas en estudio -- por medio del método de Blaney y Criddle, siguiendo las normas -- del Technical Release (22).

En este cálculo únicamente se tomó como ejemplo el maíz, por ser este cultivo uno de los más adecuados en el riego por surcos, pudiendo servir de guía en estimaciones de uso consuntivo para -- otros cultivos.

Los datos del porcentaje de horas luz fueron obtenidos de Jo-

vel y Martínez (10).

Textura de los Suelos

La textura de los suelos se determinó por medio del método de Bouyoucos (2).

Capacidad de Retención

La capacidad de retención de humedad, se obtiene multiplicando la densidad aparente por la diferencia entre el porcentaje de humedad a la capacidad de campo y el porcentaje de humedad al punto de marchitez.

Se consideró el porcentaje de humedad a una tensión de 15 at_mósfera como punto de marchitez y el porcentaje de humedad a tensiones de 0.33 atmósferas como capacidad de campo, excepto en los suelos arcillosos de San José y Los Tempisques en los que se consideró una tensión de 0.4 atmósferas para la capacidad de campo (20).

Lámina de Aplicación

La lámina neta se calculó considerando que se regaría cuando el cultivo hubiera consumido la mitad del agua disponible en la zona de las raíces; siendo ésta, el resultado de multiplicar el espesor del horizonte considerado por la capacidad de retención.

La lámina bruta se estimó tomando un 60% de eficiencia en la aplicación o sea, que fue el resultado de dividir la lámina neta - entre la eficiencia.

Frecuencia de Riegos

Esta fue calculada para el período de uso consuntivo máximo, siendo el resultado de dividir la lámina neta entre el uso consuntivo diario máximo.

Tiempo requerido para aplicar la lámina neta

La variación de la infiltración se expresa por la fórmula:

(a) $I = K T^n$, donde:

I = infiltración en galones por minuto/30 m.

K = intercepto de la infiltración cuando $T = 1$

T = tiempo que el agua está sobre el suelo (en minutos).

n = pendiente de la línea de infiltración-tiempo.

Para obtener los valores de los parámetros K y n se plotearon los datos de la infiltración, en papel logarítmico.

La infiltración equivalente fue calculada con el propósito de expresar la infiltración en los surcos dada en g.p.m./30 m. a cm/min. usando la siguiente expresión:

$$I_{eq} = \frac{I_s \times 75.7}{60 e}$$

donde:

I_{eq} = infiltración equivalente en cm/min.

I_s = infiltración en los surcos en g.p.m./30 m.

e = espaciamiento en los surcos

75.7 = factor de conversión

60 = minutos que tiene una hora.

Expresando la infiltración en cm/hora a cm/min. la ecuación -

(a) se reduce a:

$$(b) \quad I = \frac{K T^n}{60} \text{ cm/min.}$$

El integral de la ecuación (b), representa la lámina de agua infiltrada en determinado tiempo, o sea:

$$d = \int \frac{K T^n}{60}$$

de donde obtenemos:

$$(c) \quad d = \frac{K T^{n+1}}{60(n+1)}$$

El tiempo requerido para aplicar la lámina neta, se obtiene -
despejándolo de la ecuación (c) o sea:

$$T = \left(\frac{60(n+1)d}{K} \right)^{\frac{1}{n+1}}$$

...

donde:

T = tiempo en minutos

d = lámina neta en cm.

Tiempo de Riego

Para que el riego sea eficiente el agua debe llegar al final del surco, en la cuarta parte del tiempo requerido en aplicar la lámina neta. En los cálculos del tiempo de riego se siguió esta recomendación (3).

Longitud máxima de los surcos

La longitud máxima de los surcos, es aquella en la que el caudal máximo puede dar una lámina más o menos uniforme, en el tiempo recomendado para que el agua llegue al final del surco.

De las curvas del movimiento del agua en los surcos (Figuras - 29 al 33), se obtuvieron las longitudes máximas de los surcos para los proyectos en estudio. Para la hacienda San José, los datos de las curvas del movimiento del agua en los surcos no dieron resultados satisfactorios.

RESULTADOS Y DISCUSION

Infiltración

Los resultados de la infiltración se muestran en las Figuras 19 al 28 y en los cuadros 49 al 73.

Del estudio de estos resultados, se observa que la prueba de infiltración por medio de cilindros no mostró una correlación --- constante con la infiltración en los surcos, en todos los proyec-- tos de este estudio. En la Estación Experimental de San Andrés No. 1, los parámetros K y n fueron mayores en la prueba de infiltración -- por surcos que en la prueba de infiltración por cilindros. Se considera que esta variación se debió a la alta infiltración lateral en este suelo franco arenoso.

Para los restantes proyectos hubo menor discrepancia, siendo siempre los parámetros K y n en la prueba de infiltración por ci-- lindros mayores que en la prueba de infiltración por surcos.

En la hacienda San José, a pesar de que el suelo en las capas superiores es arcilloso, la infiltración tanto en los cilindros como en los surcos fue alta, debido a que el suelo se encontraba con un contenido de humedad bastante baja en el momento de verificar - estas pruebas y además, por estar bastante agrietado permitía un - incremento considerable en la infiltración. Debido a estas condiciones, el movimiento del agua en los surcos fue más lento de lo que -

...

se esperaba y los caudales escogidos no fueron suficientes para - que el agua llegara al final de los surcos. En vista del comportamiento de estos suelos, las recomendaciones para este sistema de riego, deben tomarse con bastante reserva.

Los resultados del movimiento del agua en los surcos se presentan gráficamente en las Figuras 29 al 33.

Densidad Aparente

Los resultados de la densidad aparente de los suelos se presentan en los cuadros 2 al 6.

En la determinación de la densidad aparente, la mayoría de los resultados obtenidos por el método del cilindro medidor de volumen, fueron mayores que los obtenidos por el método de muestreador Willardson. Se considera que esto se debió, a que el diafragma no ocupó el volumen exacto de la cavidad dejada al extraer el suelo, debido a la irregularidad en las paredes y fondo de la cavidad mencionada; otra razón es de que con el muestreador Willard--son, algunas veces no se obtuvo exactamente la muestra del suelo - debido a que había cierta adherencia en las paredes del tubo, dando como resultado un peso menor de la muestra.

Retención del agua por los suelos

Los resultados de la retención del agua por los suelos, a las presiones efectuadas, se muestran en los cuadros 7 al 11 y en las Figuras 34 al 38.

En relación a la retención del agua por los suelos, es interesante notar que los suelos de textura pesada, retienen un alto porcentaje de humedad a 15 atmósferas, reduciendo con esto, el agua disponible para los cultivos; también es de observar que en la mayoría de los suelos, existe una gran diferencia entre la humedad retenida a tensiones de 0.1 y a 0.5 atmósferas. Estos resultados concuerdan con investigaciones de muchos autores (15,18).

De lo anterior se deduce, la importancia de escoger una tensión adecuada para la capacidad de campo, de acuerdo a los diferentes tipos texturales de suelo.

Textura de los suelos

La textura de cada horizonte de los cinco perfiles en estudio, se muestra en los cuadros 2 al 6, así como también los respectivos porcentajes de arena, limo y arcilla.

Lámina de Aplicación

Los resultados de las láminas netas de aplicación se presen-

tan en los cuadros 12 al 16 y los de las láminas brutas en el cuadro 17.

Especificaciones de Riego

Los resultados de la frecuencia de riegos, tiempo de aplicación, espaciamiento, caudal y longitud máximos, se muestran en el cuadro 17.

Como puede observarse en dicho cuadro las frecuencias oscilaron entre 13 y 16 días; lo cual indica que no hay gran variación de la frecuencia de acuerdo al tipo de suelo, sino que está en correlación con la condición climática y la clase de cultivo.

El tiempo de aplicación osciló entre 1.33 a 12.3 horas, estas variaciones son debidas a las diferentes texturas que presentan los perfiles de los suelos.

El espaciamiento tuvo poca variación, obteniéndose como espaciamiento adecuado el de 1 m.

Los caudales máximos en los surcos oscilaron entre 12 y 30 g.p.m.; lo cual indica una variación de acuerdo al tipo de suelo,

Las longitudes máximas de surcos oscilaron entre 60 y 225 m.; lo cual muestra evidentemente la correlación con el tipo textural del suelo.

CUADRO 2.- Características físicas de los suelos de la hacienda "San José".

Profundidad cm.	Densidad aparente gr/cm ³ .		Porcentaje de:			Textura	Humedad en	
	(1)	(2)	Arena	Limo	Arcilla		0.10at.	0.33at.
3 a 16	1.06	1.14	29.0	25.0	46.0	arcillosa	48.46	49.68
30 a 45	1.04	0.89	32.0	24.0	44.0	arcillosa	59.01	53.89
60 a 75	0.97	0.98	59.64	32.36	8.0	franco aren.	29.30	23.92
100 a 110	0.98	--	46.0	48.36	5.64	franco aren.	32.69	21.29

(1) Método del muestreador Willardson

(2) Método del cilindro medidor de volumen

CUADRO 3.- Características físicas de los suelos de la hacienda "La Poza".

Profundidad cm.	Densidad aparente gr/cm ³		Porcentaje de:			Textura	Humedad en %		
	(1)	(2)	Arena	Limo	Arcilla		0.10at.	0.33at.	
3 a 18	1.06	1.15	46.20	24.72	29.08	f.c.a.	39.22	35.73	2
30 a 48	1.05	1.11	47.84	22.62	29.54	f.c.a.	34.88	31.99	2
75 a 90	1.00	1.07	49.48	22.72	27.80	f.c.a.	37.25	31.84	2
125 a 135	1.04	--	56.20	22.72	21.08	f.c.a.	37.38	31.65	2

(1) Método del muestreador Willardson

(2) Método del cilindro medidor de volumen

f.c.a. = franco arcillo arenoso

CUADRO 4.- Características físicas de los suelos de la hacienda "Los Tempisques"

Profundidad cm.	Densidad aparente gr/cm ³ .		Porcentaje de:			Textura	Humedad en %		
	(1)	(2)	Arena	Limo	Arcilla		0.10at.	0.33at.	
7 a 24	1.19	1.19	40.00	32.36	27.64	franco	40.20	32.09	2
25 a 40	1.12	1.14	44.36	28.00	27.64	franco	38.17	30.15	2
47 a 59	1.06	1.14	38.00	28.00	34.00	f.c.	41.28	36.12	2
80 a 95	1.00	0.99	30.36	20.00	49.64	arcilloso	65.85	57.62	4

(1) Método del muestreador Willardscn

(2) Método del cilindro medidor de volumen

f.c. = textura franco arcilloso

CUADRO 5.- Características físicas de los suelos de la hacienda "El Naranjo".

Profundidad cm.	Densidad aparente gr/cm ³		Porcentaje de:			Textura	Humedad en % a	
	(1)	(2)	Arena	Limo	Arcilla		0.10at.	0.33at.
3 a 14	1.26	1.36	58.20	29.28	12.52	franco aren.	26.13	24.63
14 a 21	1.12	1.17	66.20	21.28	12.52	franco aren.	21.54	20.42
21 a 35	1.15	1.30	62.20	24.92	12.88	franco aren.	22.07	21.42
60 a 75	1.05	1.16	31.84	49.28	18.88	franco	36.30	31.13
85 a 100	1.16	--	34.00	48.00	18.00	franco	37.86	30.98

(1) Método del muestreador Willardson

(2) Método del cilindro medidor de volumen

CUADRO 6.- Características físicas de los suelos de la Estación Experimental de San Andrés No. 1^a.

Profundidad cm.	Densidad aparente gr/cm ³		Porcentaje de:			Textura	Humedad en % a	
	(1)	(2)	Arena	Limo	Arcilla		0.10at.	0.33at.
2 a 8	1.04	1.18	60.92	26.00	13.08	franco aren.	27.22	23.76
8 a 25	1.23	1.26	54.92	27.64	17.44	franco aren.	29.99	26.19
34 a 47	1.01	1.08	47.34	32.64	20.00	franco	38.59	35.66
58 a 75	0.97	0.94	50.00	29.00	21.00	franco	42.20	39.63
80 a 100	0.90	0.90	49.28	30.36	20.36	franco	44.02	42.99

(1) Método del muestreador Willardson

(2) Método del cilindro medidor de volumen

CUADRO 7.- Capacidad de retención de los suelos de la hacienda "San José".

Hori zonte	Muestra represen tativa.	Promedio de % de - humedad a capacidad de campo.	Promedio de % de - humedad a punto de marchitez.	Agua dis- poni ble.	Densidad aparente del suelo en prome- dio.	Capacidad de reten- ción.
cm.	cm.	%	% a 15at.	%	gr/cm ³ .	mm/cm.
0 a 3	--	--	--	--	--	--
3 a 24	3 a 16	46.0 (1)	29.7	16.3	1.10	1.79
24 a 55	30 a 45	52.0 (1)	34.1 *	17.9	1.04	1.86
55 a 170+	60 a 75	23.9 (2)	7.0	16.9	0.97	1.64
	100 a 110	21.3 (2)	6.4	14.9	0.98	1.46

(1) Tensión a 0.4 atmósferas

(2) Tensión a 0.33 atmósferas

CUADRO 8.- Capacidad de retención de los suelos de la hacienda --
"La Poza".

Hori- zonte	Muestra represen- tativa.	Promedio de % de - humedad a capacidad de campo	Promedio de % de - humedad a punto de marchitez	Agua dispo- nible	Densidad aparente del suelo en prome- dio.	Capacidad de reten- ción.
cm.	cm.	%	% a 15at.	%	gr/cm ³	mm/cm.
0 a 18	3 a 18	35.7	17.1	18.6	1.10	2.05
18 a 60	30 a 48	32.0	18.8	13.2	1.08	1.43
60 a 170	75 a 90	31.8	20.0	11.8	1.03	1.22
170	125 a 135	31.7	19.3	12.4	1.04	1.29

CUADRO 9.- Capacidad de retención de los suelos de la hacienda --
"Los Tempisques".

Hori- zonte cm.	Muestra repre- sentativa cm.	Promedio de % de - humedad a capacidad de campo %	Promedio de % de - humedad a punto de marchitez % a 15at.	Agua dis- poni- ble. %	Densidad aparente del suelo en prome- dio. gr/cm ³	Capacidad de reten- ción. mm/cm.
0 a 5	--	--	--	--	--	--
5 a 47	7 a 24	32.1 (2)	16.9	15.2	1.19	1.81
--	25 a 40	30.2 (2)	15.7	14.5	1.13	1.64
47 a 59	47 a 59	36.1 (2)	18.9	17.2	1.10	1.89
59 a 120+	80 a 95	55.5 (1)	44.9	10.6	1.00	1.06

(1) Tensión a 0.4 atmósferas

(2) Tensión a 0.33 atmósferas

CUADRO 10.- Capacidad de retención de los suelos de la hacienda --
"El Naranjo".

Hori- zonte	Muestra repre-- sentativa	Promedio de % de - humedad a capacidad de campo	Promedio de % de - humedad a punto de marchitez	Agua dis- poni- ble.	Densidad aparente del suelo en prome- dio.	Capacidad de reten- ción.
cm.	cm.	%	% a 15at.	%	gr/cm ³	mm/cm.
0 a 3	--	--	--	--	--	--
3 a 14	3 a 14	24.6	9.9	14.7	1.31	1.93
14 a 21	14 a 21	20.4	9.6	10.8	1.14	1.23
21 a 35	21 a 35	21.4	10.0	11.4	1.15*	1.31
35 a 135	60 a 75	31.1	13.9	17.2	1.10	1.89
--	85 a 100	31.0	13.4	17.6	1.16	2.04

* - Únicamente se consideró en este horizonte el dato de densidad aparente obtenido por medio del muestreador Willardson.

CUADRO 11.- Capacidad de retención de los suelos de la Estación Experimental de San Andrés No. 1^o.

Hori- zonte	Muestra repre- sentativa	Promedio de % de - humedad a capacidad de campo	Promedio de % de - humedad a punto de marchitez	Agua dis- poni- ble.	Densidad aparente del suelo en prome- dio.	Capacidad de reten- ción.
cm.	cm.	%	% a 15 at.	%	gr/cm ³	mm/cm.
0 a 2	--	--	--	--	--	--
2 a 8	2 a 8	23.8	9.6	14.2	1.11	1.56
8 a 25	8 a 25	26.2	10.8	15.4	1.24	1.91
25 a 60	34 a 47	35.7	15.3	20.4	1.04	2.12
60 a 75	60 a 75	39.6	15.7	23.9	0.95	2.27
75 a 100	80 a 100	43.0	15.5	27.5	0.90	2.48
100+	--	--	--	--	--	--

CUADRO 12.- Lámina neta de aplicación en el cultivo de maíz, con un nivel escogido de humedad antes de regar de 50% y una zona de humedad aprovechable de 1 m., para la hacienda "San José".

Profundidad del horizonte cm.	Horizonte considerado cm.	Capacidad de retención mm/cm.	Agua disponible en el horizonte cm.	Lámina neta de aplicación cm.
0 a 24	24	1.79	4.30	2.15
24 a 55	31	1.86	5.77	2.88
55 a 100	45	1.64	7.38	3.69
TOTAL =				8.72 cm.

CUADRO 13.- Lámina neta de aplicación en el cultivo de maíz, con un nivel escogido de humedad antes de regar de 50% y una zona de humedad aprovechable de 1 m., para la hacienda "La Poza".

Profundidad del horizonte cm.	Horizonte considerado cm.	Capacidad de retención mm/cm.	Agua disponible en el horizonte cm.	Lámina neta de aplicación cm.
0 a 18	18	2.05	3.69	1.85
18 a 60	42	1.43	6.00	3.00
60 a 100	40	1.22	4.88	2.44
TOTAL =				7.29 cm.

CUADRO 14.- Lámina neta de aplicación en el cultivo de maíz, con un nivel escogido de humedad antes de regar de 50% y una zona de humedad aprovechable de 1 m., para la hacienda "Los Tempisques".

Profundidad del horizonte cm.	Horizonte considerado cm.	Capacidad de retención mm/cm.	Agua disponible en el horizonte cm.	Lámina neta de aplicación cm.
0 a 24	24	1.81	4.34	2.17
24 a 47	23	1.64	3.77	1.88
47 a 59	12	1.89	2.27	1.13
59 a 100	41	1.06	4.35	2.17
TOTAL =				7.35 cm.

CUADRO 15.- Lámina neta de aplicación en el cultivo de maíz, con un nivel escogido de humedad antes de regar de 50% y una zona de humedad aprovechable de 1 m., para la hacienda "El Naranjo".

Profundidad del horizonte cm.	Horizonte considerado cm.	Capacidad de retención mm/cm.	Agua disponible en el horizonte cm.	Lámina neta de aplicación cm.
0 a 14	14	1.93	2.70	1.35
14 a 21	7	1.23	0.86	0.43
21 a 35	14	1.31	1.83	0.92
35 a 75	40	1.89	7.56	3.78
75 a 100	25	2.04	5.10	2.55
TOTAL =				9.03 cm.

CUADRO 16.- Lámina neta de aplicación en el cultivo de maíz, con un nivel escogido de humedad antes de regar de 50% y una zona de humedad aprovechable de 75*cm., para la "Estación Experimental de San Andrés No. 1".

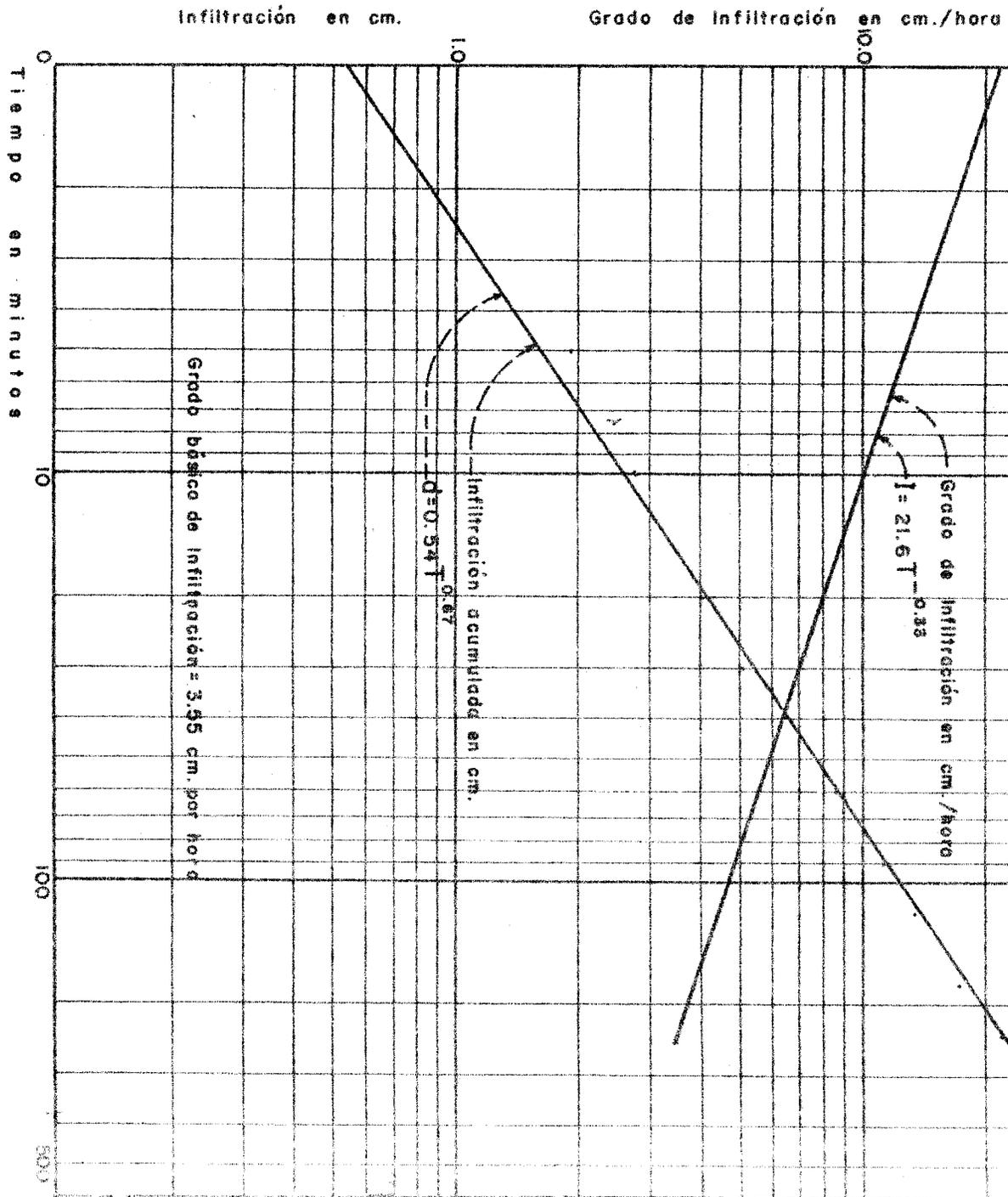
Profundidad del horizonte cm.	Horizonte considerado cm.	Capacidad de retención mm/cm.	Agua disponible en - el horizonte cm.	Lámina neta de aplica-- ción cm.
0 a 8	8	1.58	1.26	0.63
8 a 25	17	1.91	3.25	1.62
25 a 60	35	2.12	7.42	3.71
60 a 75	15	2.27	3.41	1.70
TOTAL =				7.66 cm.

* - En este perfil se consideró una zona de humedad aprovechable de 75 cm. porque a esta profundidad se encontró una capa de talpetate.

CUADRO 17.- Especificaciones de riego para las cinco haciendas en estudio.

Hacienda	Lámina neta	Uso - consumo diario	Frecuencia de riego - durante período de uso consun. máximo días	Tiempo requerido para aplicar lámina neta horas	Caudal max. en los surcos	Espaciamiento de los surcos	Long. max. de los surcos
	cm.	mm/día.	días	horas	g.p.m.	cm.	m.
San José	8.72	5.6	15	1.33	30	92	120
La Poza	7.29	5.6	13	4.17	21	100	155
Los Tempisques	7.35	5.6	13	12.3	12	100	225
El Naranjo	9.03	5.6	16	6.5	16	92	175
San Andrés No.1	7.66	5.3	14	1.5	20	100	60

INFILTRACION EN LOS CILINDROS
HACIENDA "SAN JOSE"



infiltración en cm.

Grado de Infiltración en cm./hora

Tiempo en minutos

0

50

100

200

10

100

Grado básico de Infiltración a 1.12 cm. por hora

Infiltración acumulada en cm.
 $d = 0.36 T^{0.487}$

Grado de Infiltración en cm./hora
 $I = 1.2 T^{-0.43}$

INFILTRACION EN LOS CILINDROS
HACIENDA "LA POZA"

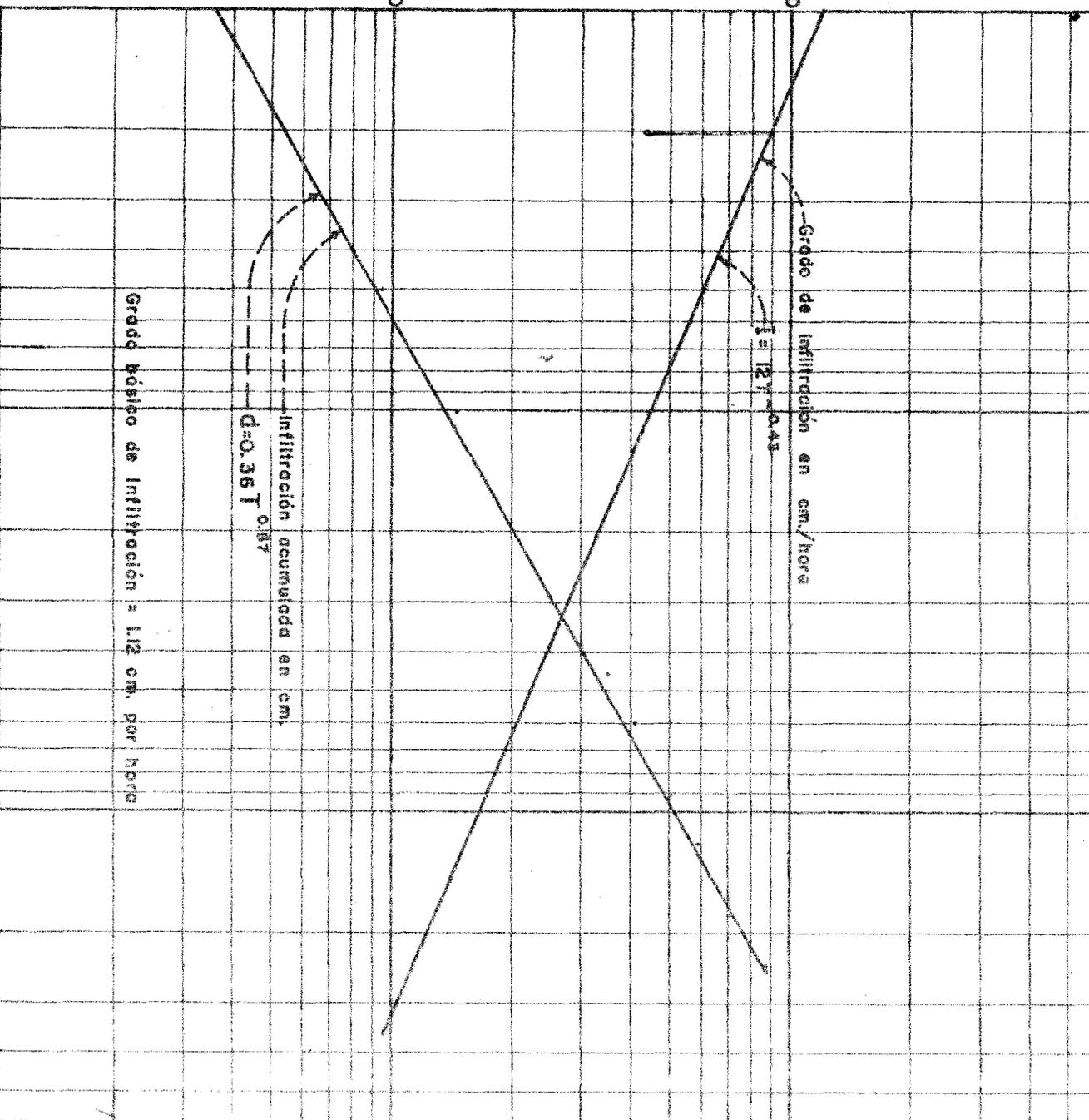
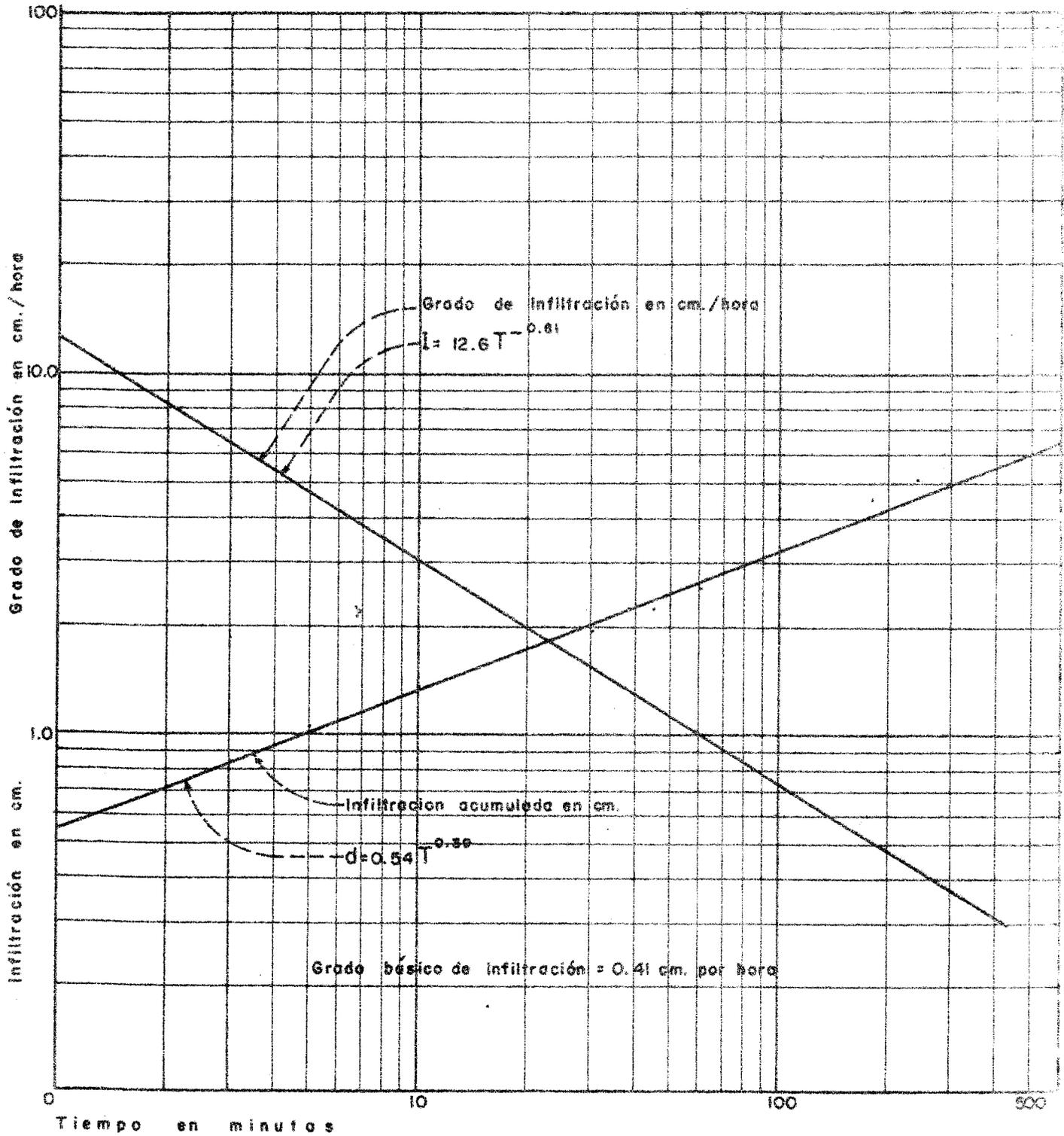


FIGURA 21



Infiltración en cm.

Grado de Infiltración en cm./hora

0
Tiempo en minutos

10

100

500

10

100

Grado básico de Infiltración = 0,51 cm. por hora

Infiltración acumulada en cm.
D.L.D.
0,33

Grado de Infiltración en cm./hora
 $I = 20.T - D.87$

INFILTRACION EN LOS CILINDROS
HACIENDA "EL NARANJO"

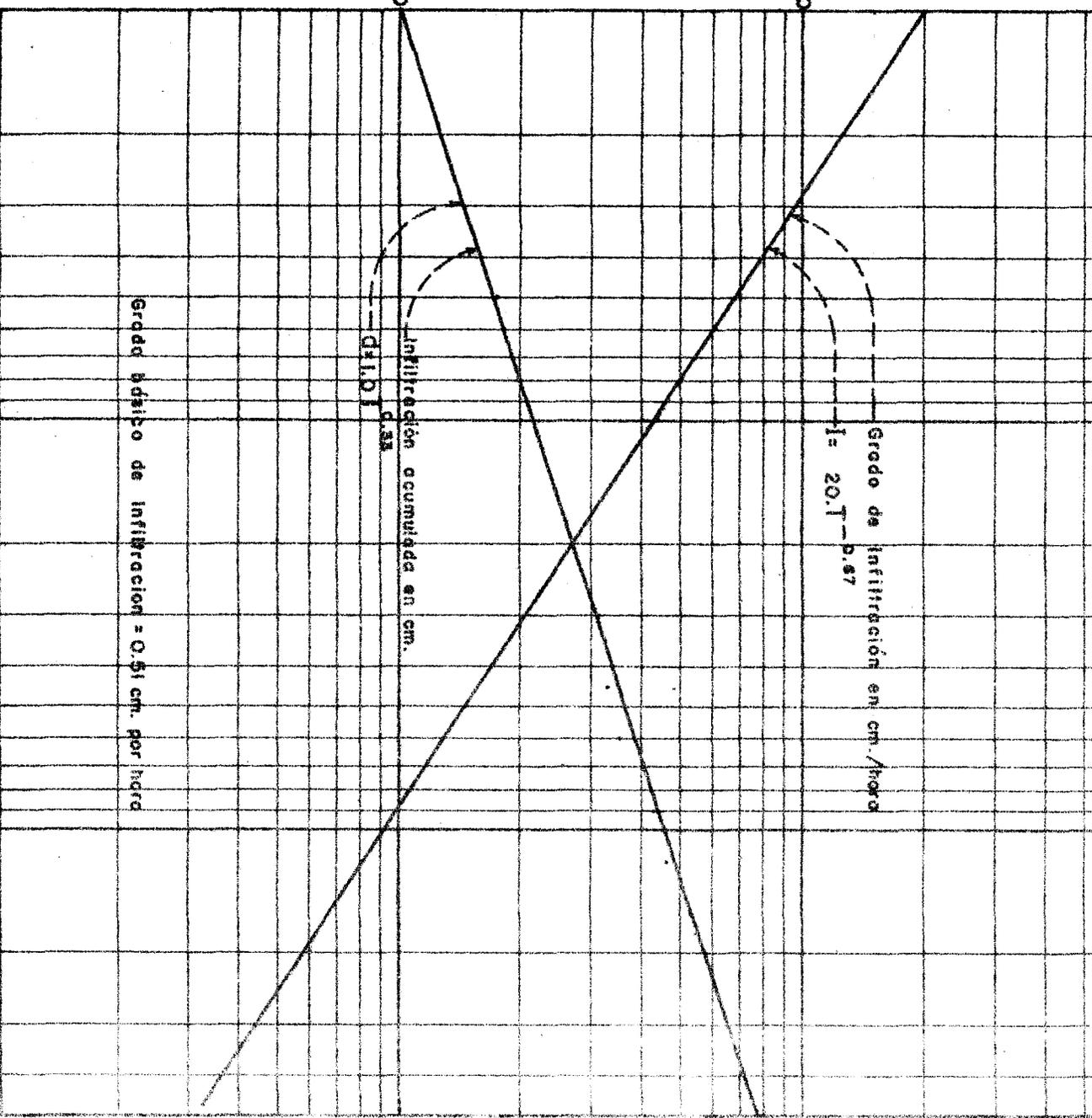
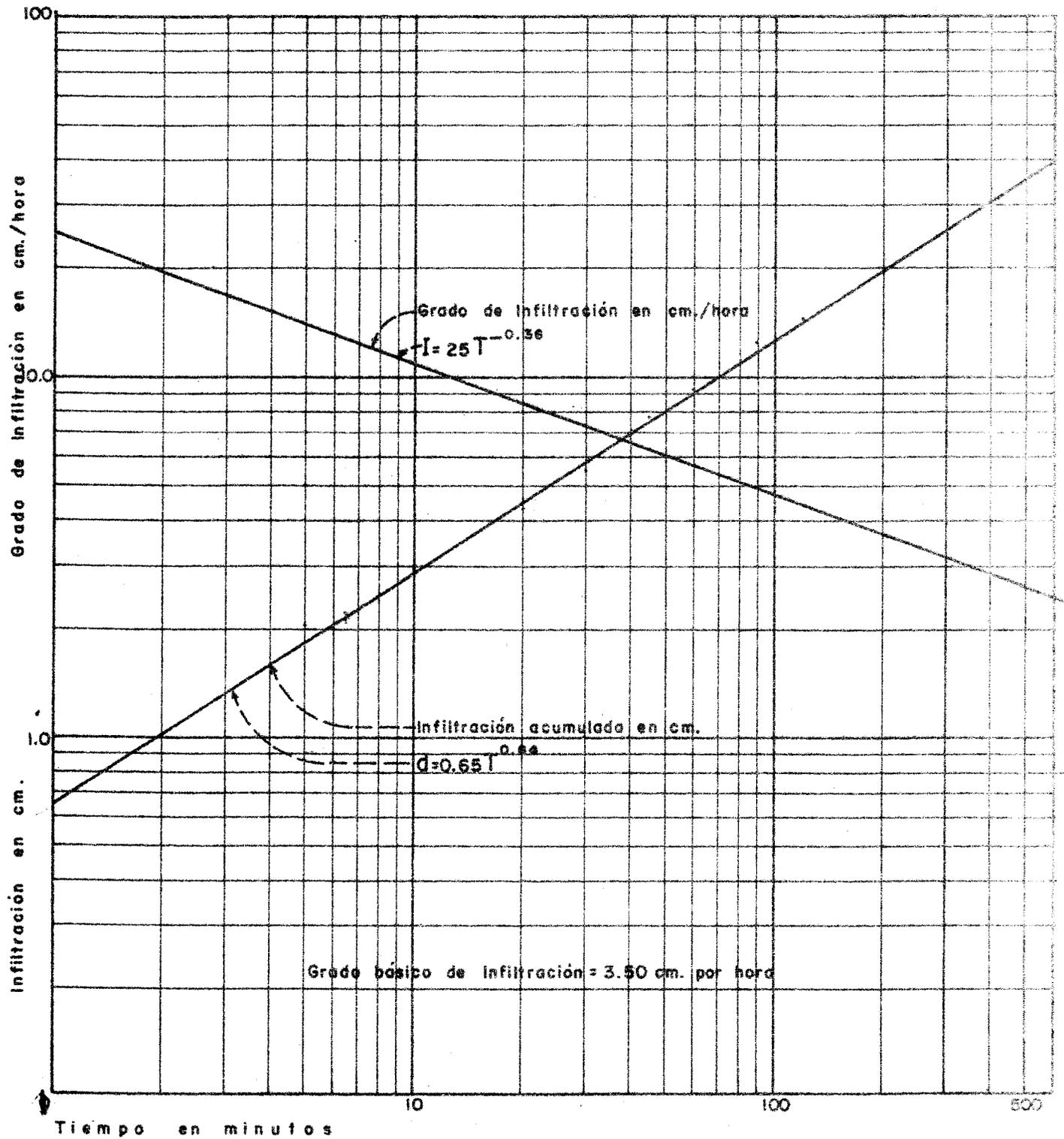


FIGURA 23



Infiltración g. p. m. / 30 mts.

cm. / hora

Tiempo en minutos

0

10

100

500

- ⊙ Surco Nº 1
- Surco Nº 2
- △ Surco Nº 3

Infiltración equivalente cm./hora
 $I_e = 16.5 T^{-0.29}$

Infiltración en los surcos g.p.m./30 mts.
 $I_s = 20.0 T^{-0.29}$

Infiltración en los surcos g.p.m./30 mts.

Infiltración equivalente cm./hora

INFILTRACION EN LOS SURCOS
HACIENDA "SAN JOSE"

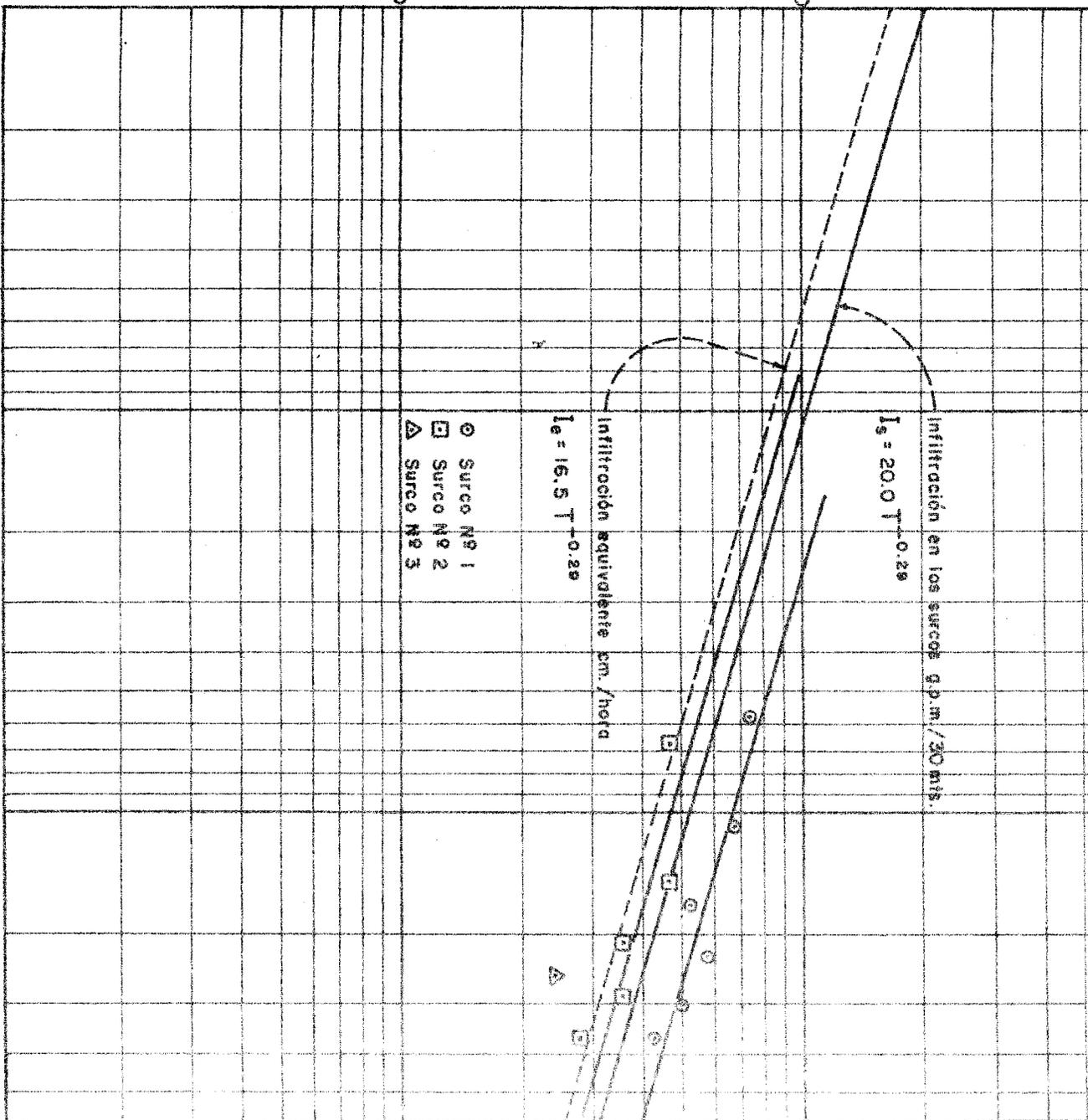


FIGURA 25

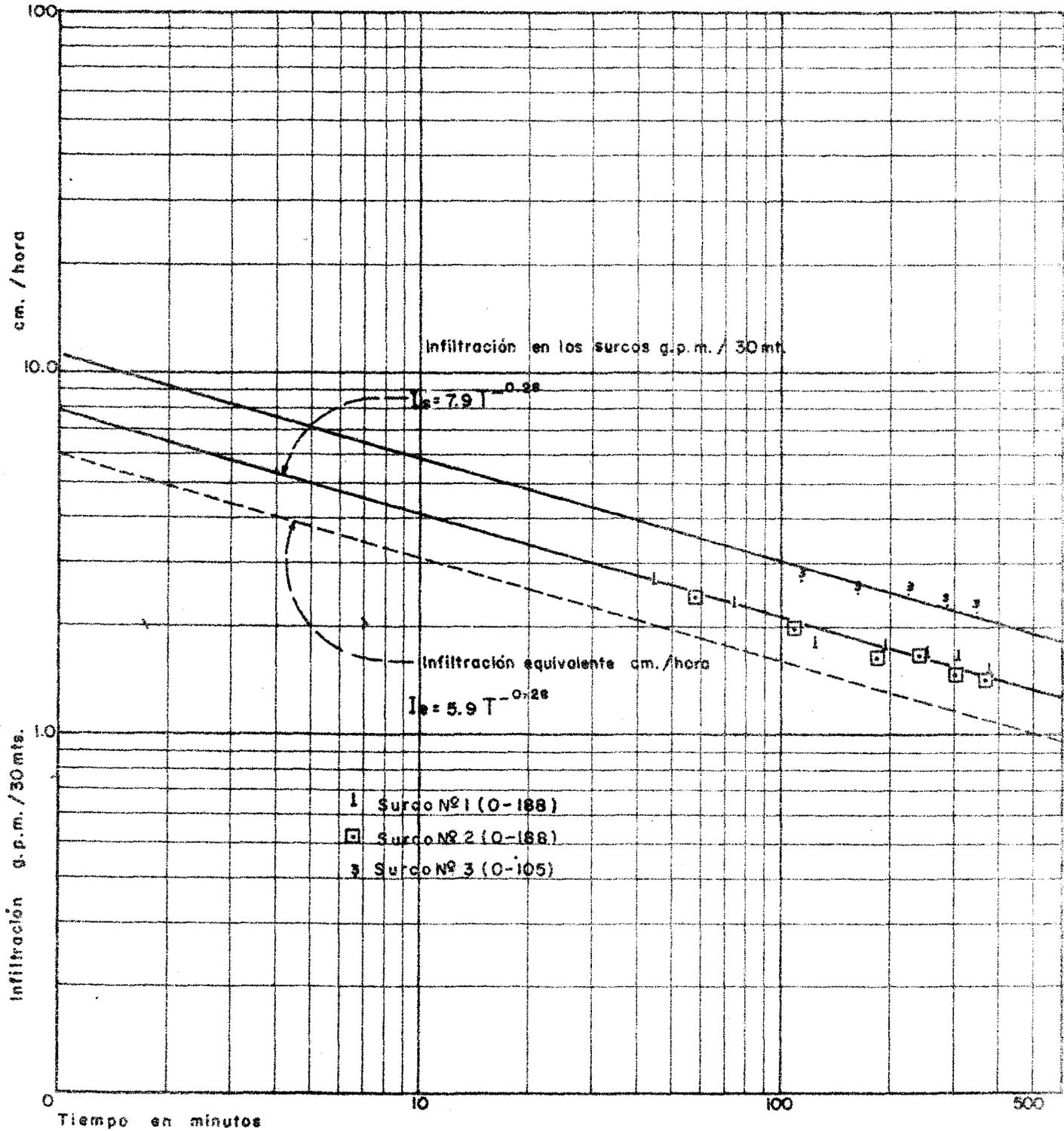
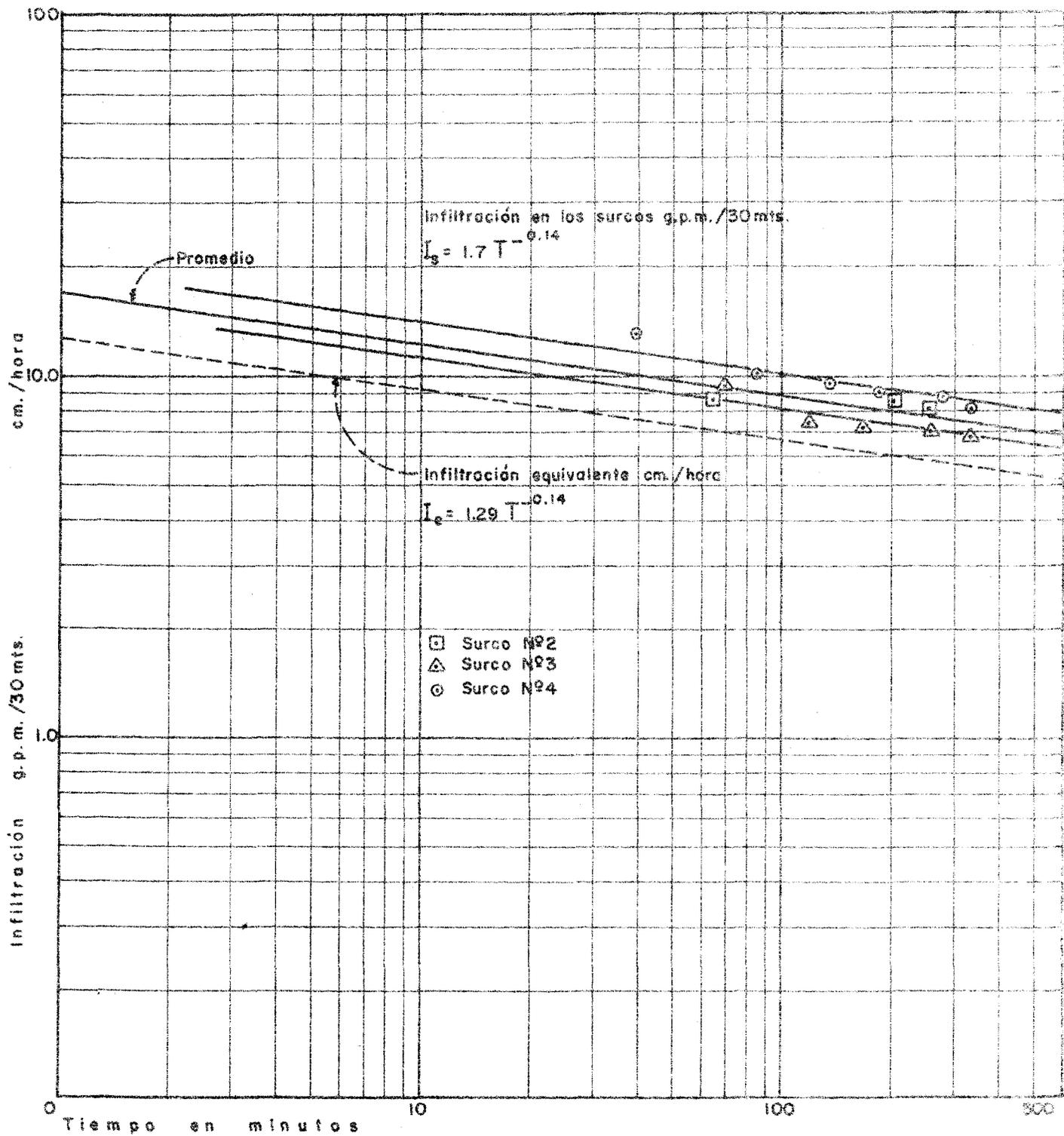


FIGURA 26



INFILTRACION EN LOS SURCOS
 HACIENDA "LOS TEMPISQUES"

Infiltración g.p.m./30 mts.

cm./hora

0
Tiempo en minutos

10

100

500

10

100

- Surco N° 2
- △ Surco N° 3
- Surco N° 4

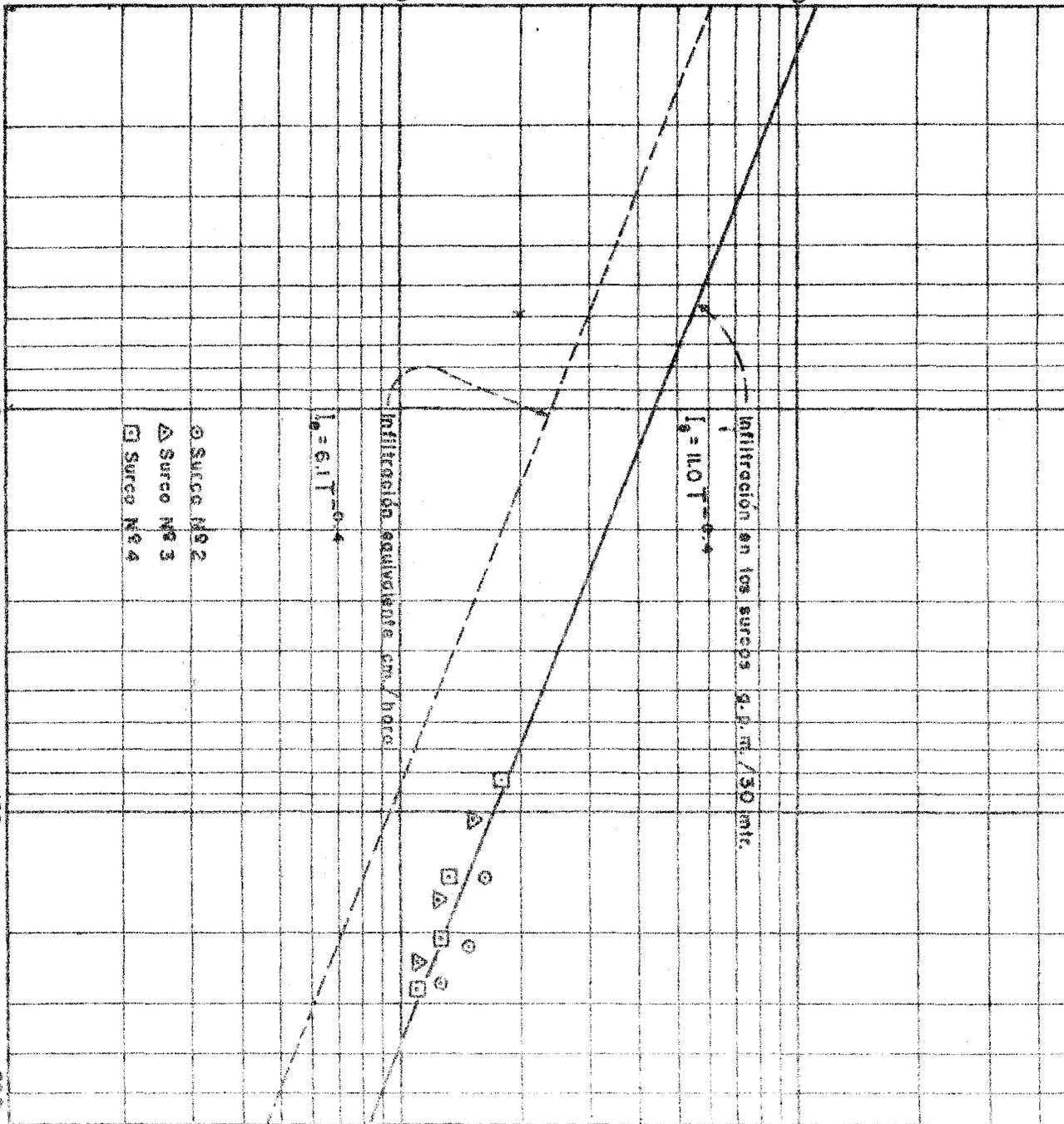
$I_0 = 6.1 T^{-0.4}$

$I_0 = 11.0 T^{-0.4}$

Infiltración equivalente cm./hora

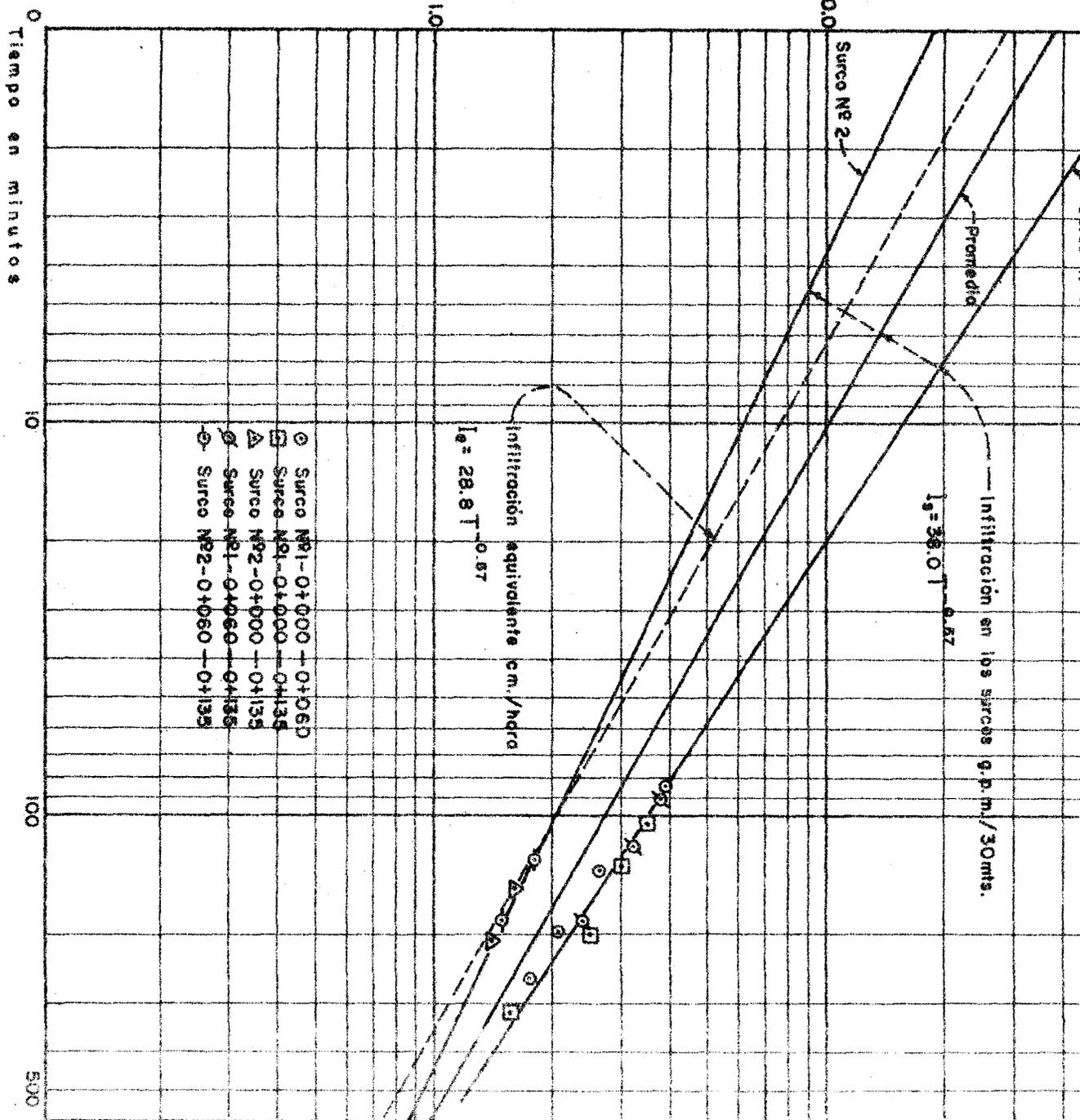
Infiltración en los surcos g.p.m./30 mts.

INFILTRACION EN LOS SURCOS
HACIENDA "EL NARANJO"



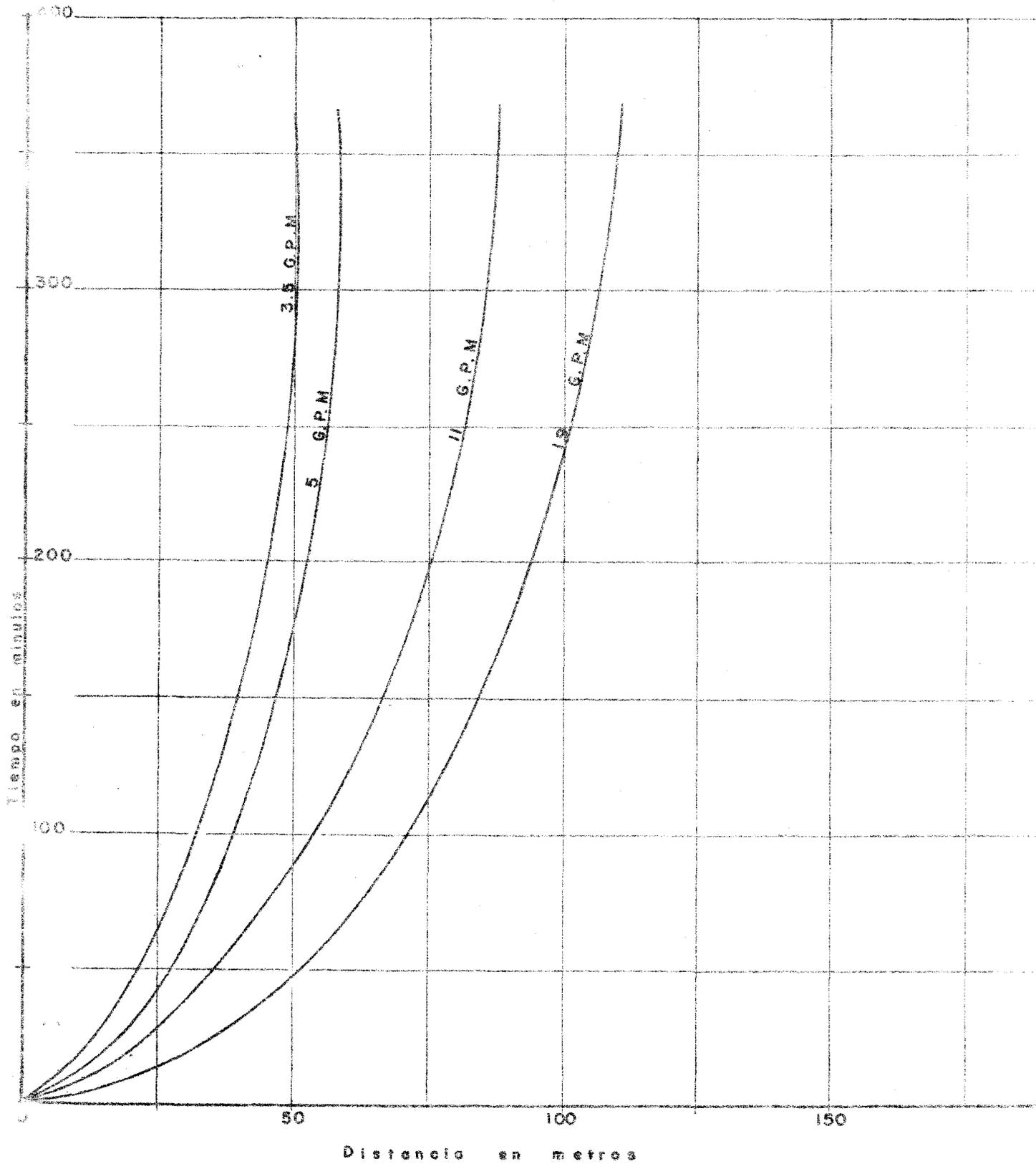
Infiltración g. p. m. / 30 mts.

cm. / hora



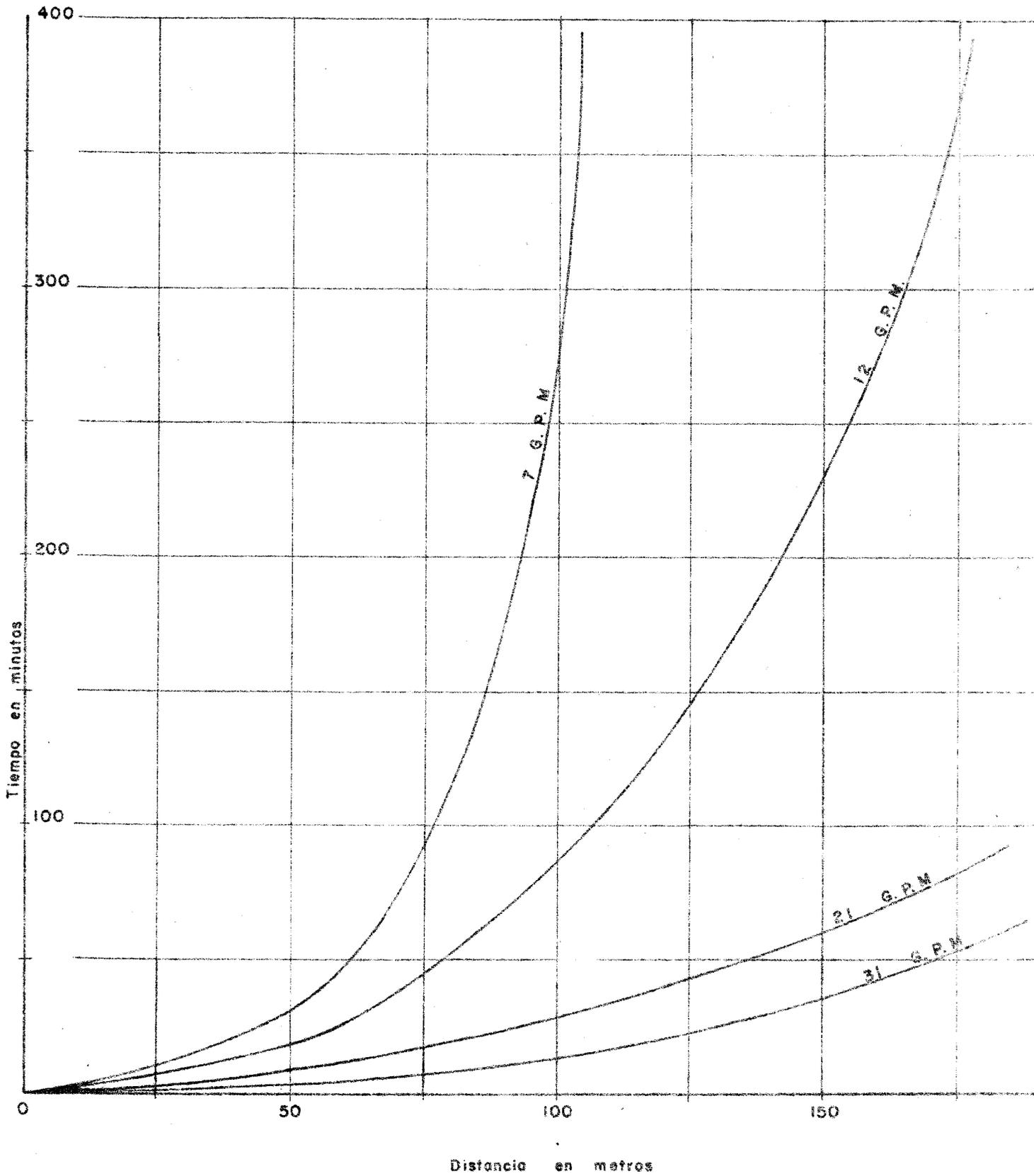
INFILTRACION EN LOS SURCOS
EST. EXP. "SAN ANDRES"

FIGURA 26

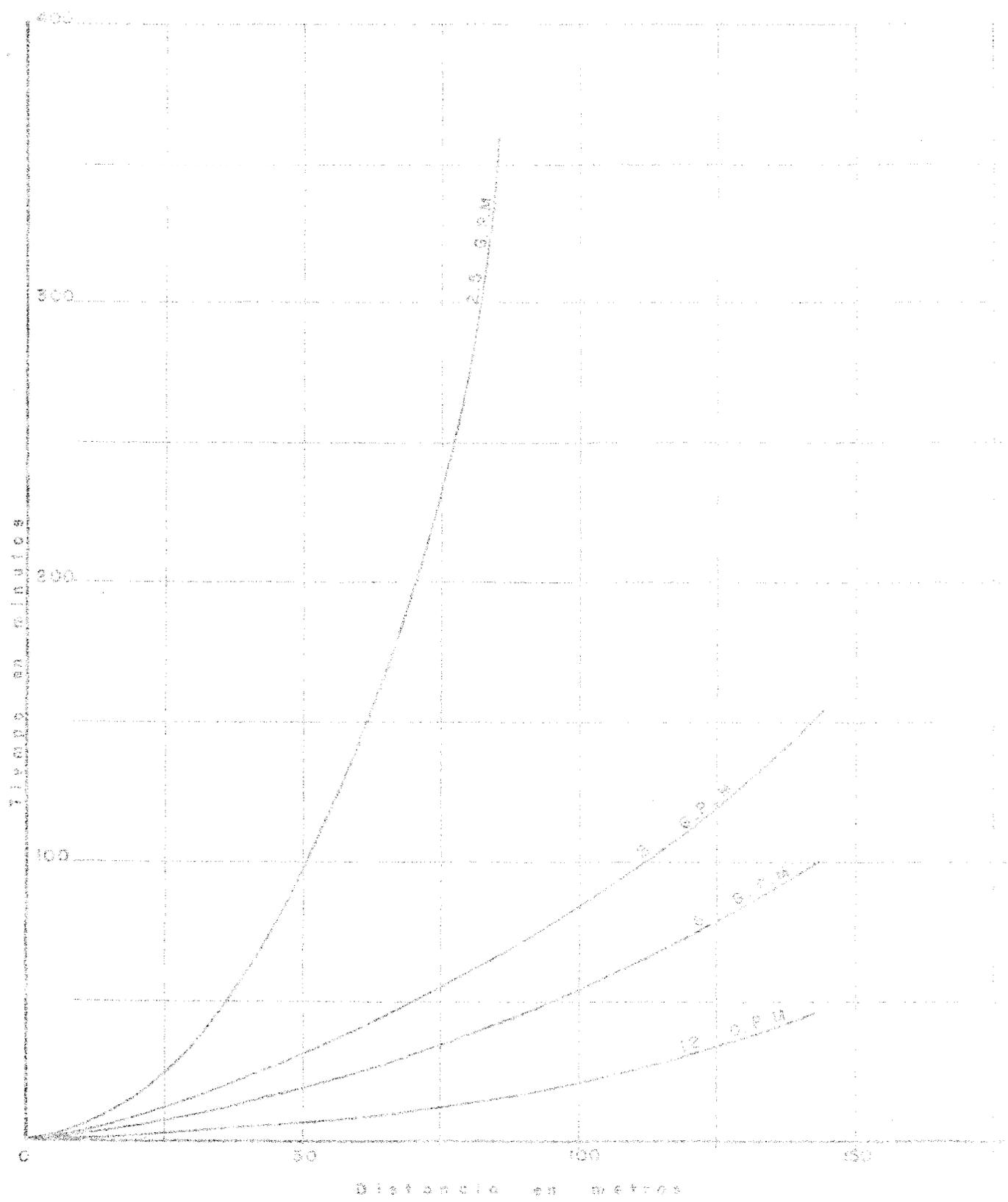


MOVIM. DEL AGUA EN LOS SURCOS
PRUEBA DE INFILTRACION EN LOS SURCOS
HDA. SAN JOSE

FIGURA 30

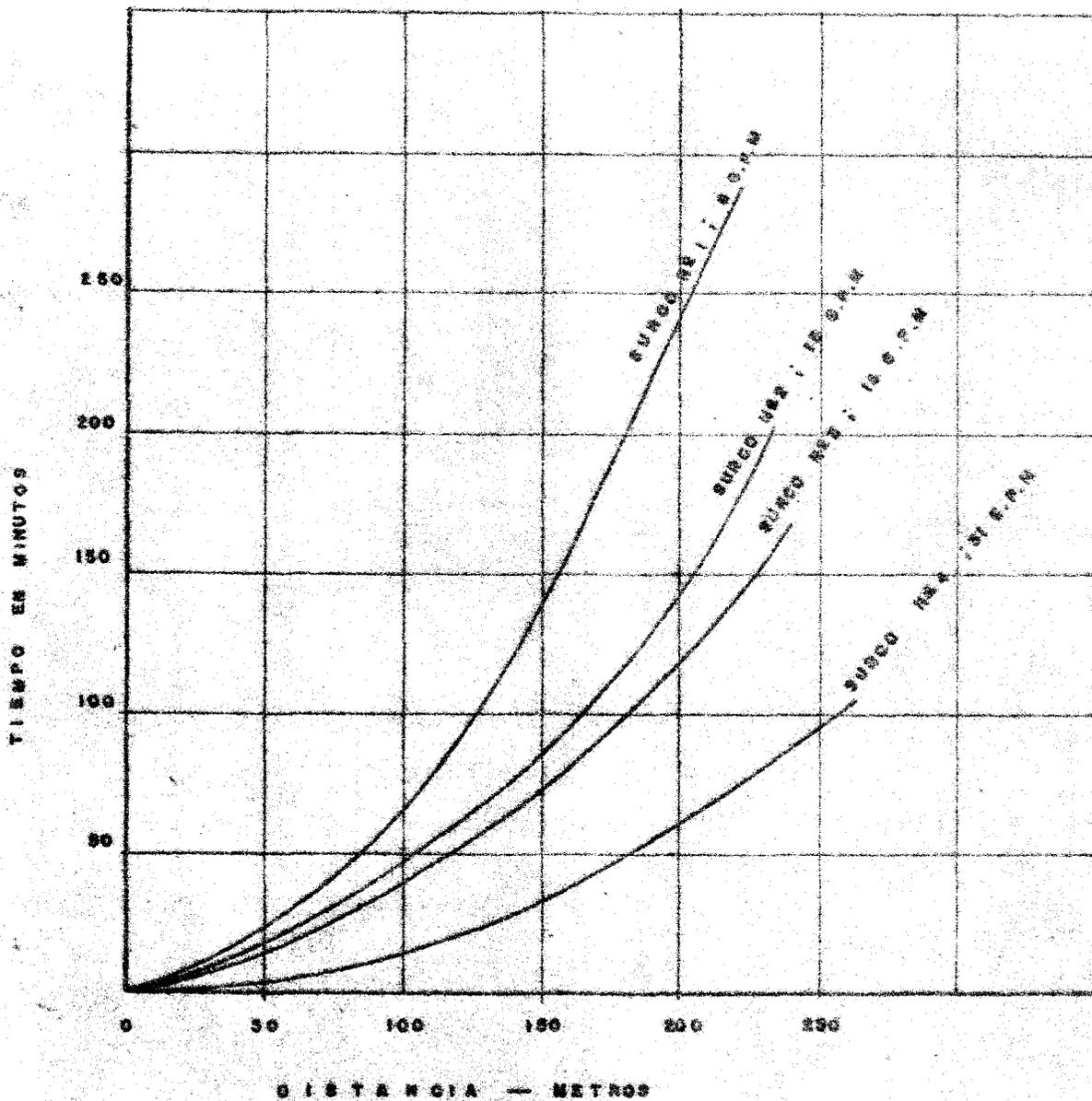


MOVIM. DEL AGUA EN LOS SURCOS
PRUEBA DE INFILTRACION EN LOS SURCOS
HDA. LA POZA



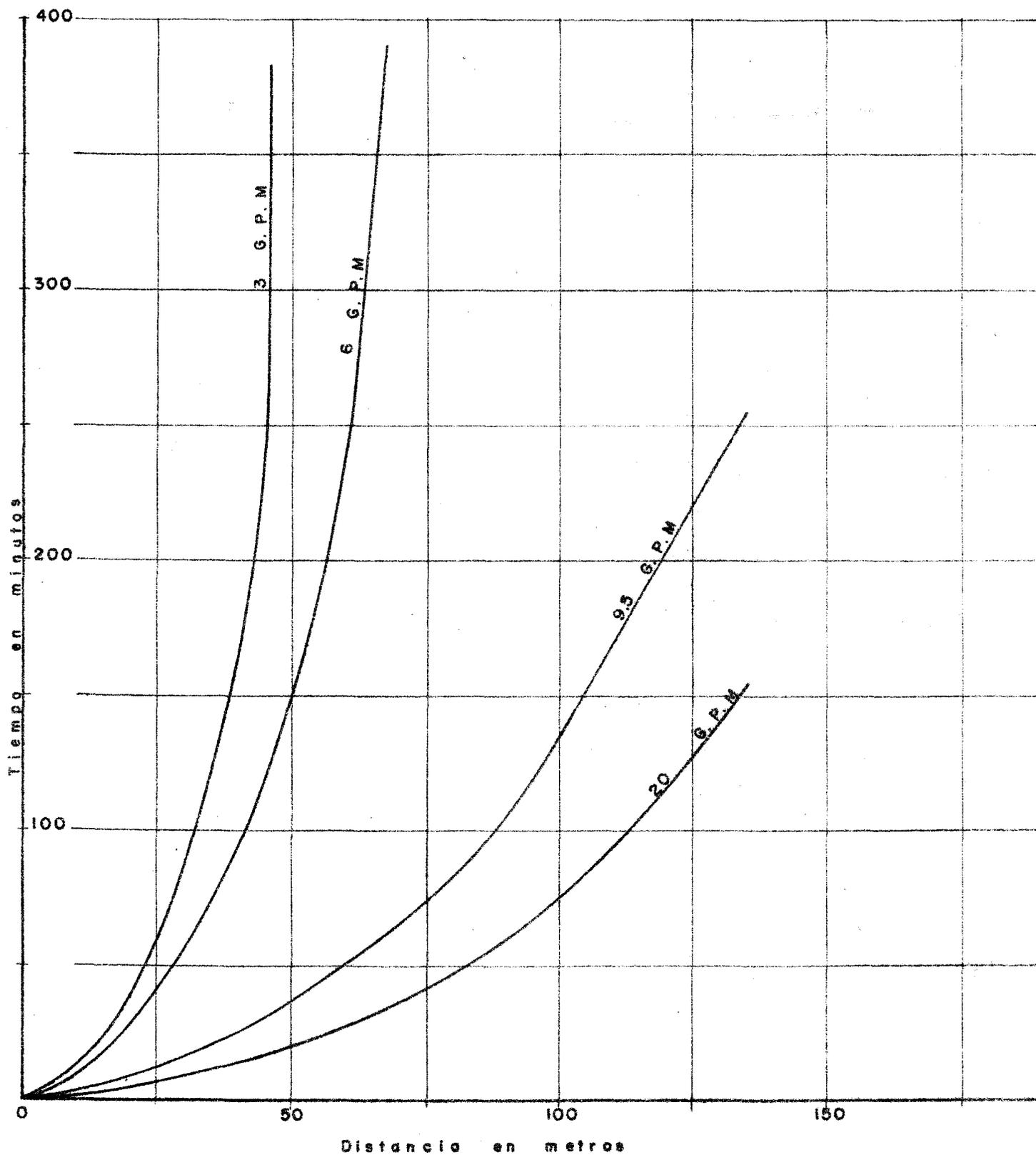
MOVIM. DEL AGUA EN LOS SURCOS
 PRUEBA DE INFILTRACION EN LOS SURCOS
 HDA. LOS TEMPISQUES

FIGURA 32



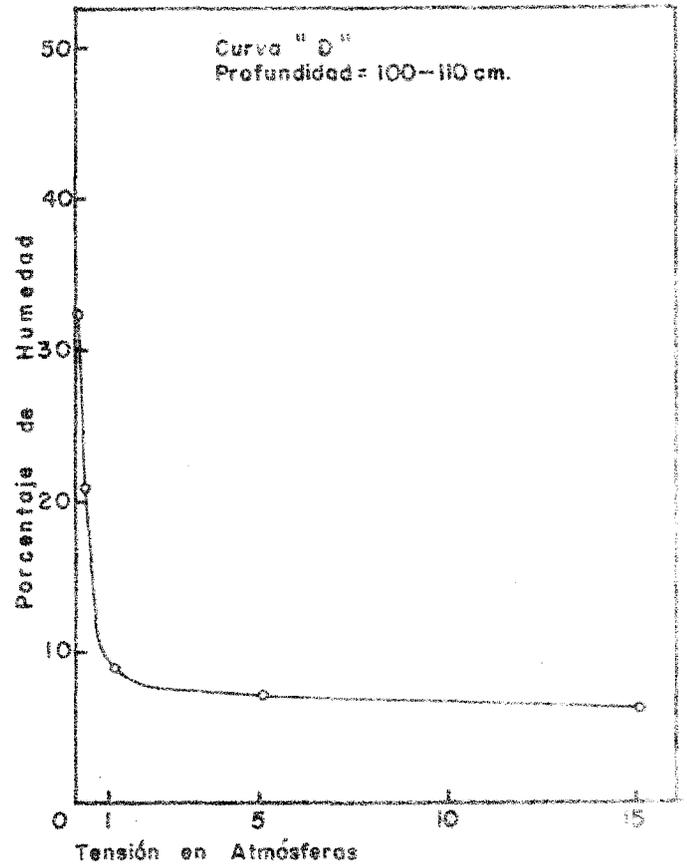
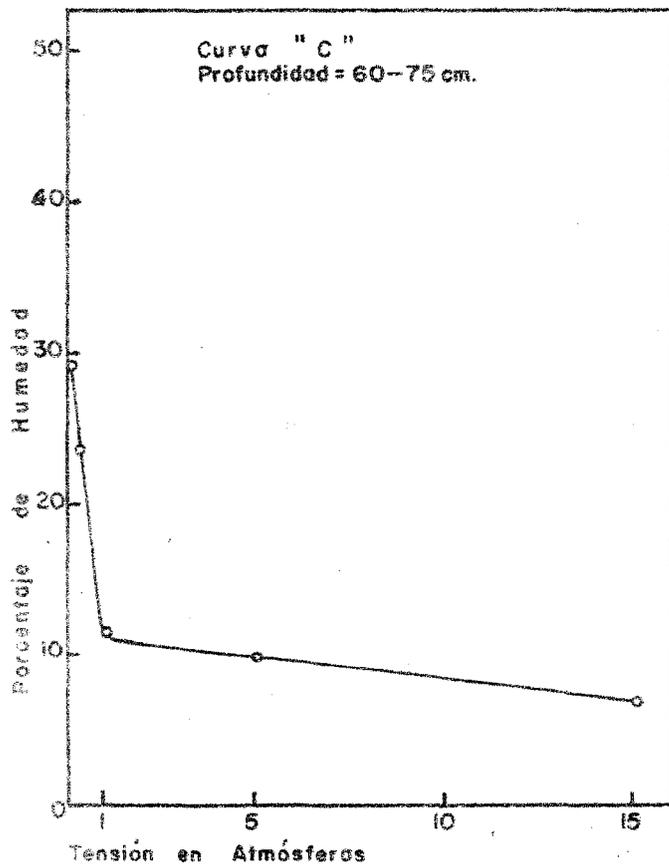
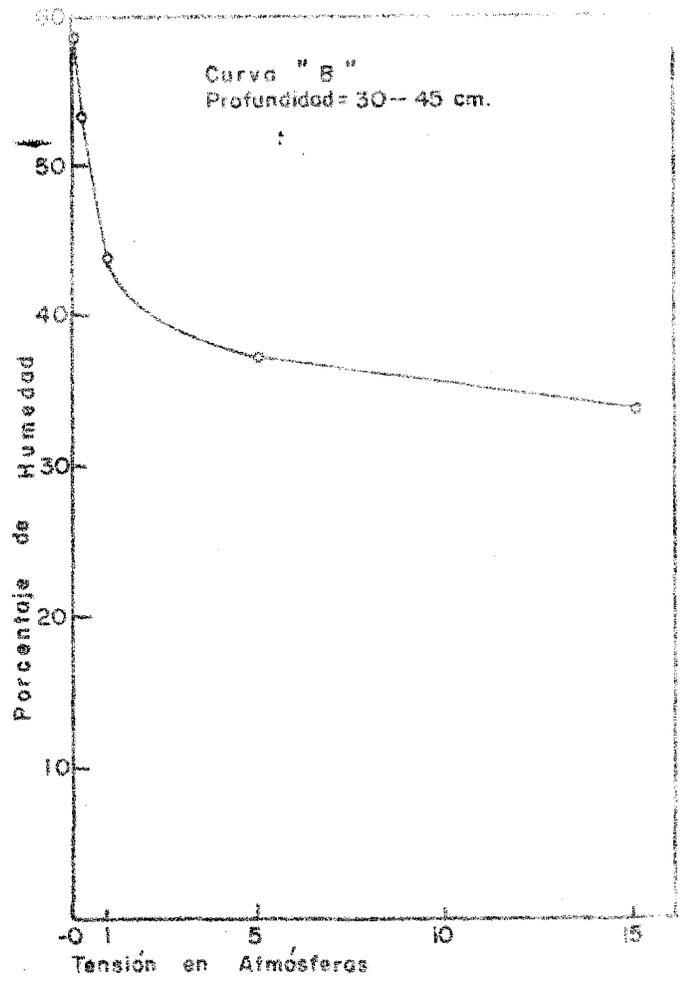
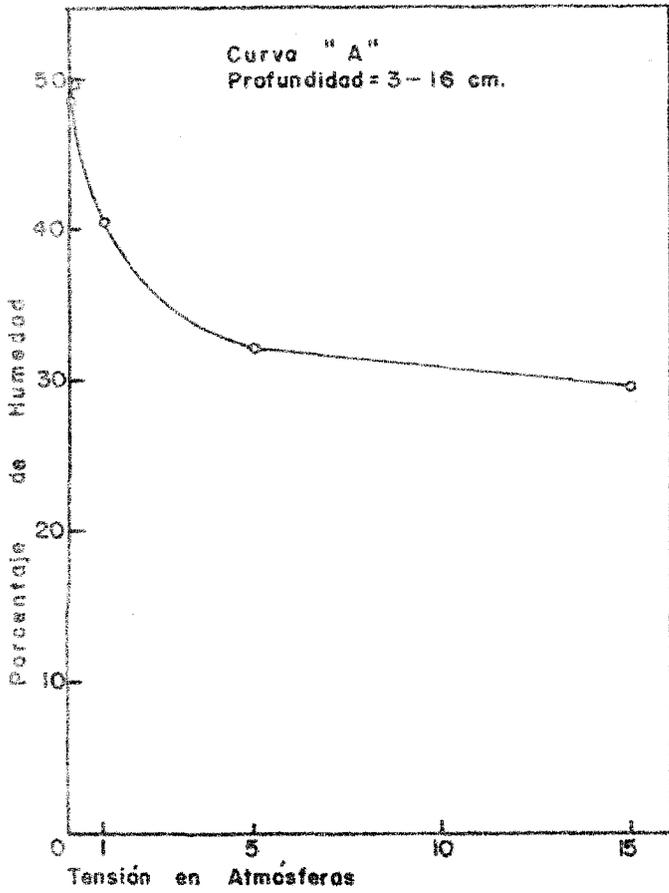
MÓVIM. DEL AGUA EN LOS SURCOS
PRUEBA DE INFILTRACION EN LOS SURCOS
HDA. EL NARANJO

FIGURA 33

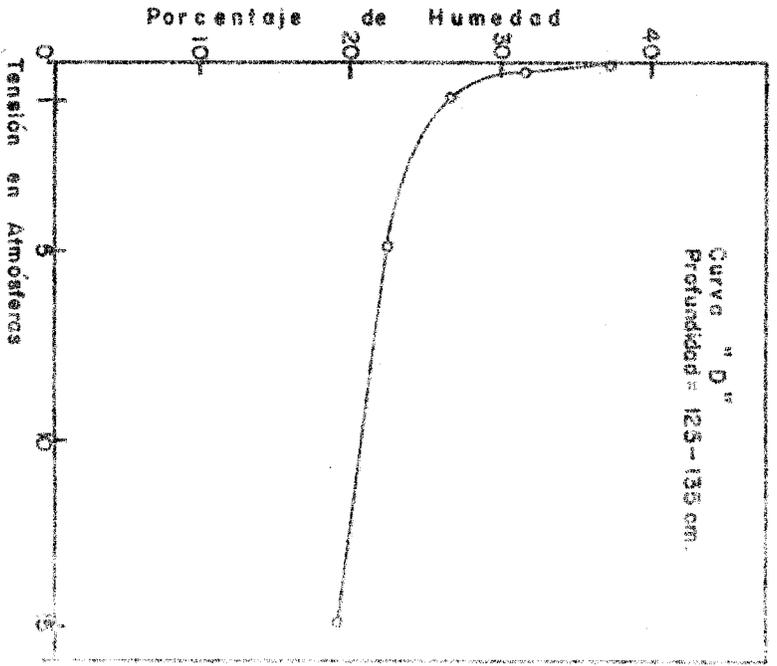
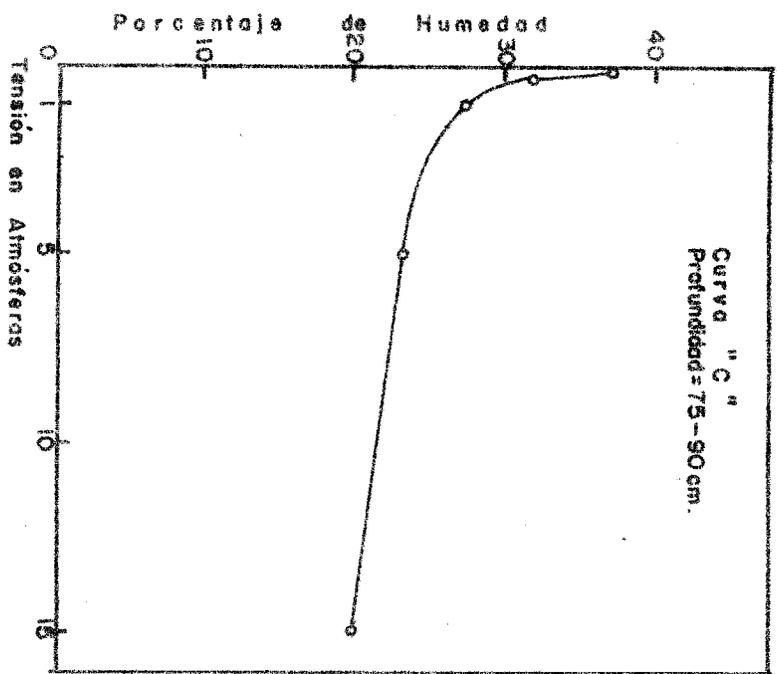
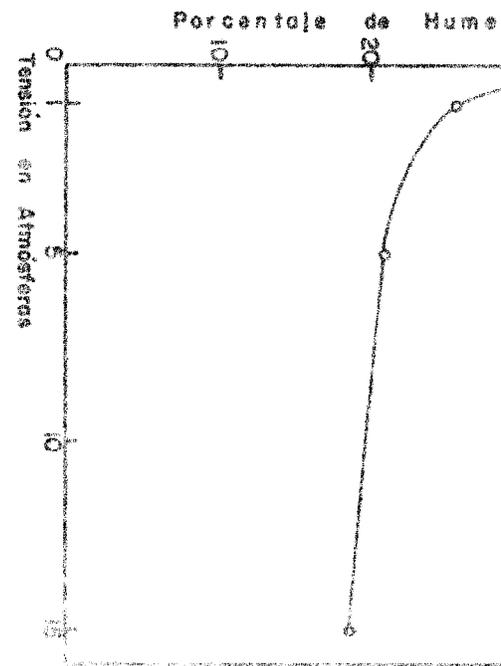
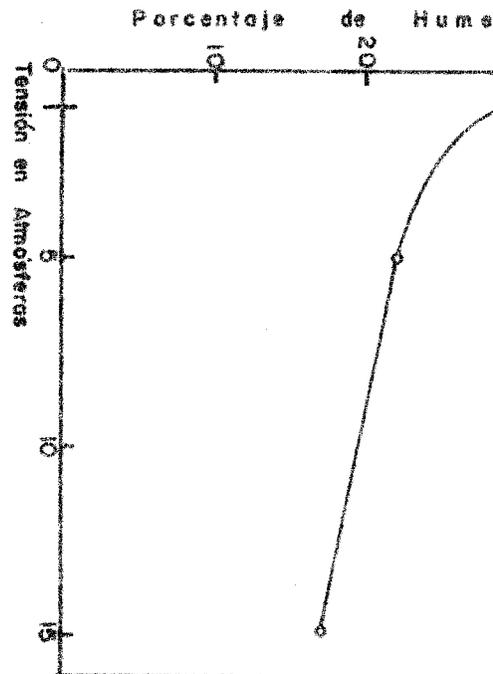


MOVIM. DEL AGUA EN LOS SURCOS
PRUEBA DE INFILTRACION EN LOS SURCOS
EST. EXP. SAN ANDRES

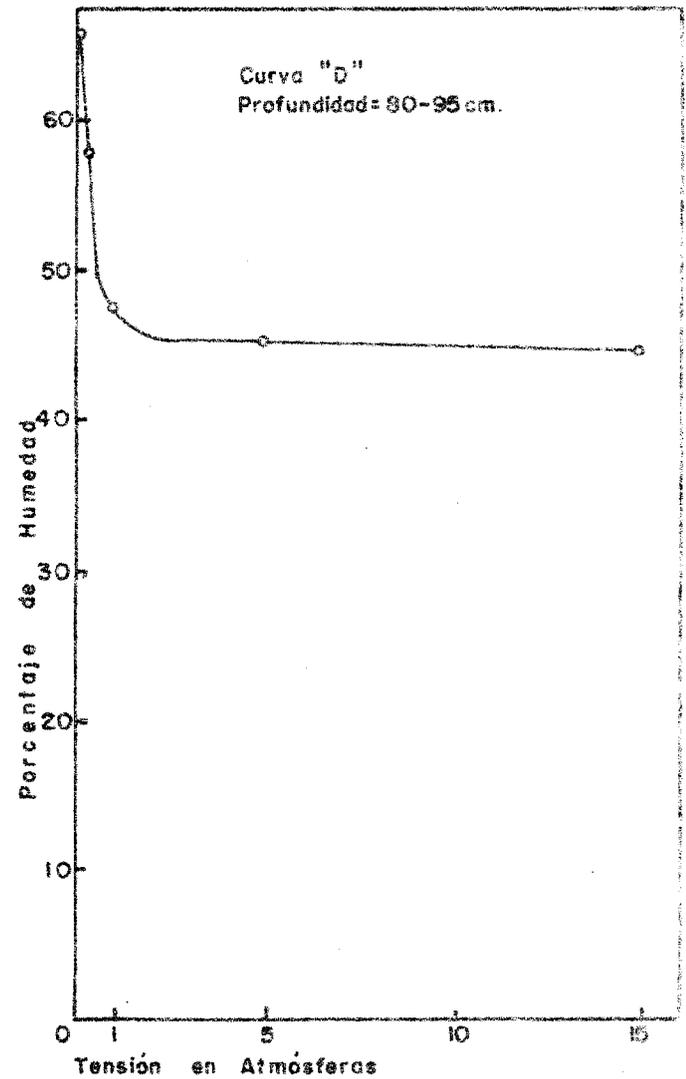
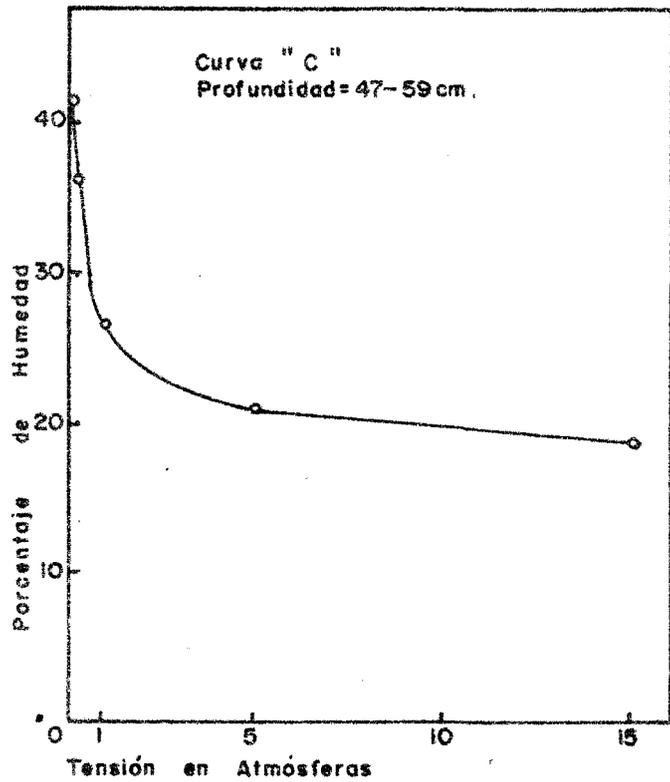
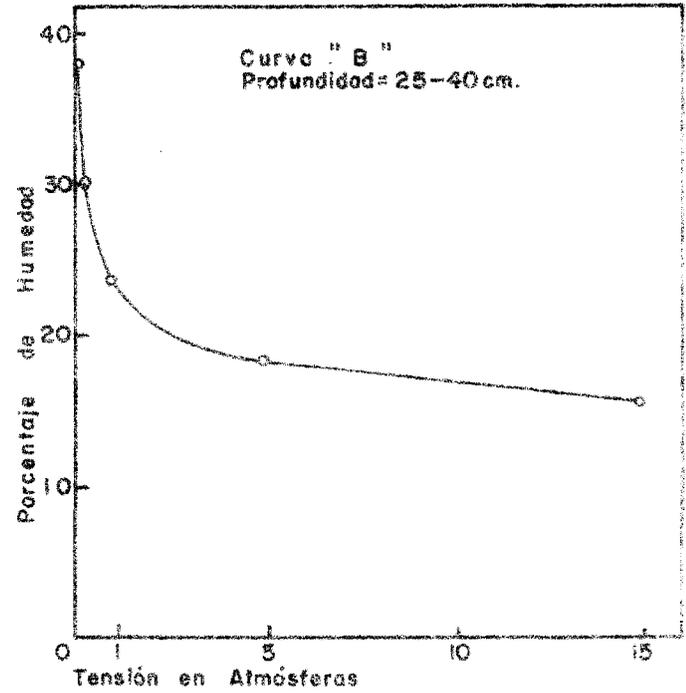
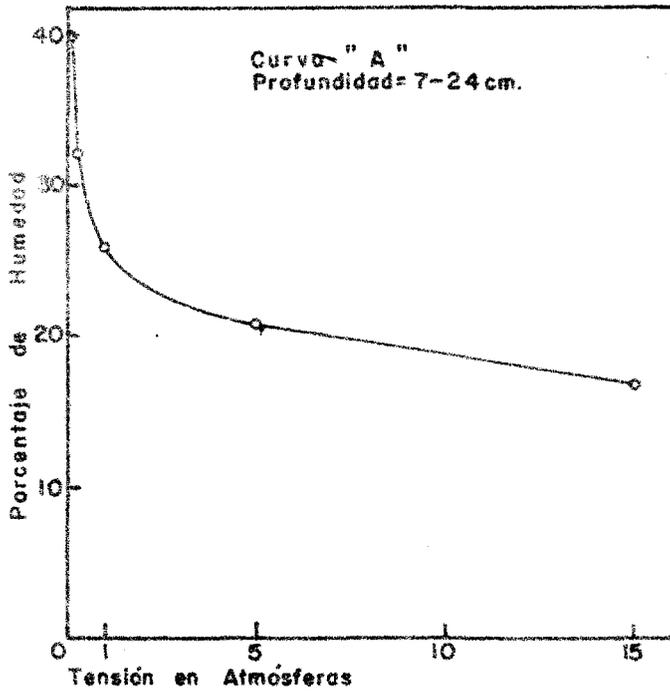
FIGURA 34



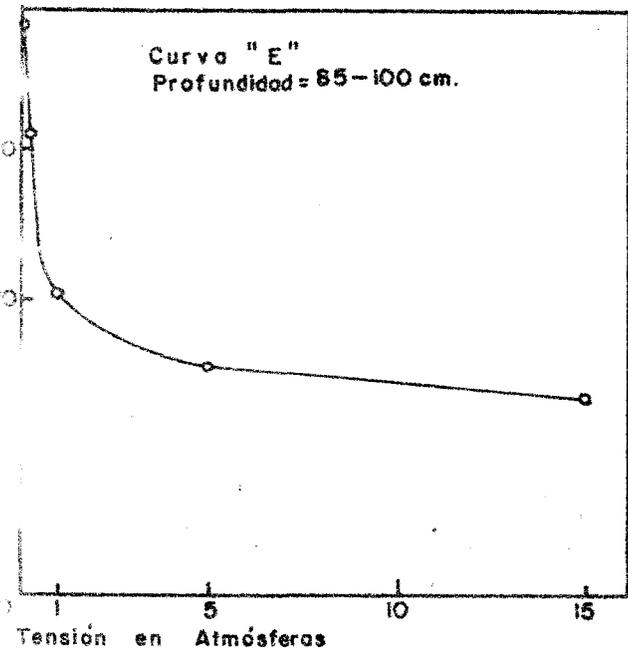
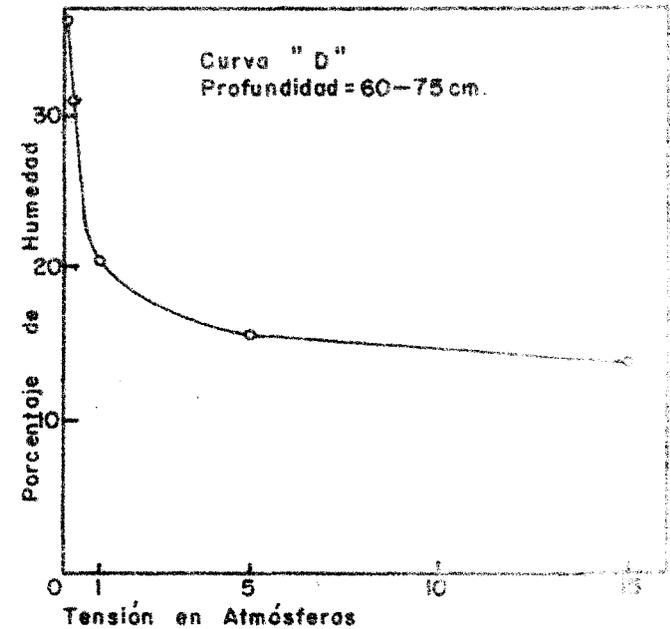
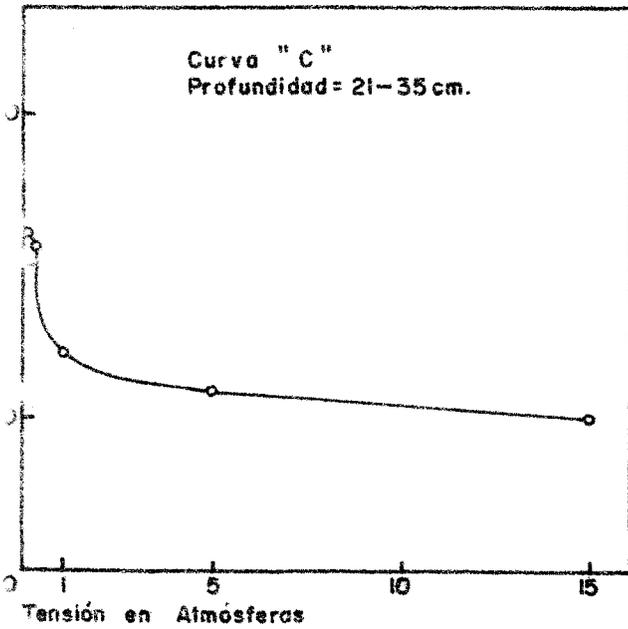
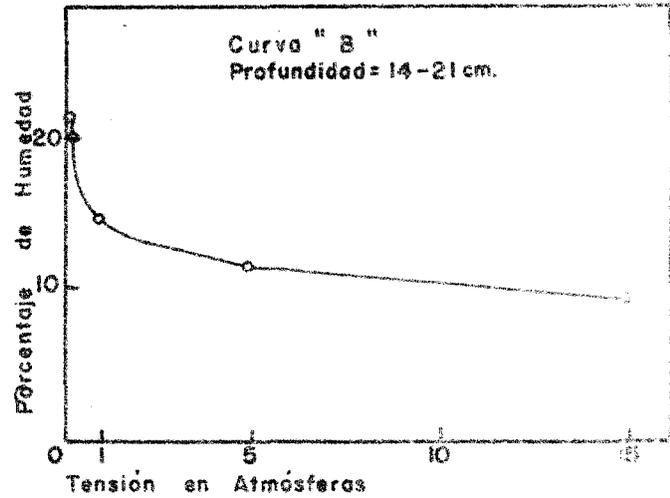
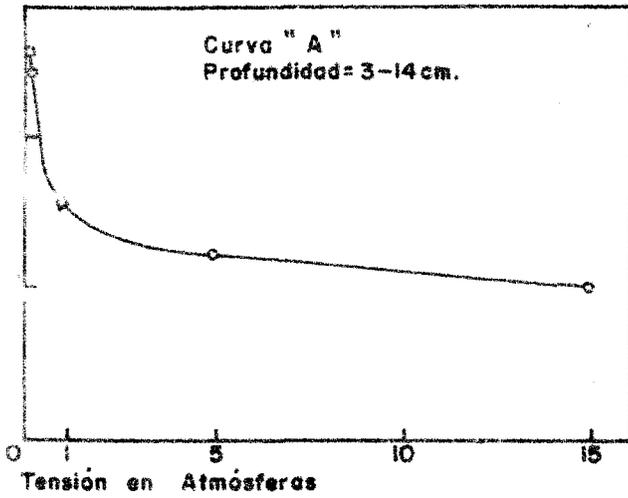
CURVAS DE RETENCION DE HUMEDAD
HDA. "SAN JOSE"



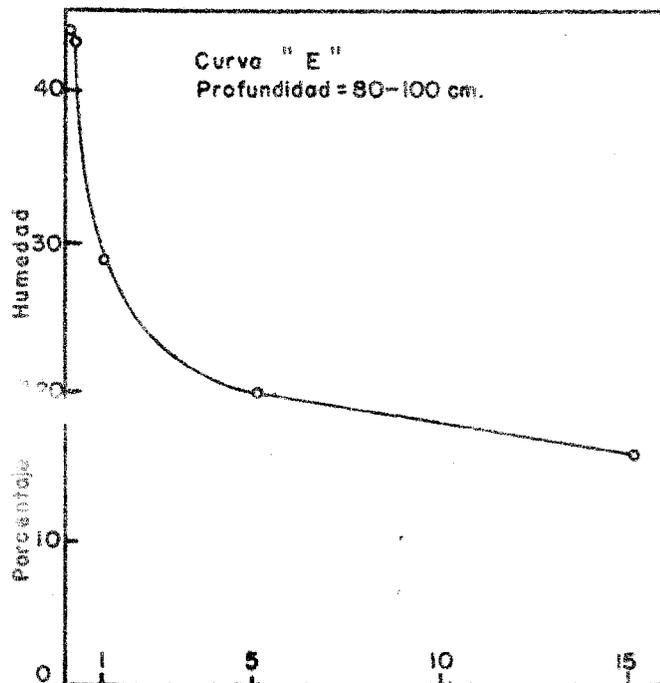
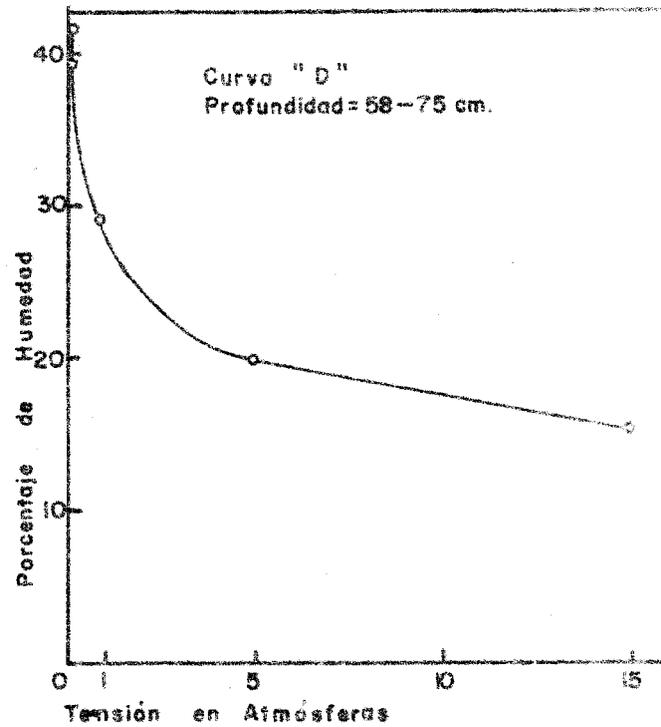
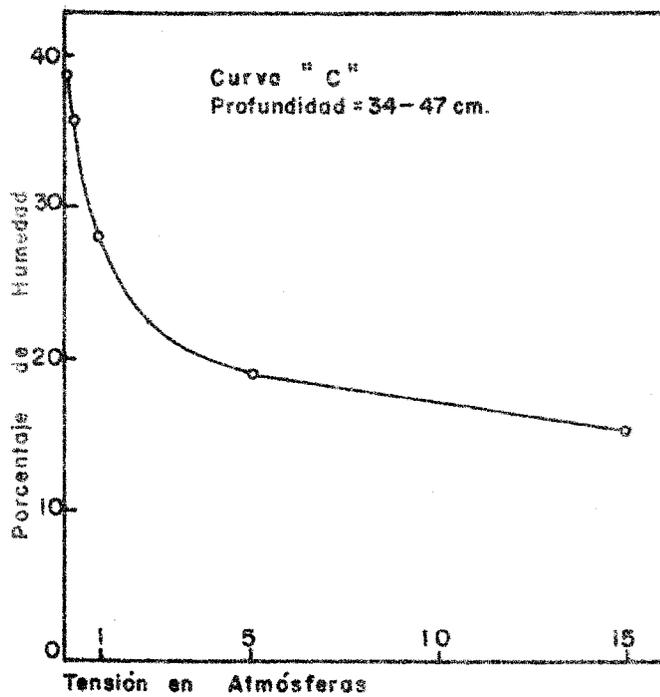
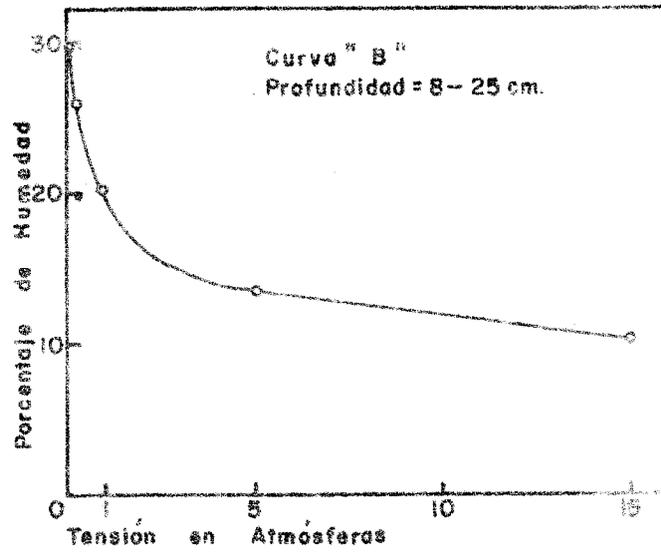
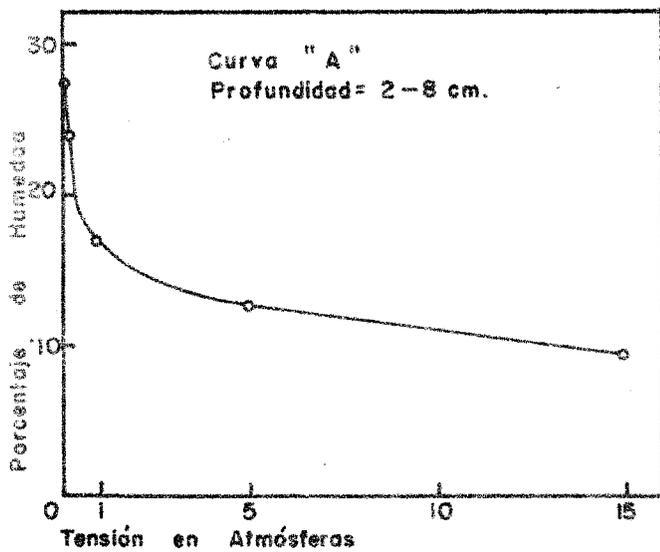
CURVAS DE RETENCION DE HUMEDAD
HDA. LA POZA.



CURVAS DE RETENCION DE HUMEDAD
HDA. "LOS TEMPISQUES"



CURVAS DE RETENCION DE HUMEDAD
HDA. "EL NARANJO"



CURVAS DE RETENCION DE HUMEDAD EST. EXP. "SAN ANDRES"

CONCLUSIONES

Para establecer una correlación entre el método de infiltración con cilindros y el método de infiltración por surcos, es necesario - realizar un número mayor de pruebas.

En el riego por surcos, el espaciamiento máximo permisible es 1 m., para mayor eficiencia del sistema.

La textura y la pendiente de los suelos, influyen directamente en la determinación de la longitud de los surcos.

El mayor porcentaje de agua disponible para los cultivos, es retenido por los suelos francos.

RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos se recomienda:

En primer lugar, continuar investigando sobre la infiltración y la capacidad de retención, de los distintos tipos texturales de suelo.

En el caso de las pruebas de infiltración, es necesario efectuar un mayor número y en un mayor lapso de tiempo, para establecer una correlación representativa entre los métodos de cilindros y de surcos, que permita el uso del método por cilindros para dicha determinación, por ser este método mucho más versátil.

Con respecto a la capacidad de retención de los suelos, es necesario determinar el contenido de humedad de los distintos tipos texturales a su capacidad de campo, con el fin de obtener las tensiones correspondientes a dicha constante.

Evaluar los cinco sistemas de este estudio con las especificaciones aquí establecidas. Así mismo, evaluar otros sistemas en operación en las distintas zonas del país.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objeto de determinar las características físicas de algunos suelos, y en base a éstas, desarrollar especificaciones para el riego por surcos. Para esta investigación se escogieron cinco haciendas localizadas en las zonas costera y de valles intermedios del país, durante el período comprendido entre diciembre de 1966 y agosto de 1967.-

Las características físicas de los suelos determinadas fueron las siguientes:

- a) Textura
- b) Estructura
- c) Infiltración
- d) Densidad aparente
- e) Capacidad de retención

En el campo se determinó la infiltración por medio de cilindros y por medio de surcos, escogidos siguiendo las normas de Haise (6) y Criddle et al (3). Se tomaron muestras en los mismos puntos de las pruebas anteriores para determinaciones en el laboratorio de densidad aparente, textura y capacidad de retención de los suelos.

En base a los resultados anteriores, se desarrollaron especificaciones para el riego del maíz por surcos en las cinco haciendas en estudio; estas especificaciones también pueden acomodarse a cualquier

sistema de riego por surcos.

Se determinó que el espaciamiento máximo permisible entre surcos es de 1 m.; así mismo, que la textura y la pendiente influyen en la longitud de los surcos. También se determinó que los suelos francos son los que retienen mayor cantidad de agua disponible para los cultivos.

BIBLIOGRAFIA

- 1- BAVER, L. D. Soil Physics. Third Edition. New York, John Wiley & Sons, 1956. 489 p.
- 2- BLAIR, F. E. Manuel de Riego y Avenamiento. Lima, Perú, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1957. 364 p.
- 3- CRIDDLE, W. D., DAVIS S. et al. Methods for Evaluating irrigation Systems. Agriculture Handbook No. 82. Washington, D. C., Soil Conservation Service, U.S.D.A., 1956. 24 p.
- 4- EL SALVADOR. Almanaque Salvadoreño, Servicio Meteorológico Nacional, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1966. 62 p.
- 5- GRASSI, J. G. Estimación de los Requerimientos de Agua de los Cultivos para el Desarrollo de Recursos de Aguas y Tierras. Mérida, Venezuela. Centro Interamericano para el Desarrollo integral de Aguas y Tierras, 1966. 59 p.
- 6- HAISE, H. R., DONNAN, W. W., et al. The use of Cylinder infiltrometer to determine the intake characteristics of irrigated Soils, Washington D. C. Agriculture Research Service and --- Soil Conservation Service, U.S.D.A. 1956. 10 p.
- 7- HOUK, I. Irrigation Engineering. Vol. 1, New York, John Wiley & Sons, 1951. 545 p.

...

- 8- INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. Redacción de referencias bibliográficas; normas de estilo oficiales. I.I. C.A. Bibliotecología y Documentación No. 4 34 p.
- 9- ISRAELSEN, O. W. Principios y Prácticas del Riego. Palacios, A. G. et al. Barcelona, Editorial Reverté, S. A. 1963. 344 p.
- 10- JOVEL, R., MARTINEZ A., H. El Cálculo del uso Consuntivo y El uso Consuntivo en El Salvador. Boletín Técnico No. 1. San Salvador, Departamento de Recursos Hidráulicos, Dirección General de Agricultura. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1964. 22 p.
- 11- JOVEL, S., E. Comunicación personal.
- 12- LOZANO, M.J. Guía Práctica para El Riego. Kansas City, Missouri. Agricultura de las Américas. 1964. 178 p.
- 13- LYON, T. L. et al. The Nature and Properties of Soils, Fifth Edition, New York, The Mc Millan Company. 1952. 591 p.
- 14- MC CULLOCH, A. W. y CRIDDLE, W. D. El buen Aprovechamiento - del Agua de Riego, de la Loma, J. L. México, D. F. Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1960. 21 p.

- 15- MELA, M. P. Edafología, Segunda Edición. Zaragoza, Editorial Agrocienza. 1963. 615 p.
- 16- OLIVIER, H. Riego y clima. México. Editorial Continental, S. A. 1963. 264 p.
- 17- SOIL MOISTURE EQUIPMENT COMPANY. Operating instructions for -- the 15 Bar Ceramic Plate Extractor. Santa Bárbara, California. 1961. 9 p.
- 18- THORNE, D. W. y PETERSON, H. B. Técnica del Riego, Fertilidad y Explotación de los Suelos. Lepe, J. L. México. Editorial CECSA, 1963. 496 p.
- 19- U. S. SALINITY LABORATORY STAFF. Diagnosis and improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No. 60. --- Washington, D.C. U.S.D.A., 1953. 160 p.
- 20- U.S.A., Soil Conservation Service National Engineering. Handbook, Section 15 Irrigation, Chapter 1 Soil-Plant. Water Relationships. Washington. D. C. U.S.D.A. 1964. 72 p.
- 21- U.S.A., Soil Conservation Service National Engineering Handbook, Section 15 Irrigation, Chapter 9 Measurement of irrigation water. Washington. D. C. U.S.D.A. 1962. 72 p.

- 22- U.S.A. Soil Conservation Service Technical. Release No. 21,
Irrigation water requeriments. Washington D. C. U.S.D.A.
1964. 56 p.
- 23- U.S.A. Soil Conservation Service. Irrigation Guide for Western
Colorado Elevations Below 7000 Feet. Denver, Colorado. --
U.S.D.A. 1960. 53 p.

A P E N D I C E

CUADRO 18.- Datos de la prueba de infiltración por medio de cilindros - para la hacienda "San José".

Tiempo	CILINDRO No. 1			CILINDRO No. 2		
	Hora al to mar -- lectura	Lectura de escala de gancho	Infiltración acumulada	Hora al to mar -- lectura	Lectura de escala de gancho	Infiltración acumulada
Min.		cm.	cm.		cm.	cm.
0	12:05	14.30 12.50	--	12:06	16.00	--
5	12:10	16.20	1.80	12:11	14.40 13.30	1.60
10	12:15	15.30	2.70	12:16	17.00	2.70
20	12:25	13.90 12.80	4.10	12:26	15.50 14.10	4.20
30	12:35	16.10	6.20	12:36	16.70	5.60
45	12:50	14.60 13.30	7.70	12:51	14.80 13.10	7.50
60	13:05	16.30 13.60	9.00	13:06	16.90 13.50	9.20
90	13:35	17.50	11.70	13:36	17.60	12.60
120	14:05	15.00 10.70	14.20	14:06	14.60 8.10	15.60
180	15:05	13.90	18.50	15:06	14.20	20.10
240	16:05	9.10	23.30	16:06	8.20	26.10
		CILINDRO No. 3		CILINDRO No. 4		
0	12:07	16.30	--	12:08	16.90	--
5	12:12	14.30 13.70	2.00	12:13	15.00 13.90	2.90
10	12:17	16.60	2.60	12:18	16.60	4.00
20	12:27	15.50	3.70	12:28	15.10 13.90	5.50
30	12:37	14.50 13.20	4.70	12:38	16.60	7.70
45	12:52	16.50	6.00	12:53	14.60	9.70
60	13:07	15.30 13.00	7.20	13:08	13.20 16.90 13.60	13.10
90	13:37	17.10	9.50	13:38	17.10	16.40
120	14:07	15.20 11.40	11.40	14:08	14.20 8.40	19.30
180	15:07	15.00	15.20	15:08	13.30	25.10
240	16:07	11.80	18.40	16:08	8.70	30.20

continuación...

CUADRO 18.- Datos de la prueba de infiltración por medio de cilindros - para la hacienda "San José".

Tiempo Min.	Hora al tomar - lectura	CILINDRO No. 5		Infiltra- ción acu- mulada cm.	Infiltración acumu- lada. Promedio en los cinco cilindros. cm.
		Lectura de esca- la de gan- cho cm.			
0	12:09	16.90	--	--	--
5	12:14	15.70 15.00	1.20	1.90	1.90
10	12:19	17.10	1.90	2.78	2.78
20	12:29	16.30	2.70	4.04	4.04
30	12:39	15.80	3.20	5.48	5.48
45	12:54	14.90 14.20	4.10	7.00	7.00
60	13:09	17.70	4.80	8.66	8.66
90	13:39	16.10	6.40	11.32	11.32
120	14:09	14.90 12.50	7.60	13.62	13.62
180	15:09	16.70	10.00	17.78	17.78
240	16:09	14.40	12.30	22.06	22.06

continuación...

CUADRO 19.- Datos de la prueba de infiltración por medio de cilindros - para la hacienda "La Poza".

Tiempo Min.	Hora al tomar - lectura	CILINDRO No. 5		Infiltración acumu- lada. Promedio en los cinco cilindros. cm.
		Lectura de esca- la de gan- cho cm.	Infiltra- ción acu- mulada cm.	
0	12:11	17.0	--	--
		16.1		
5	12:16	17.7	0.9	0.94
10	12:21	17.3	1.3	1.46
20	12:31	16.7	1.9	2.01
30	12:41	16.1	2.5	2.82
		15.6		
45	12:56	17.4	3.0	3.44
60	13:11	16.9	3.5	4.04
90	13:41	16.3	4.1	5.02
		15.6		
120	14:11	17.7	4.8	5.92
180	15:11	16.5	6.0	7.10
240	16:11	15.6	6.9	8.64

CUADRO 21.- Datos de la prueba de infiltración por medio de cilindros para l

Tiempo	CILINDRO No. 1			CILINDRO No. 2			CILINDRO No. 3	
	Hora al to mar - lectura	Lectura de escala de gancho	Infiltración acumulada	Hora al to mar - lectura	Lectura de escala de gancho	Infiltración acumulada	Hora al to mar - lectura	Lectura de escala de gancho
Min.		cm.	cm.		cm.	cm.		cm.
0	11:11	16.20	--	11:12	16.20	--	11:13	16.00
		14.20			14.40			14.50
5	11:16	16.50	2.00	11:17	16.70	1.80	11:18	16.90
10	11:21	16.30	2.20	11:22	16.20	2.30	11:23	16.20
20	11:31	15.70	2.70	11:32	15.90	2.60	11:33	15.50
								15.10
30	11:41	15.50	2.90	11:42	15.50	3.00	11:43	17.40
45	11:56	15.40	3.00	11:57	15.30	3.20	11:58	17.10
		15.20			14.90			
60	12:11	17.80	3.20	12:12	17.40	3.60	12:13	16.80
90	12:41	17.40	3.60	12:42	16.10	4.90	12:43	16.40
120	13:11	17.00	4.00	13:12	15.60	5.40	13:13	16.20
					14.50			15.50
180	14:11	16.40	4.60	14:12	17.70	6.50	14:13	17.90
240	15:11	15.90	5.10	15:12	16.80	7.40	15:13	17.30

continuación...

CUADRO 22.- Datos de la prueba de infiltración por medio de cilindros - para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1".

Tiempo	Hora al tomar - lectura	CILINDRO No. 5		
		Lectura de escala de gancho	Infiltración acumulada	Infiltración acumulada. Promedio en los cinco cilindros.
Min.		cm.	cm.	cm.
0	12:59	17.00	--	--
		14.80		
5	13:04	17.30	2.20	2.06
10	13:09	16.40	3.10	2.93
20	13:19	14.90	4.60	4.33
		13.30		
30	13:29	17.10	6.20	5.60
45	13:44	15.20	8.10	7.76
		13.40		
60	13:59	17.00	9.90	9.46
90	14:29	14.40	12.50	12.06
		12.10		
120	14:59	16.70	14.80	14.40
		12.90		
180	15:59	16.20	18.60	18.40
240	16:59	12.70	22.10	21.90

CUADRO 23.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "San José" en la estación 0+000 por medio de vertedores de -- orificio sumergido.

Surco No. 1		Estación 0+000		Surco No. 2		Estación 0+000	
Hora	Diámetro - del - orificio	Carga	Caudal	Hora	Diámetro - del - orificio	Carga	Caudal
	plg.	plg.	g.p.m.		plg.	plg.	g.p.m.
11:05	2½	¾	18.65	11:06	2½	1/4	10.7
11:40	2½	¾	18.65	11:41	2½	1/4	10.7
12:05	2½	¾	18.65	12:06	2½	1/4	10.7
13:15	2½	¾	18.65	13:16	2½	1/4	10.7
14:15	2½	7/8	20.00	14:16	2½	1/4	10.7
15:15	2½	7/8	20.00	15:16	2½	1/4	10.7
16:10	2½	7/8	20.00	16:11	2½	1/4	10.7

CUADRO 24.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "San José" en la estación 0+000 por medio de vertedores de -- orificio sumergido.

Hora	Surco No. 3	Estación 0+000	
	Diámetro del orificio plg.	Carga plg.	Caudal g.p.m.
11:07	$1\frac{3}{4}$	1/4	5.3
11:42	$1\frac{3}{4}$	1/4	5.3
12:07	$1\frac{3}{4}$	1/4	5.3
13:17	$1\frac{3}{4}$	1/4	5.3
14:17	$1\frac{3}{4}$	1/4	5.3
15:17	$1\frac{3}{4}$	1/4	5.3
16:12	$1\frac{3}{4}$	1/4	5.3

CUADRO 25.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "San José" en la estación 0+000 por medio de baldes aforados.

Hora	Surco No. 4	Estación 0+000	
	Capacidad del balde galones	Tiempo para llenar segundos	Caudal g.p.m.
11:10	3.82	76.0	3.47
11:45	3.82	76.7	3.44
12:10	3.82	76.7	3.44
13:20	3.82	75.5	3.50
14:20	3.82	75.5	3.50
15:20	3.82	75.0	3.54
16:20	3.82	72.9	3.64

CUADRO 26.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "San José" en la estación 0+045 por medio de vertedores de -- orificio sumergido.

Surco No. 1		Estación 0+045		Surco No. 2		Estación 0+045	
Hora	Diámetro del orificio	Carga	Caudal	Hora	Diámetro del orificio	Carga	Caudal
	plg.	plg.	g.p.m.		plg.	plg.	g.p.m.
11:20	$1\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	7.49	11:50	$1\frac{3}{4}$	1/8	3.75
12:10	$1\frac{3}{4}$	5/8	8.37	12:12	$1\frac{3}{4}$	1/8	3.75
13:10	$1\frac{3}{4}$	1	10.60	13:12	$1\frac{3}{4}$	1/4	5.30
14:10	$1\frac{3}{4}$	1 1/8	11.22	14:12	$1\frac{3}{4}$	1/4	5.30
15:22	$1\frac{3}{4}$	1 3/8	12.48	15:25	$1\frac{3}{4}$	1/4	5.30
16:22	$1\frac{3}{4}$	1 5/8	13.51	16:25	$1\frac{3}{4}$	3/8	6.48

CUADRO 27.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "San José" en la estación 0+045 por medio de vertedores de -- orificio sumergido.

Hora	Surco No. 3	Estación 0+045	
	Diámetro del orificio	Carga	Caudal
	plg.	plg.	g.p.m.
15:30	1	1/8	1.16
16:26	1	1/4	1.65

CUADRO 28.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "La - Poza" en la estación 0+000 por medio de vertedores de -- orificio sumergido.

Surco No. 1				Surco No. 2			
Hora	Diáme tro - del - orifi cio	Carga	Caudal	Hora	Diáme tro - del - orifi cio	Carga	Caudal
	plg.	plg.	g.p.m.		plg.	plg.	g.p.m.
10:10	2½	2 1/8	30.98	10:11	2½	1	21.4
10:55	2½	2 1/8	30.98	10:56	2½	1	21.4
11:50	2½	2 1/8	30.98	11:51	2½	1	21.4
13:00	2½	2 1/8	30.98	13:01	2½	1	21.4
14:00	2½	2 1/8	30.98	14:01	2½	1	21.4
15:00	2½	2 1/8	30.98	15:01	2½	1	21.4
16:00	2½	2 1/8	30.98	16:01	2½	1	21.4

CUADRO 29.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "La Poza" en la estación 0+000 por medio de baldes aforados.

Surco No. 3				Surco No. 4			
Estación 0+000		Estación 0+000		Estación 0+000		Estación 0+000	
Hora	Capaci- dad del balde	Tiempo para - llenar	Caudal	Hora	Capaci- dad del balde -	Tiempo para - llenar	Caudal
	gal.	seg.	g.p.m.		gal.	seg.	g.p.m.
10:12	3.82	19.2	11.94	10:13	3.82	31.0	7.39
11:00	3.82	19.6	11.69	11:01	3.82	31.4	7.30
11:50	3.82	19.3	11.88	11:51	3.82	32.0	7.16
13:04	3.82	19.1	12.00	13:06	3.82	32.0	7.16
14:04	3.82	19.1	12.00	14:06	3.82	31.3	7.32
15:04	3.82	19.1	12.00	15:06	3.82	31.5	7.28
16:04	3.82	19.0	12.06	16:06	3.82	31.6	7.25

CUADRO 30.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "La Poza" en la estación 0+105 por medio de vertedores de orificio sumergido.

Surco No. 1		Estación 0+105		Surco No. 2		Estación 0+105	
Hora	Diámetro del orificio	Carga	Caudal	Hora	Diámetro del orificio	Carga	Caudal
	plg.	plg.	g.p.m.		plg.	plg.	g.p.m.
10:28	2½	7/8	20.00	10:29	1¾	1 1/4	11.94
11:05	2½	1	21.41	11:05	1¾	1 1/4	11.94
12:00	2½	1 1/4	23.78	12:00	1¾	1 5/8	13.64
13:07	2½	1 3/8	25.05	13:08	1¾	1 3/4	14.07
14:10	2½	1 3/8	25.05	14:12	1¾	1 3/4	14.07
15:10	2½	1 3/8	25.05	15:12	1¾	2 1/8	15.56
16:06	2½	1 3/8	25.05	16:08	1¾	2 1/8	15.56

CUADRO 31.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "La Poza" en la estación 0+105 por medio de vertedores de orificio sumergido.

Hora	Surco No. 3	Estación 0+105	
	Diámetro del orificio	Carga	Caudal
	plg.	plg.	g.p.m.
12:20	1	5/8	2.58
13:10	1	1 1/4	3.46
14:14	1	1 1/2	3.66
15:14	1	1 5/8	4.18
16:12	1	1 7/8	4.48

CUADRO 32.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "La Poza" en la estación 0+188 por medio de baldes aforados.

Surco No. 1		Estación 0+188		Surco No. 2		Estación 0+188	
Hora	Capaci- dad del balde	Tiempo para - llenar	Caudal	Hora	Capaci- dad del balde	Tiempo para - llenar	Caudal
	gal.	seg.	g.p.m.		gal.	seg.	g.p.m.
10:40	3.82	15.9	14.42	--	--	--	--
11:10	3.82	13.8	16.61	11:11	3.82	36.1	6.35
12:02	3.82	11.5	19.93	12:02	3.82	25.7	8.92
13:15	3.82	11.6	19.75	13:17	3.82	20.8	11.02
14:15	3.82	11.1	20.65	14:17	3.82	21.1	10.86
15:16	3.82	11.0	20.84	15:17	3.82	19.0	12.06
16:16	3.82	10.6	21.62	16:17	3.82	18.3	12.52

CUADRO 33.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "Los Tempisques" en la estación 0+000 por medio de baldes aforados.

Surco No. 1		Estación 0+000		Surco No. 2		Estación 0+000	
Hora	Capacidad del balde	Tiempo para llenar	Caudal	Hora	Capacidad del balde	Tiempo para llenar	Caudal
	gal.	seg.	g.p.m.		gal.	seg.	g.p.m.
10:02	3.82	20.3	11.35	9:59	3.82	35.3	6.50
10:22	3.82	19.7	11.70	10:20	3.82	39.8	5.78
11:12	3.82	19.9	11.50	11:10	3.82	41.6	5.50
12:00	3.82	19.5	11.80	11:58	3.82	42.6	5.40
13:40	3.82	20.2	11.37	13:38	3.82	33.0	6.95
14:40	3.82	19.6	11.69	14:38	3.82	32.6	7.00
15:36	3.82	19.5	11.80	15:35	3.82	32.4	7.09

CUADRO 34.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "Los Tempisques" en la estación 0+000 por medio de baldes aforados.

Surco No. 3				Surco No. 4			
Estación 0+000		Estación 0+000		Estación 0+000		Estación 0+000	
Hora	Capaci- dad del balde	Tiempo para - llenar	Caudal	Hora	Capaci- dad del balde	Tiempo para - llenar	Caudal
	gal.	seg.	g.p.m.		gal.	seg.	g.p.m.
9:56	3.82	49.6	4.61	9:55	3.82	97.2	2.36
10:19	3.82	47.0	4.89	10:17	3.82	101.2	2.27
11:06	3.82	47.7	4.80	11:03	3.82	100.3	2.30
11:56	3.82	46.0	5.00	11:51	3.82	94.9	2.42
13:34	3.82	46.6	5.03	13:32	3.82	95.7	2.41
13:37	3.82	45.9	5.00	14:34	3.82	95.3	2.41
15:33	3.82	46.3	5.02	15:30	3.82	92.3	2.49

CUADRO 35.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "Los Tempisques" en la estación 0+075 por medio de baldes aforado.

Surco No. 1		Estación 0+075		Surco No. 2		Estación 0+075	
Hora	Diámetro del orificio	Carga	Caudal	Hora	Diámetro del orificio	Carga	Caudal
	plg.	plg.	g.p.m.		plg.	plg.	g.p.m.
10:29	$1\frac{3}{4}$	1/2	7.49	--	--	--	--
11:00	$1\frac{3}{4}$	1/2	7.49	11:50	$1\frac{3}{4}$	1/8	3.73
11:31	$1\frac{3}{4}$	1/2	7.49	12:20	$1\frac{3}{4}$	1/8	3.73
12:20	$1\frac{3}{4}$	1/2	7.49	13:25	$1\frac{3}{4}$	1/8	3.73
13:27	$1\frac{3}{4}$	5/8	8.35	14:45	$1\frac{3}{4}$	1/4	5.26
14:45	$1\frac{3}{4}$	5/8	8.35	15:39	$1\frac{3}{4}$	1/4	5.26
15:39	$1\frac{3}{4}$	5/8	8.35	--	--	--	--

CUADRO 36.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "Los Tempisques" en la estación 0+144 por medio de baldes aforados.

Surco No. 1		Estación 0+144		Surco No. 2		Estación 0+144	
Hora	Capacidad del balde	Tiempo para llenar	Caudal	Hora	Capacidad del balde	Tiempo para llenar	Caudal
	gal.	seg.	g.p.m.		gal.	seg.	g.p.m.
10:50	3.82	44.3	5.18	11:40	3.82	217.0	1.06
11:35	3.82	34.9	6.56	12:30	3.82	127.2	1.80
12:25	3.82	33.6	6.82	13:20	3.82	108.4	1.94
13:17	3.82	31.9	7.18	14:48	3.82	64.6	3.55
14:47	3.82	30.8	7.44	15:45	3.82	62.3	3.69
15:42	3.82	29.9	7.80	--	--	--	--

CUADRO 37.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "Los Tempisques" en la estación 0+144 por medio de baldes aforados.

Hora	Surco No. 3	Estación 0+144	
	Capacidad del balde	Tiempo para llenar	Caudal
	galones	segundos	g.p.m.
14:15	3.82	303.9	0.75
14:53	3.82	272.1	0.84
15:50	3.82	216.3	1.06

CUADRO 38.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "El Naranjo" en la estación 0+000 por medio de vertedores de orificio sumergido.

Surco No. 1				Surco No. 2			
Hora	Diáme	Estación 0+000		Hora	Diáme	Estación 0+000	
	tro -	Carga	Caudal		tro -	Carga	Caudal
	del -				del -		
	orifi				orifi		
	cio				cio		
		plg.	g.p.m.			plg.	g.p.m.
10:40	$1\frac{3}{4}$	3/8	6.6	10:41	$1\frac{3}{4}$	1 1/2	13.00
11:25	$1\frac{3}{4}$	1/2	7.5	11:26	$1\frac{3}{4}$	1 3/4	14.00
12:30	$1\frac{3}{4}$	1/2	7.5	12:30	$1\frac{3}{4}$	1 7/8	14.50
13:30	$1\frac{3}{4}$	3/4	9.2	13:31	$1\frac{3}{4}$	2.00	15.00
14:36	$1\frac{3}{4}$	3/8	8.4	14:37	$1\frac{3}{4}$	2 1/4	15.80
15:40	$1\frac{3}{4}$	3/4	9.1	15:41	$1\frac{3}{4}$	2.00	15.00
16:38	$1\frac{3}{4}$	1.0	10.6	16:39	$1\frac{3}{4}$	2 1/8	15.40

CUADRO 39.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "El Naranjo" en la estación 0+000 por medio de vertedores de orificio sumergido.

Surco No. 3				Surco No. 4			
Hora	Diáme	Estación 0+000		Hora	Diáme	Estación 0+000	
	tro - del - orifi cio	Carga	Caudal		tro - del - orifi cio	Carga	Caudal
	plg.	plg.	g.p.m.		plg.	plg.	g.p.m.
10:41	1 $\frac{3}{4}$	2 1/4	15.90	10:43	2 $\frac{1}{2}$	2 1/4	32.0
11:28	1 $\frac{3}{4}$	2 3/4	17.50	11:29	2 $\frac{1}{2}$	1 3/4	28.2
12:29	1 $\frac{3}{4}$	2 1/2	16.70	12:28	2 $\frac{1}{2}$	2.00	30.2
13:32	1 $\frac{3}{4}$	2 1/2	16.70	13:34	2 $\frac{1}{2}$	1 3/4	28.2
14:35	1 $\frac{3}{4}$	2 1/4	15.90	14:33	2 $\frac{1}{2}$	2 1/2	33.6
15:41	1 $\frac{3}{4}$	2.00	14.98	15:42	2 $\frac{1}{2}$	2 1/4	32.0
16:41	1 $\frac{3}{4}$	2 3/8	16.30	16:41	2 $\frac{1}{2}$	2 3/8	32.8

CUADRO 40.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "El Naranjo" en la estación 0+100 por medio de vertedores de orificio sumergido.

Surco No. 1 Hora	Diáme tro - del - orifi cio	Estación 0+100		Surco No. 2 Hora	Diáme tro - del - orifi cio	Estación 0+100	
		Carga	Caudal			Carga	Caudal
	plg.	plg.	g.p.m.		plg.	plg.	g.p.m.
12:00	1 $\frac{3}{4}$	1/4	5.0	11:17	1 $\frac{3}{4}$	3/4	9.1
12:35	1 $\frac{3}{4}$	1/4	5.0	12:35	1 $\frac{3}{4}$	1 1/8	11.2
13:41	1 $\frac{3}{4}$	1/4	5.0	13:40	1 $\frac{3}{4}$	1 3/8	12.3
14:39	1 $\frac{3}{4}$	1/4	5.0	14:40	1 $\frac{3}{4}$	1 5/8	13.5
15:48	1 $\frac{3}{4}$	1/2	7.5	15:50	1 $\frac{3}{4}$	1 5/8	13.5
16:43	1 $\frac{3}{4}$	1/2	7.5	16:44	1 $\frac{3}{4}$	1 5/8	13.5

CUADRO 41.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "El Naranjo" en la estación 0+100 por medio de vertedores de orificio sumergido.

Surco No. 3				Surco No. 4			
Hora	Diáme	Estación 0+100		Hora	Diáme	Estación 0+100	
	tro - del - orifi cio	Carga	Caudal		tro - del orifi cio	Carga	Caudal
	plg.	plg.	g.p.m.		plg.	plg.	g.p.m.
11:16	$1\frac{3}{4}$	1	10.6	10:54	$2\frac{1}{2}$	1 1/8	22.5
12:36	$1\frac{3}{4}$	1 1/2	13.0	12:37	$2\frac{1}{2}$	1 1/2	26.2
13:40	$1\frac{3}{4}$	1 1/2	13.0	13:39	$2\frac{1}{2}$	1 1/8	22.5
14:41	$1\frac{3}{4}$	1 1/4	11.8	14:42	$2\frac{1}{2}$	1 3/4	28.2
15:52	$1\frac{3}{4}$	1 1/8	11.2	15:53	$2\frac{1}{2}$	1 1/2	26.2
16:44	$1\frac{3}{4}$	1 1/2	13.0	16:45	$2\frac{1}{2}$	1 1/2	26.2

CUADRO 42.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "El Naranjo" en la estación 0+230 por medio de vertedores de orificio sumergido.

Hora	Surco No. 2		Estación 0+230	
	Diámetro del orificio		Carga	Caudal
	plg.		plg.	g.p.m.
14:50	1 $\frac{3}{4}$		3/8	6.4
16:00	1 $\frac{3}{4}$		1/2	7.0
16:50	1 $\frac{3}{4}$		5/8	8.0

CUADRO 43.- Medida de los caudales en los surcos en la hacienda "El Naranjo" en la estación 0+230 por medio de vertedores de orificio sumergido.

Surco No. 3		Estación 0+230		Surco No. 4		Estación 0+230			
Hora	Diámetro del orificio	Carga	Caudal	Hora	Diámetro del orificio	Carga	Caudal		
	plg.				plg.			plg.	g.p.m.
	13:15				1 $\frac{3}{4}$			1/8	3.7
13:45	1 $\frac{3}{4}$	3/8	6.4	12:48	2 $\frac{1}{2}$	3/4	18.4		
14:50	1 $\frac{3}{4}$	3/8	6.4	13:45	2 $\frac{1}{2}$	5/8	16.8		
15:58	1 $\frac{3}{4}$	3/8	6.4	14:50	2 $\frac{1}{2}$	1 1/8	22.6		
16:51	1 $\frac{3}{4}$	7/8	9.6	16:00	2 $\frac{1}{2}$	1	21.4		
--	--	--	--	16:50	2 $\frac{1}{2}$	1 3/8	24.5		

CUADRO 44.- Medida de los caudales en los surcos en la Estación Experimental de "San Andrés No. 1". en la estación 0+000 - por medio de baldes aforados.

Surco No. 1		Estación 0+000		Surco No. 2		Estación 0+000	
Hora	Capacidad del balde	Tiempo para llenar	Caudal	Hora	Capacidad del balde	Tiempo para llenar	Caudal
	gal.	seg.	g.p.m.		gal.	seg.	g.p.m.
10:58	3.82	12.1	18.94	11:00	3.82	24.1	9.51
11:56	3.82	11.1	20.65	11:58	3.82	24.3	9.43
12:56	3.82	12.3	18.63	12:58	3.82	24.5	9.36
13:56	3.82	12.4	18.48	13:58	3.82	24.9	9.20
14:56	3.82	10.8	21.22	14:58	3.82	23.4	9.79
15:56	3.82	10.7	21.42	15:58	3.82	23.4	9.79
16:56	3.82	10.5	21.83	16:58	3.82	23.4	9.79

CUADRO 45.- Medida de los caudales en los surcos en la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+000 - por medio de baldes aforados.

Surco No. 3				Surco No. 4			
Hora	Capaci	Estación 0+000		Hora	Capaci	Estación 0+000	
	dad del	Tiempo	Caudal		dad del	Tiempo	Caudal
	balde	para -			balde	para -	
	gal.	llenar	g.p.m.		gal.	llenar	g.p.m.
11:02	3.82	44.5	5.15	11:04	3.82	71.2	3.22
12:00	3.82	38.8	5.91	12:02	3.82	75.3	3.04
13:00	3.82	40.0	5.73	13:02	3.82	75.6	3.03
14:00	3.82	39.0	5.88	14:02	3.82	75.3	3.04
15:00	3.82	38.8	5.91	15:02	3.82	71.4	3.21
16:00	3.82	37.3	6.14	16:02	3.82	73.6	3.11
17:00	3.82	37.3	6.14	17:02	3.82	73.3	3.13

CUADRO 46.- Medida de los caudales en los surcos en la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+060 - por medio de vertedores de orificio sumergido.

Surco No. 1		Estación 0+060		Surco No. 2		Estación 0+060	
Hora	Diámetro del orificio	Carga	Caudal	Hora	Diámetro del orificio	Carga	Caudal
	plg.	plg.	g.p.m.		plg.	plg.	g.p.m.
12:15	1 $\frac{3}{4}$	1 1/4	11.94	13:12	1 $\frac{3}{4}$	1/4	5.33
13:10	1 $\frac{3}{4}$	1 3/4	14.07	14:07	1 $\frac{3}{4}$	1/2	7.49
14:05	1 $\frac{3}{4}$	2.00	14.98	15:12	1 $\frac{3}{4}$	1/2	7.49
15:10	1 $\frac{3}{4}$	2 1/4	15.99	16:12	1 $\frac{3}{4}$	1/2	7.49
16:05	1 $\frac{3}{4}$	2 1/4	15.99	17:07	1 $\frac{3}{4}$	3/4	9.27
17:05	1 $\frac{3}{4}$	2 1/4	15.99	--	--	--	--

CUADRO 47.- Medida de los caudales en los surcos en la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+060 - por medio de vertedores de orificio sumergido.

Surco No. 3		Estación 0+060	
Hora	Diámetro del orificio	Carga	Caudal
	plg.	plg.	g.p.m.
15:32	1	1/4	1.64
16:14	1	1/4	1.64
17:08	1	1/4	1.64

CUADRO 48.- Medida de los caudales en los surcos en la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+135 - por medio de baldes aforados.

Surco No. 1				Surco No. 2			
Estación 0+135				Estación 0+135			
Hora	Capaci dad del balde	Tiempo para - llenar	Caudal	Hora	Capaci dad del balde	Tiempo para - llenar	Caudal
	gal.	seg.	g.p.m.		gal.	seg.	g.p.m.
13:39	3.82	65.6	3.49	15:18	3.82	103.6	2.21
14:09	3.82	41.5	5.52	16:15	3.82	73.0	3.14
15:15	3.82	28.1	8.16	17:15	3.82	31.8	7.21
16:12	3.82	29.8	7.69	--	--	---	--
17:12	3.82	17.6	13.02	--	--	---	--

CUADRO 49.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "San José" de la estación 0+000 a la estación 0+045.

Hora	Surco No. 1			De Est. 0 + 000 a 0 + 045			
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 045	Promedio	Caudal que en tra. g.p.m.	Caudal que sa le. g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
10:08	inicio	--	--	18.65	--	--	--
10:38	30	0	--	18.65	--	--	--
11:20	72	42	57	18.65	7.49	11.16	7.44
12:10	122	92	107	18.65	8.37	10.28	6.85
13:10	182	152	167	18.65	10.60	8.05	5.36
14:10	242	212	227	20.00	11.22	8.78	5.85
15:22	314	284	299	20.00	12.48	7.52	5.01
16:22	374	344	359	20.00	13.51	6.49	4.32

CUADRO 50.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "San José" de la estación 0+000 a la estación 0+045.

Hora	Surco No. 2			De Est. 0 + 000 a 0 + 045			
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 045	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le. g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
10:08	inicio	--	--	10.7	--	--	--
11:19	71	0	--	10.7	--	--	--
11:50	102	31	66	10.7	3.75	6.95	4.64
13:12	184	113	148	10.7	3.75	6.95	4.64
14:12	244	173	208	10.7	5.30	5.40	3.60
15:25	317	246	281	10.7	5.30	5.40	3.60
16:25	377	306	341	10.7	6.48	4.20	2.80

CUADRO 51.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "San José" de la estación 0+000 a la estación 0+045.

Hora	Surco No. 3			De Est. 0 + 000 a 0 + 045			
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 045	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
10:09	inicio	--	--	5.3	--	--	--
14:15	246	0	--	5.3	--	--	--
15:30	321	75	198	5.3	1.16	4.14	2.77
16:26	375	129	252	5.3	1.65	3.65	2.43

CUADRO 52.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "La Poza" de la estación 0+000 a la estación 0+105.

Hora	Surco No. 1 Tiempo en minutos			De Est. 0 + 000	a 0 + 105	Pérdida g.p.m.	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 105	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.		
9:34	inicio	--	--	30.98	--	--	--
9:54	20	0	--	30.98	--	--	--
10:28	54	34	44	30.98	20.00	10.98	3.13
11:05	91	71	81	30.98	21.40	9.58	2.74
12:00	146	126	136	30.98	23.78	7.20	2.06
13:07	213	193	203	30.98	25.05	5.93	1.70
14:10	276	256	266	30.98	25.05	5.93	1.70
15:10	336	316	326	30.98	25.05	5.93	1.70
16:06	392	372	382	30.98	25.05	5.93	1.70

CUADRO 53.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "La Poza" de la estación 0+000 a la estación 0+105.

Hora	Surco No. 2 Tiempo en minutos			De Est. 0 + 000 a 0 + 105			
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 105	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
9:35	inicio	--	--	21.4	--	--	--
10:05	30	0	--	21.4	--	--	--
10:29	54	24	39	21.4	11.94	9.46	2.70
11:05	90	60	75	21.4	11.94	9.46	2.70
12:00	145	115	130	21.4	13.64	7.76	2.22
13:08	213	183	198	21.4	14.07	7.33	2.09
14:12	277	247	262	21.4	14.07	7.33	2.09
15:12	337	307	322	21.4	15.56	5.84	1.67
16:08	391	361	376	21.4	15.56	5.84	1.67

CUADRO 54.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "La Poza" de la estación 0+000 a la estación 0+105.

Hora	Surco No. 3 Tiempo en minutos			De Est. 0 + 000 a 0 + 105			Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 105	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
9:37	inicio	--	--	12.00	--	--	--
11:12	95	0	--	12.00	--	--	--
12:20	163	68	115	12.00	2.58	9.42	2.69
13:10	213	118	165	12.00	3.46	8.54	2.44
14:14	277	182	229	12.00	3.66	8.34	2.41
15:14	337	242	289	12.00	4.18	7.82	2.24
16:12	395	300	347	12.00	4.48	7.52	2.15

CUADRO 55.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "La Poza" de la estación 0+000 a la estación 0+188.

Hora	Surco No. 1			De Est. 0 + 000	a 0 + 188	Pérdida g.p.m.	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 188	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.		
9:34	inicio	--	--	30.98	--	--	--
10:17	43	0	--	30.98	--	--	--
10:40	66	23	44	30.98	14.42	16.56	2.64
11:10	96	53	74	30.98	16.61	14.37	2.29
12:02	148	105	126	30.98	19.93	11.05	1.76
13:15	211	178	194	30.98	19.75	11.13	1.77
14:15	271	238	254	30.98	20.65	10.33	1.65
15:16	332	299	315	30.98	20.84	10.14	1.62
16:16	392	359	375	30.98	21.62	9.36	1.49

CUADRO 56.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "La Poza" de la estación 0+000 a la estación 0+188.

Hora	Surco No. 2		Promedio	De Est. 0 + 000 a 0 + 188			Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 188		Tiempo en minutos	Caudal que entra g.p.m.	Caudal que sale g.p.m.	
9:35	inicio	--	--	21.4	--	--	--
10:50	75	0	--	21.4	--	--	--
11:11	96	21	58	21.4	6.35	15.05	2.40
12:02	147	72	109	21.4	8.92	12.48	1.99
13:17	222	147	184	21.4	11.02	10.38	1.65
14:17	282	207	244	21.4	10.86	10.54	1.68
15:17	342	267	304	21.4	12.06	9.34	1.49
16:17	402	327	364	21.4	12.52	8.88	1.42

CUADRO 57.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "Los Tempisques" de la estación 0+000 a la estación 0+144.

Hora	Surco No. 1			De Est. 0 + 000 a 0 + 144			
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 144	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
9:50	inicio	--	--	--	--	--	--
10:02	12	--	--	11.35	--	--	--
10:22	32	--	--	11.70	--	--	--
10:33	43	0	--	--	--	--	--
10:50	60	17	39	11.50	5.18	6.32	1.32
11:35	105	62	84	11.50	6.56	4.94	1.03
12:25	155	112	134	11.60	6.82	4.78	0.99
13:17	207	164	186	11.60	7.18	4.42	0.92
14:47	297	254	276	11.70	7.44	4.26	0.89
15:42	352	309	331	11.80	7.80	4.00	0.83

CUADRO 58.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "Los Tempisques" de la estación 0+000 a la estación 0+144.

Hora	Surco No. 2			De Est. 0 + 000 a 0 + 144			
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 144	Promedio	Caudal que entra g.p.m.	Caudal que sale g.p.m.	Pérdida g.p.m.	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
9:51	inicio	--	--	--	--	--	--
9:59	8	--	--	6.5	--	--	--
10:20	29	--	--	5.8	--	--	--
11:10	79	--	--	5.5	--	--	--
11:31	100	--	--	--	--	--	--
11:40	169	69	119	5.5	1.06	4.44	0.925
12:30	219	119	169	5.4	1.80	3.60	0.750
13:20	269	169	219	5.4	1.90	3.50	0.730
14:48	357	257	307	7.0	3.55	3.45	0.720
15:45	414	314	364	7.0	3.69	3.31	0.690

CUADRO 59.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "Los Tempisques" de la estación 0+000 a la estación 0+144.

Hora	Surco No. 3 Tiempo en minutos			De Est.	0 + 000	a 0 + 144	Infiltración en los surcos g.p.m./30
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 144	Promedio	que en tra g.p.m.	que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
9:52	inicio	--	--	--	--	--	--
9:56	4	--	--	4.61	--	--	--
10:19	27	--	--	4.89	--	--	--
11:06	74	--	--	4.80	--	--	--
11:56	124	--	--	5.00	--	--	--
13:10	198	--	--	5.00	--	--	--
14:15	263	65	164	5.00	0.75	4.25	0.88
14:53	301	103	202	5.00	0.84	4.16	0.86
15:50	358	160	259	5.00	1.06	3.94	0.82

CUADRO 60.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" de la estación 0+000 a la estación 0+100.

Hora	Surco No. 1 Tiempo en minutos			De Est.	0 + 000	a 0 + 100	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 100	Promedio	que en tra g.p.m.	que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
10:21	inicio	--	--	6.6	--	--	--
11:19	58	0	--	7.5	--	--	--
12:30	129	71	100	7.5	5.0	2.5	0.75
13:30	189	131	160	9.2	5.0	4.2	1.32
14:36	255	197	226	8.4	5.0	3.4	1.02
15:40	319	261	290	9.1	7.5	1.6	0.48
16:40	379	321	350	10.6	7.5	3.1	0.93

CUADRO 61.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" de la estación 0+000 a la estación 0+100.

Hora	Surco No. 2 Tiempo en minutos			De Est. 0 + 000 a 0 + 100			Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 100	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
10:20	inicio	--	--	--	--	--	--
11:00	40	0	--	--	--	--	--
11:20	60	20	40	14.0	9.1	4.9	1.47
12:30	130	90	110	14.5	11.2	3.3	1.00
13:35	195	155	175	15.0	12.3	2.7	0.81
14:35	255	215	235	15.8	13.5	2.3	0.69
15:45	325	285	305	15.0	13.5	2.5	0.75
16:40	380	340	360	15.4	13.5	1.9	0.57

CUADRO 62.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" de la estación 0+000 a la estación 0+100.

Hora	Surco No. 3 Tiempo en minutos			De Est. 0 + 000 a 0 + 100		Pérdida g.p.m.	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 100	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.		
10:21	inicio	--	--	--	--	--	--
10:41	20	--	--	13.0	--	--	--
10:58	37	0	--	--	--	--	--
11:20	59	22	40	14.0	10.6	3.4	1.02
12:30	129	92	110	14.5	13.0	1.5	0.45
13:35	194	157	175	15.0	13.0	2.0	0.60
14:35	254	217	235	15.8	11.8	4.0	1.20
15:45	324	287	305	15.0	11.2	3.8	1.14
16:40	379	342	360	15.4	13.0	2.4	0.72

CUADRO 63.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" de la estación 0+000 a la estación 0+100.

Hora	Surco No. 4 Tiempo en minutos			De Est. Caudal que en tra g.p.m.	0 + 000 Caudal que sa le g.p.m.	a 0 + 100 Pér- dida g.p.m.	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 100	Promedio				
10:22	inicio	--	---	--	--	--	--
10:39	17	0	---	--	--	--	--
10:58	36	19	27	32.0	22.5	9.5	2.85
12:34	73	56	65	30.2	26.2	4.0	1.20
13:35	133	116	125	28.2	22.5	6.0	1.80
14:35	193	176	185	33.6	28.2	5.4	1.62
15:50	268	251	260	32.0	26.2	6.2	1.86
16:45	323	306	315	32.8	26.2	6.6	1.98

CUADRO 64.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" en la estación 0+100 a la estación 0+230.

Hora	Surco No. 1 Tiempo en minutos			De Est.	0 + 100	a 0 + 230	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 100	Est. 0 + 230	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
11:19	inicio	--	--	--	--	--	--
15:03	224	0	--	--	--	--	--
16:50	331	107	219	7.5	2.0	5.5	1.27

CUADRO 65.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" en la estación 0+100 a la estación 0+230.

Hora	Surco No. 2 Tiempo en minutos			De Est.	0 + 100	a 0 + 230	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 100	Est. 0 + 230	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
11:00	inicio	--	--	--	--	--	--
11:17	17	--	--	9.1	--	--	--
12:35	95	--	--	11.2	--	--	--
13:40	160	0	--	12.3	--	--	--
14:45	225	65	145	13.5	6.4	7.1	1.64
15:55	295	135	215	13.5	7.0	6.5	1.50
16:45	345	185	265	13.5	8.0	5.5	1.27

CUADRO 66.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" en la estación 0+100 a la estación 0+230.

Hora	Surco No. 3 Tiempo en minutos		Promedio	De Est.	0 + 100	a 0 + 230	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 100	Est. 0 + 230		Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
10:58	inicio	--	--	--	--	--	--
11:16	18	--	--	10.6	--	--	--
12:36	98	--	--	13.0	--	--	--
12:55	117	0	--	--	--	--	--
13:40	162	45	104	13.0	6.4	6.6	1.55
14:45	227	110	168	11.8	6.4	5.4	1.25
15:55	297	180	238	11.2	6.4	4.8	1.11
16:45	347	230	288	13.0	9.6	3.4	0.79

CUADRO 67.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la hacienda "El Naranjo" en la estación 0+100 a la estación 0+230.

Hora	Surco No. 4 Tiempo en minutos			De Est.	0 + 100	a 0 + 230	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 100	Est. 0 + 230	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
10:39	inicio	--	--	--	--	--	--
10:54	15	--	--	22.5	--	--	--
11:33	54	0	--	--	--	--	--
12:40	111	57	84	26.2	18.4	7.8	1.80
13:40	171	117	144	22.5	16.8	5.7	1.32
14:45	236	182	209	28.2	22.6	5.6	1.29
15:55	306	252	279	26.2	21.4	4.8	1.11
16:50	361	307	334	26.2	24.5	1.7	0.39

CUADRO 68.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+000 a la estación 0+060.

Hora	Surco No. 1 Tiempo en minutos			De Est.	0 + 000	a 0 + 060	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 060	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
10:38	inicio	--	--	--	--	--	--
11:05	27	0	--	--	--	--	--
12:15	97	70	84	19.80	11.94	7.86	3.93
13:10	152	125	139	19.41	14.07	5.34	2.67
14:05	207	180	194	19.18	14.98	4.20	2.10
15:10	272	245	259	19.58	15.99	3.57	1.78
16:05	327	300	314	19.89	15.99	3.90	1.95
17:05	387	360	374	20.17	15.99	4.18	2.09

CUADRO 69.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+000 a la estación 0+060.

Hora	Surco No. 2 Tiempo en minutos		Promedio	De Est.	0 + 000	a 0 + 060	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 060		Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
10:39	inicio	--	--	--	--	--	--
11:24	45	0	--	--	--	--	--
13:12	93	48	71	9.43	5.33	4.10	2.05
14:07	148	103	126	9.38	7.49	1.89	0.95
15:12	213	168	191	9.46	7.49	1.97	0.98
16:12	273	228	251	9.51	7.49	2.02	1.01
17:07	328	283	306	9.55	9.27	0.28	0.14

CUADRO 70.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+000 a la estación 0+060.

Hora	Surco No. 3 Tiempo en minutos			De Est.	0 + 000	a 0 + 060	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 060	Promedio	que en tra g.p.m.	que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
10:39	inicio	--	--	--	--	--	--
14:40	241	0	--	--	--	--	--
15:32	293	52	173	5.72	1.64	4.08	2.04
16:14	335	94	215	5.79	1.64	4.15	2.08
17:08	389	148	269	5.84	1.64	4.20	2.10

CUADRO 71.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+060 a la estación 0+135.

Hora	Surco No.1 Tiempo en minutos		Promedio	De Est.	0 + 060	a 0 + 135	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 060	Est. 0 + 135		que en tra g.p.m.	que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
11:05	inicio	--	--	--	--	--	--
13:13	128	0	--	--	--	--	--
13:39	154	26	90	13.00	3.49	9.51	3.81
14:09	184	56	120	13.66	5.52	8.14	3.26
15:15	250	122	186	14.24	8.16	6.08	2.43
16:12	307	179	243	14.59	7.69	6.90	2.76
17:12	367	239	303	14.82	13.02	1.80	0.72

CUADRO 72.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+060 a la estación 0+135.

Hora	Surco No. 2 Tiempo en minutos			De Est. 0 + 060	a 0 + 135	Pérdida g.p.m.	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 060	Est. 0 + 135	Promedio	Caudal que entra g.p.m.	Caudal que sale g.p.m.		
11:24	inicio	--	--	--	--	--	--
14:54	210	0	--	--	--	--	--
15:18	234	24	129	6.77	2.21	4.56	1.83
16:15	291	81	186	6.95	3.14	3.81	1.53
17:15	351	141	246	7.41	7.21	0.20	0.08

CUADRO 73.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+000 a la estación 0+135.

Hora	Surco No. 1 Tiempo en minutos			De Est.	0 + 000	a 0 + 135	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 135	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
10:38	inicio	--	--	--	--	--	--
13:13	155	0	--	--	--	--	--
13:39	181	26	104	19.41	3.49	15.92	3.54
14:09	211	56	134	19.18	5.52	13.66	3.04
15:15	277	122	200	19.58	8.16	11.42	2.54
16:12	334	179	257	19.89	7.69	12.20	2.71
17:12	394	239	317	20.17	13.02	7.15	1.59

CUADRO 74.- Cálculos de la infiltración en los surcos en g.p.m./30 m. para la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" en la estación 0+000 a la estación 0+135.

Hora	Surco No. 2 Tiempo en minutos			De Est.	0 + 000	a 0 + 135	Infiltración en los surcos g.p.m./30 m.
	Est. 0 + 000	Est. 0 + 135	Promedio	Caudal que en tra g.p.m.	Caudal que sa le g.p.m.	Pér- dida g.p.m.	
10:39	inicio	--	--	--	--	--	--
14:54	255	0	--	--	--	--	--
15:18	279	24	152	9.46	2.21	7.25	1.61
16:15	336	81	209	9.51	3.14	6.37	1.42
17:15	396	141	269	9.55	7.21	2.34	0.52

CUADRO 75.- Movimiento del agua en los surcos en la hacienda "San - José".

Estación	Surco No. 1		Surco No. 2		Surco No. 3		Surco No. 4	
	Hora al llegar	Tiempo	Hora al llegar	Tiempo	Hora al llegar	Tiempo	Hora al llegar	Tiempo
0 + 000	10:08	0	10:08	0	10:09	0	10:10	0
0 + 015	10:14	6	10:21	13	10:25	16	10:42	32
0 + 030	10:26	18	10:46	38	11:21	72	11:53	103
0 + 045	10:38	30	11:19	71	14:15	246	14:53	283
0 + 060	11:12	64	12:03	115	16:15 ⁽³⁾	366	16:15 ⁽⁴⁾	365
0 + 075	11:59	111	14:31	263	--	--	--	--
0 + 090	14:05	237	16:15	367	--	--	--	--
0 + 105	15:45	337	--	--	--	--	--	--
0 + 116	16:15 ⁽¹⁾	367	--	--	--	--	--	--

(1)- Este surco llegó hasta la estación 0 + 112

(2)- Este surco llegó hasta la estación 0 + 082

(4)- Este surco llegó hasta la estación 0 + 050

CUADRO 76.- Movimiento del agua en los surcos en la hacienda "La - Poza".

Estación	Surco No. 1		Surco No. 2		Surco No. 3		Surco No. 4	
	Hora al llegar	Tiempo	Hora al llegar	Tiempo	Hora al llegar	Tiempo	Hora al llegar	Tiempo
0 + 000	9:34	---	9:35	---	9:37	---	9:38	---
0 + 015	9:36	2	9:37.5	2.5	9:41	4	9:43	5
0 + 030	9:38	4	9:39.5	4.5	9:45	8	9:51	13
0 + 045	9:40	6	9:42	7.0	9:52	15	10:03	25
0 + 060	9:43	9	9:46	11.0	10:00	23	10:24	46
0 + 075	9:47	13	9:52	17.0	10:20	43	11:09	91
0 + 090	9:51	17	9:58	23.0	10:39	62	12:29	171
0 + 105	9:54	20	10:05	30.0	11:12	95	15:20	342
0 + 120	9:57	23	10:11	36.0	11:39	122	16:14 ⁽¹⁾	396
0 + 135	10:00	26	10:18	43.0	12:34	177	--	--
0 + 150	10:03	29	10:25	50.0	13:30	233	--	--
0 + 165	10:06	32	10:36	61.0	14:48	311	--	--
0 + 180	10:14	40	10:46	71.0	16:13	396	--	--
0 + 188	10:17	43	10:50	75.0	--	--	--	--

(1)- Este surco llegó hasta la estación 0 + 108

CUADRO 77.- Movimiento del agua en los surcos en la hacienda "Los Tempisques".

Estación	Surco No. 1		Surco No. 2		Surco No. 3		Surco No. 4	
	Hora al llegar	Tiempo	Hora al llegar	Tiempo	Hora al llegar	Tiempo	Hora al llegar	Tiempo
0 + 000	9:50	--	9:51	--	9:52	--	9:53	--
0 + 015	9:54	4	9:57	6	10:00	8	10:05	12
0 + 030	9:57	7	10:04	13	10:05	14	10:46	53
0 + 045	10:00	10	10:09	18	10:21	29	11:34	101
0 + 060	10:05	15	10:15	24	10:32	40	12:33	160
0 + 075	10:09	19	10:24	33	10:45	53	14:09	256
0 + 090	10:13	23	10:34	43	11:01	69	15:55 ⁽¹⁾	362
0 + 105	10:19	29	10:43	52	11:23	91	--	---
0 + 120	10:24	34	10:56	65	11:51	119	--	---
0 + 135	10:29	39	11:16	85	12:34	162	--	---
0 + 144	10:33	43	11:31	100	13:10	198	--	---

(1)- Este surco llegó hasta la estación 0 + 088

CUADRO 78.- Movimiento del agua en los surcos en la hacienda "El Naranjo".

Estación	Surco No. 1		Surco No. 2		Surco No. 3		Surco No. 4	
	Hora al llegar	Tiempo						
0 + 000	10:21	--	10:20	--	10:21	--	10:22	--
0 + 020	10:28	7	10:23	3	10:25	4	10:24	2
0 + 040	10:36	15	10:29	9	10:30	9	10:26	4
0 + 060	10:49	28	10:41	21	10:40	19	10:30	8
0 + 080	11:03	42	10:50	30	10:49	28	10:34	12
0 + 100	11:19	58	11:00	40	10:58	37	10:39	17
0 + 120	11:53	92	11:20	60	11:13	52	10:46	24
0 + 140	12:25	124	11:39	79	11:25	64	10:52	30
0 + 160	13:00	159	11:55	95	11:43	82	10:57	35
0 + 180	13:45	204	12:17	117	11:58	97	11:06	44
0 + 200	14:33	252	12:46	146	12:17	116	11:13	51
0 + 230	15:03	282	13:40	200	12:55	154	11:33	71

CUADRO 79.- Movimiento del agua en los surcos en la Estación Experimental de "San Andrés No. 1".

Estación	Surco No. 1		Surco No. 2		Surco No. 3		Surco No. 4	
	Hora al llegar	Tiempo						
0 + 000	10:38	--	10:39	--	10:39	--	10:48	--
0 + 015	10:40	2	10:44	5	10:54	15	11:06	18
0 + 030	10:44	6	10:53	14	11:33	54	12:17	89
0 + 045	10:51	13	11:09	30	12:39	120	15:20	272
0 + 060	11:05	27	11:24	45	14:40	241	17:10	382 ⁽¹⁾
0 + 075	11:19	41	11:51	72	17:10	391	--	--
0 + 090	11:35	59	12:25	106	--	--	--	--
0 + 105	12:01	83	13:12	153	--	--	--	--
0 + 120	12:34	116	14:05	206	--	--	--	--
0 + 135	13:13	155	14:54	255	--	--	--	--

(1)- Este surco llegó hasta la estación 0 + 054.

CUADRO 80.- Determinación de la densidad aparente por el método del muestreador Willardson en la hacienda "San José".

Muestra No.	Peso Caja Vacía gr.	Peso Muestra Seca con Caja. gr.	Peso Muestra Seca. gr.	Volumen cm ³	Densidad Aparente. gr/cm ²
1	50.85	65.63	14.78	14.78	1.00
2	52.70	68.69	15.99	14.78	1.08
3	48.80	64.91	16.11	14.78	1.09
4	50.82	66.66	15.84	14.78	1.07
5	51.35	67.25	15.90	14.78	1.07
6	51.60	66.29	14.69	14.78	0.99
7	51.30	66.65	15.35	14.78	1.04
8	46.30	60.23	13.93	14.78	0.94
9	45.20	58.86	13.66	14.78	0.92
XV	50.90	65.16	14.26	14.78	0.96
XVI	55.20	69.74	14.54	14.78	0.98
XII	56.25	71.23	14.98	14.78	1.01
Promedios de densidad aparente para cada horizonte de este suelo					
	Profundidad cm.				
1-2-3	3 a 16 - - - - - 1.06				
4-5-6	30 a 45 - - - - - 1.04				
7-8-9	60 a 75 - - - - - 0.97				
XV-XVI-XII	100 a 110 - - - - - 0.98				

CUADRO 81.- Determinación de la densidad aparente por el método del muestreador Willardson en la hacienda "La Poza".

Muestra No.	Peso Caja Vacía gr.	Peso Muestra Seca con Caja. gr.	Peso Muestra Seca. gr.	Volumen cm ³	Densidad Aparente. gr/cm ²
1	46.30	60.90	14.60	14.78	0.98
2	46.10	62.30	16.20	14.78	1.09
3	45.20	61.50	16.30	14.78	1.10
4	46.10	61.40	15.30	14.78	1.03
5	45.90	60.85	14.95	14.78	1.01
6	45.90	62.20	16.30	14.78	1.10
7	46.00	60.80	14.80	14.78	1.00
8	46.20	61.20	15.00	14.78	1.01
9	45.50	60.30	14.80	14.78	1.00
10	44.40	58.55	14.15	14.78	0.96
11	45.60	61.90	16.30	14.78	1.10
12	46.00	62.50	16.50	14.78	1.12
13	45.50	60.70	15.20	14.78	1.03
14	46.90	61.80	14.90	14.78	1.01

Promedios de densidad aparente

Profundidad en cm.

1-2-3	3 a 18	1.06
4-5-6	30 a 48	1.05
7-8-9	75 a 90	1.00
10-11-12-13-14	125 a 135	1.04

CUADRO 82.- Determinación de la densidad aparente por el método del muestreador Willardson en la hacienda "Los Tempisques".

Muestra No.	Peso Caja Vacía gr.	Peso Muestra Seca con Caja. gr.	Peso Muestra Seca. gr.	Volumen cm ³	Densidad Aparente. gr/cm ²
15	45.90	63.90	18.00	14.78	1.22
16	45.90	62.50	16.60	14.78	1.12
17	46.10	64.10	18.00	14.78	1.22
18	45.70	62.75	17.05	14.78	1.15
19	45.50	60.70	15.20	14.78	1.03
20	45.70	63.35	17.65	14.78	1.19
21	45.70	60.40	14.70	14.78	0.99
22	46.40	63.85	17.45	14.78	1.18
23	45.70	60.60	14.90	14.78	1.01
24	45.70	60.60	14.90	14.78	1.01
25	45.70	60.60	14.90	14.78	1.01
26	44.30	58.70	14.40	14.78	0.97
Promedios de densidad aparente					
Profundidad en cm.					
15-16-17	7 a 24 - - - - -				1.19
18-19-20	45 a 40 - - - - -				1.12
21-22-23	47 a 59 - - - - -				1.06
24-25-26	80 a 95 - - - - -				1.00

CUADRO 83.- Determinación de la densidad aparente por el método del muestreador Willardson en la hacienda "El Naranjo".

Muestra No.	Peso Caja Vacía gr.	Peso Muestra Seca con Caja. gr.	Peso Muestra Seca gr.	Volumen cm ³	Densidad Aparente. gr/cm ²
27	45.50	64.40	18.90	14.78	1.28
28	46.50	64.60	18.10	14.78	1.22
29	46.20	65.30	19.10	14.78	1.29
30	46.50	62.70	16.20	14.78	1.09
31	46.50	65.00	18.50	14.78	1.25
32	46.10	61.30	15.20	14.78	1.03
33	46.40	63.80	17.40	14.78	1.18
34	45.70	62.10	16.40	14.78	1.11
35	46.50	63.50	17.00	14.78	1.15
36	45.60	59.60	14.00	14.78	0.95
37	45.40	60.50	15.10	14.78	1.02
38	45.20	62.50	17.30	14.78	1.17
39	46.10	64.00	17.90	14.78	1.21
40	65.60	62.55	16.95	14.78	1.15
41	46.10	62.60	16.50	14.78	1.12
Promedios de densidad aparente					
Profundidad en cm.					
27-28-29	3 a 14	-----			1.26
30-31-32	14 a 21	-----			1.12
33-34-35-	21 a 35	-----			1.15
36-37-38	60 a 75	-----			1.05
39-40-41	85 a 100	-----			1.16

CUADRO 84.- Determinación de la densidad aparente por el método del muestreador Willardson en la Estación Experimental de - "San Andrés No. 1".

Muestra No.	Peso Caja Vacía gr.	Peso Muestra Seca con Caja. gr.	Peso Muestra Seca. gr.	Volumen cm ³	Densidad Aparente. gr/cm ²
A	55.78	75.90	20.12	14.78	1.07
B	55.67	72.04	16.37	14.78	1.01
C	56.55	76.24	19.69	14.78	1.05
D	51.05	73.56	22.51	14.78	1.20
E	54.31	78.54	24.23	14.78	1.20
F	54.37	82.29	27.92	14.78	1.30
G	55.93	77.86	21.93	14.78	1.02
H	55.80	77.68	21.88	14.78	1.02
I	55.99	77.43	21.44	14.78	1.00
J	55.56	74.48	18.92	14.78	0.88
K	56.58	79.38	22.80	14.78	1.06
L	55.99	77.06	21.01	14.78	0.98
M	54.55	73.78	19.23	14.78	0.89
N	56.38	75.60	19.22	14.78	0.89
O	56.60	76.37	19.77	14.78	0.92
Promedios de densidad aparente					
Profundidad en cm.					
A-B-C	2 a 8 - - - - -				1.04
D-E-F	8 a 25 - - - - -				1.23
G-H-I	34 a 47 - - - - -				1.01
J-K-L	58 a 75 - - - - -				0.97
M-N-O	80 a 100 - - - - -				0.90

CUADRO 85.- Determinación de la densidad aparente por el método del cilindro medidor de volumen en la hacienda "San José".

Profundidad cm.	Peso Muestra Seca. gr.	Volumen de Muestra		Densidad Aparente gr/cm ³
		Pies ³	cm ³	
3 a 16	999.8	0.03090	874.9	1.14
30 a 45	934.6	0.03690	1044.9	0.89
60 a 75	1141.5	0.04100	1161.0	0.98

CUADRO 86.- Determinación de la densidad aparente por el método del cilindro medidor de volumen en la hacienda "La Poza".

Profundidad cm.	Peso Muestra Seca. gr.	Volumen de Muestra		Densidad Aparente gr/cm ³
		Pies ³	cm ³	
3 a 18	945.0	0.02910	824.0	1.15
30 a 48	1305.5	0.04160	1177.9	1.11
75 a 90	1266.7	0.04175	1182.2	1.07

CUADRO 87.- Determinación de la densidad aparente por el método del cilindro medidor de volumen en la hacienda "Los Tempisques".

Profundidad cm.	Peso Muestra Seca gr.	Volumen de Muestra		Densidad Aparente gr/cm ³
		Pies ³	cm ³	
7 a 24	1184.7	0.03500	991.1	1.19
25 a 40	1284.3	0.03955	1119.9	1.14
47 a 59	1307.5	0.04040	1144.0	1.14
80 a 95	1120.0	0.03995	1131.3	0.99

CUADRO 88.- Determinación de la densidad aparente por el método del cilindro medidor de volumen en la hacienda "El Naranjo".

Profundidad cm.	Peso Muestra Seca gr.	Volumen de Muestra		Densidad Aparente gr/cm ³
		Pies ³	cm ³	
3 a 14	961.35	0.02485	704.25	1.36
14 a 21	580.62	0.01753	496.80	1.17
21 a 35	1719.01	0.04675	1324.80	1.30
60 a 75	1541.32	0.04690	1329.17	1.16

CUADRO 89.- Determinación de la densidad aparente por el método del cilindro medidor de volumen en la Estación Experimental de "San -- Andrés No. 1".

Profundidad cm.	Peso Muestra Seca. gr.	Volumen de Muestra		Densidad Aparente gr/cm ³
		Pies ³	cm ³	
2 a 8	450.2	0.01345	380.8	1.18
8 a 25	1436.9	0.04010	1135.5	1.26
34 a 47	1178.0	0.03860	1093.0	1.08
58 a 75	1166.2	0.04395	1244.5	0.94
80 a 100	933.8	0.03650	1033.5	0.90

CUADRO 90.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "San José" a una tensión de 0.10 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
16	17.80	46.20	36.40	9.80	18.60	52.68
17	17.90	52.20	40.20	12.00	22.30	53.81
18	18.10	45.60	37.90	7.70	19.80	38.88
19	18.60	49.80	38.30	11.50	19.70	58.37
20	18.00	49.80	37.90	11.90	19.90	59.79
21	17.25	47.20	36.10	11.10	18.85	58.88
22	18.10	41.20	36.00	5.20	17.90	29.05
23	17.40	38.30	33.40	4.90	16.00	30.62
24	18.65	40.90	36.00	4.90	17.35	28.24
25	17.90	46.50	39.60	6.90	21.70	31.79
26	18.20	49.20	41.70	7.50	23.50	31.91
27	17.40	47.50	39.80	7.70	22.40	34.37
Promedios de humedad						
16-17-18						48.46
19-20-21						59.01
22-23-24						29.30
25-26-27						32.69

CUADRO 91.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "San José" a una tensión de 0.33 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
16	17.80	45.10	36.10	9.00	18.30	49.18
17	17.90	46.50	37.00	9.50	19.10	49.73
18	18.10	49.40	38.95	10.45	20.85	50.12
19	18.60	49.10	38.35	10.75	19.75	54.43
20	18.00	48.60	37.90	10.70	19.90	53.76
21	17.25	49.10	38.00	11.10	20.75	53.49
22	18.10	40.50	35.75	4.75	17.65	26.91
23	17.40	40.10	36.40	3.70	19.00	19.47
24	18.65	39.40	35.20	4.20	16.55	25.38
25	17.90	42.70	38.50	4.20	20.60	20.39
26	18.20	40.90	37.05	3.85	18.85	20.42
27	17.40	41.40	36.90	4.50	19.50	23.08
Promedios de humedad						
16-17-18						49.68
19-20-21						53.89
22-23-24						23.92
25-26-27						21.29

CUADRO 92.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "San José" a una tensión de 1.0 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
16	17.80	42.80	35.60	7.20	17.80	40.45
17	17.90	45.60	37.60	8.00	19.70	40.61
18	18.10	43.90	36.40	7.50	18.30	40.98
19	18.60	42.85	35.30	7.55	16.70	45.21
20	18.00	43.20	35.50	7.70	17.50	44.00
21	17.25	41.40	34.00	7.40	16.75	44.18
22	18.10	37.90	35.80	2.10	17.70	11.86
23	17.40	36.60	34.60	2.00	17.20	11.63
24	18.65	38.40	36.30	2.10	17.65	11.90
25	17.90	39.10	37.30	1.80	19.40	9.28
26	18.20	39.10	37.30	1.80	19.10	9.42
27	17.40	38.85	37.00	1.85	19.60	9.44
Promedios de humedad						
16-17-18						40.68
19-20-21						44.46
22-23-24						11.79
25-26-27						9.38

CUADRO 93.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "San José" a una tensión de 5.0 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
16	17.80	45.60	38.80	6.80	21.00	32.38
17	17.90	43.30	36.80	6.50	18.90	34.39
18	18.10	41.50	35.80	5.70	17.70	32.20
19	18.60	42.40	36.00	6.40	17.40	36.78
20	18.00	45.00	37.60	7.40	19.60	37.75
21	17.25	46.60	38.40	8.20	21.15	38.77
22	18.10	40.60	38.50	2.10	20.40	10.29
23	17.40	38.90	36.90	2.00	19.50	10.26
24	18.65	40.80	38.80	2.00	20.15	9.93
25	17.90	40.30	38.80	1.50	20.90	7.18
26	18.20	42.00	40.40	1.60	22.20	7.21
27	17.40	37.40	36.00	1.40	18.60	7.53
Promedios de humedad						
16-17-18						32.29
19-20-21						37.77
22-23-24						10.16
25-26-27						7.31

CUADRO 94.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "San José" a una tensión de 15.0 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
16	17.80	44.10	38.10	6.00	20.30	29.55
17	17.90	46.90	40.30	6.60	22.40	29.46
18	18.10	45.00	38.80	6.20	20.70	29.95
19	18.60	45.80	39.00	6.80	20.40	33.33
20	18.00	44.30	37.50	6.80	19.50	34.87
21	17.25	41.80	35.55	6.25	18.30	34.15
22	18.10	34.10	33.00	1.10	14.90	7.38
23	17.40	33.50	32.45	1.05	15.05	6.97
24	18.65	33.05	32.15	0.90	13.50	6.66
25	17.90	39.30	38.00	1.30	20.10	6.46
26	18.20	40.90	39.50	1.40	21.30	6.57
27	17.40	39.40	38.10	1.30	20.70	6.28
Promedios de humedad						
16-17-18						29.65
19-20-21						34.12
22-23-24						7.00
25-26-27						6.44

CUADRO 95.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "La Poza" a una tensión de 0.10 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
28	17.70	50.50	41.50	9.00	23.80	37.81
29	18.60	51.60	42.10	9.50	23.50	40.42
30	17.90	47.60	39.20	8.40	21.30	39.44
31	17.70	43.90	37.30	6.60	19.60	33.67
32	17.60	46.80	39.10	7.70	21.50	35.81
33	17.90	45.20	38.10	7.10	20.20	35.15
1	18.75	50.40	41.90	8.50	23.15	36.72
2	17.70	47.10	39.10	8.00	21.40	37.38
3	18.55	46.70	39.00	7.70	20.45	37.65
4	17.60	46.70	38.80	7.90	21.20	37.26
5	17.60	46.70	38.90	7.80	21.30	36.62
6	17.50	46.40	38.40	8.00	20.90	38.28
Promedios de humedad						
28-29-30						39.22
31-32-33						34.88
1-2-3						37.25
4-5-6						37.38

CUADRO 96.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "La Poza" a una tensión de 0.33 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
28	17.70	46.50	38.90	7.60	21.20	35.85
29	18.60	46.80	39.40	7.40	20.80	35.58
30	17.90	46.00	38.60	7.40	20.70	35.75
31	17.70	43.90	37.50	6.40	19.80	32.32
32	17.60	44.00	37.70	6.30	20.10	31.34
33	17.90	43.70	37.40	6.30	19.50	32.31
1	18.75	46.10	39.50	6.60	20.75	31.81
2	17.70	45.20	38.60	6.60	20.90	31.58
3	18.55	44.80	38.40	6.40	19.85	32.24
4	17.60	43.00	36.90	6.10	19.30	31.61
5	17.60	44.00	37.60	6.40	20.00	32.00
6	17.50	41.80	36.00	5.80	18.50	31.35
Promedios de humedad						
28-29-30						35.73
31-32-33						31.99
1-2-3						31.84
4-5-6						31.65

CUADRO 97.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "La Poza" a una tensión de 1.0 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
28	17.70	43.55	37.85	5.70	20.15	28.29
29	18.60	43.30	37.70	5.60	19.10	29.32
30	17.90	42.40	36.90	5.50	19.00	28.95
31	17.70	41.60	36.70	4.90	19.00	25.79
32	17.60	40.40	35.75	4.65	18.15	25.62
33	17.90	40.60	35.95	4.65	18.05	25.76
1	18.75	42.85	37.70	5.15	18.95	27.17
2	17.70	38.70	34.20	4.50	16.50	27.27
3	18.55	40.25	35.60	4.65	17.05	27.27
4	17.60	40.70	35.80	4.90	18.20	26.92
5	17.60	40.40	35.60	4.80	18.00	26.67
6	17.50	39.30	34.70	4.60	17.20	26.74
Promedios de humedad						
28-29-30						28.85
31-32-33						25.72
1-2-3						27.24
4-5-6						26.78

CUADRO 98.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "La Poza" a una presión de 5.0 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
28	17.70	45.70	40.70	5.00	23.00	21.74
29	18.60	44.70	40.00	4.70	21.40	21.96
30	17.90	45.30	40.30	5.00	22.40	22.32
31	17.70	44.00	39.40	4.60	21.70	21.20
32	17.60	44.00	39.50	4.50	21.90	20.55
33	17.90	46.40	41.40	5.00	23.50	21.28
1	18.75	45.10	40.10	5.00	21.35	23.41
2	17.70	41.80	37.30	4.50	19.60	22.96
3	18.55	44.35	39.50	4.85	20.95	23.15
4	17.60	43.60	38.85	4.75	21.25	22.35
5	17.60	43.95	39.10	4.85	21.50	22.56
6	17.50	44.15	39.20	4.95	21.70	22.81
Promedios de humedad						
28-29-30						22.01
31-32-33						21.01
1-2-3						23.17
4-5-6						22.57

CUADRO 99.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "La Poza" a una tensión de 15.0 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
28	17.70	43.60	39.80	3.80	22.10	17.19
29	18.60	42.70	39.20	3.50	20.60	16.99
30	17.90	44.05	40.20	3.85	22.30	17.26
31	17.70	42.70	38.75	3.95	21.05	18.76
32	17.60	43.30	39.20	4.10	21.60	18.98
33	17.90	41.40	37.70	3.70	19.80	18.68
1	18.75	43.30	39.20	4.10	20.45	20.04
2	17.70	43.70	39.40	4.30	21.70	19.81
3	18.55	43.90	39.65	4.25	21.10	20.14
4	17.60	43.50	39.30	4.20	21.70	19.35
5	17.60	41.90	37.95	3.95	20.35	19.41
6	17.50	44.50	40.15	4.35	22.65	19.20
Promedios de humedad						
28-29-30						17.14
31-32-33						18.80
1-2-3						19.99
4-5-6						19.32

CUADRO 100.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "Los Tempisques" a una tensión de 0.10 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
7	17.40	46.90	38.50	8.40	21.10	39.81
8	17.75	45.90	37.70	8.20	19.95	41.10
9	17.90	45.70	37.80	7.90	19.90	39.69
10	18.30	43.60	36.60	7.00	18.30	38.25
11	18.20	45.40	37.90	7.50	19.70	38.07
12	17.70	45.20	37.60	7.60	19.90	38.19
13	17.80	51.90	42.00	9.90	24.20	40.90
14	18.10	49.50	40.04	9.46	21.94	43.11
15	18.00	51.00	41.60	9.40	23.60	39.83
16	17.80	54.60	39.90	14.70	22.10	66.51
17	17.90	52.60	38.90	13.70	21.00	65.23
18	18.10	51.10	38.00	13.10	19.90	65.82
Promedios de humedad						
7-8-9						40.20
10-11-12						38.17
13-14-15						41.28
16-17-18						65.85

CUADRO 101.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "Los Tempisques" a una tensión 0.33 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
7	17.40	44.70	37.95	6.75	20.55	32.85
8	17.75	41.45	35.70	5.75	17.95	32.03
9	17.90	45.10	38.60	6.50	20.70	31.40
10	18.30	44.20	38.30	5.90	20.00	29.50
11	18.20	43.00	37.25	5.75	19.05	30.18
12	17.70	43.20	37.20	6.00	19.50	30.77
13	17.80	47.50	39.50	8.00	21.70	36.86
14	18.10	44.30	37.30	7.00	19.20	36.46
15	18.00	49.60	41.40	8.20	23.40	35.04
16	17.80	50.70	38.70	12.00	20.90	57.41
17	17.90	47.40	36.60	10.80	18.70	57.75
18	18.10	51.85	39.50	12.35	21.40	57.71
Promedios de humedad						
7-8-9						32.09
10-11-12						30.15
13-14-15						36.12
16-17-18						57.62

CUADRO 102.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "Los Tempisques" a una tensión de 1.0 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
7	17.40	40.95	36.10	4.85	18.70	25.93
8	17.75	41.00	36.20	4.80	18.45	26.02
9	17.90	40.25	35.65	4.60	17.75	25.91
10	18.30	39.35	35.30	4.05	17.00	23.82
11	18.20	40.80	36.50	4.30	18.30	23.50
12	17.70	38.60	34.60	4.00	16.90	23.67
13	17.80	43.05	37.75	5.30	19.95	26.57
14	18.10	44.55	39.00	5.55	20.90	26.55
15	18.00	45.55	39.75	5.80	21.75	26.67
16	17.80	49.40	39.20	10.20	21.40	47.66
17	17.90	46.10	37.00	9.10	19.10	47.64
18	18.10	46.10	37.10	9.00	19.00	47.37
Promedios de humedad						
7-8-9						25.95
10-11-12						23.66
13-14-15						26.59
16-17-18						47.56

CUADRO 103.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "Los Tempisques" a una tensión de 5.0 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
7	17.40	43.50	39.00	4.50	21.60	20.83
8	17.75	42.50	38.35	4.15	20.60	20.14
9	17.90	44.60	39.90	4.70	22.00	21.36
10	18.30	41.95	38.30	3.65	20.00	18.25
11	18.20	38.60	35.45	3.15	17.25	18.26
12	17.70	41.30	37.65	3.65	19.95	18.29
13	17.80	46.75	41.70	5.05	23.90	21.13
14	18.10	44.20	39.60	4.60	21.50	21.39
15	18.00	44.40	39.90	4.50	21.90	20.55
16	17.80	51.15	40.35	10.80	22.55	47.89
17	17.90	50.10	40.15	9.95	22.25	44.72
18	18.10	50.50	40.40	10.10	22.30	45.29
Promedios de humedad						
7-8-9						20.78
10-11-12						18.27
13-14-15						21.02
16-17-18						45.27

CUADRO 104.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "Los Tempisques" a una tensión de 15.0 at mósfera.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca- con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
7	17.40	41.20	37.80	3.40	20.40	16.66
8	17.75	41.80	38.30	3.50	20.55	17.03
9	17.90	41.90	38.40	3.50	20.50	17.07
10	18.30	43.30	39.90	3.40	21.60	15.74
11	18.20	40.80	37.75	3.05	19.55	15.60
12	17.70	42.60	39.20	3.40	21.50	15.81
13	17.80	46.80	42.25	4.55	24.45	18.60
14	18.10	45.10	40.80	4.30	22.70	18.94
15	18.00	42.40	38.50	3.90	20.50	19.02
16	17.80	48.30	39.00	9.30	21.20	43.86
17	17.90	48.80	39.20	9.60	21.30	45.07
18	18.10	47.70	38.40	9.30	20.30	45.81
Promedios de humedad						
7-8-9						16.92
10-11-12						15.72
13-14-15						18.85
16-17-18						44.91

CUADRO 105.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "El Naranjo" a una tensión de 0.10 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
19	18.60	50.40	43.80	6.60	25.20	26.19
20	18.00	48.00	41.80	6.20	23.80	26.05
21	17.25	48.10	41.70	6.40	24.45	26.17
22	18.10	46.70	41.40	4.30	23.30	18.45
23	17.40	43.10	38.30	4.80	20.90	22.96
24	18.65	47.30	41.90	5.40	23.25	23.22
25	17.90	47.00	41.70	5.30	23.80	22.26
26	18.20	50.90	45.00	5.90	26.80	22.01
27	17.40	47.40	42.00	5.40	24.60	21.95
28	17.70	44.50	37.30	7.20	19.60	36.73
29	18.60	46.50	39.10	7.40	20.50	36.09
30	17.90	44.30	37.30	7.00	19.40	36.08
31	17.70	46.40	38.50	7.90	20.80	37.98
32	17.60	49.30	40.70	8.60	23.10	37.22
33	17.90	47.10	39.00	8.10	21.10	38.38
Promedios de humedad						
19-20-21						26.13
22-23-24						21.54
25-26-27						22.07
28-29-30						36.30
31-32-33						37.86

CUADRO 106.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "El Naranjo" a una tensión de 0.33 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %	
19	18.60	43.20	38.10	5.10	19.50	26.15	
20	18.00	46.75	41.25	5.50	23.35	23.65	
21	17.25	43.00	38.00	5.00	20.75	24.09	
22	18.10	41.10	37.10	4.00	19.00	21.05	
23	17.40	44.75	40.20	4.55	22.80	19.95	
24	18.65	41.80	37.90	3.90	19.25	20.26	
25	17.90	44.10	39.50	4.60	21.60	21.29	
26	18.20	41.25	37.10	4.15	18.90	21.96	
27	17.40	43.30	38.80	4.50	21.40	21.03	
28	17.70	42.65	36.60	6.05	18.90	32.01	
29	18.60	45.10	38.90	6.20	20.30	30.54	
30	17.90	42.50	36.70	5.88	18.80	30.85	
31	17.70	45.30	38.75	6.55	21.05	31.11	
32	17.60	43.60	37.40	6.20	19.80	31.31	
33	17.90	46.55	39.85	6.70	21.95	30.52	
			Promedios de humedad				
19-20-21						24.63	
22-23-24						20.42	
25-26-27						21.42	
28-29-30						31.13	
31-32-33						30.98	

CUADRO 107.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "El Naranjo" a una tensión de 1.0 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
19	18.60	44.00	40.50	3.50	21.90	15.98
20	18.00	43.50	40.05	3.45	22.05	15.65
21	17.25	41.80	38.45	3.35	21.20	15.80
22	18.10	41.10	38.15	2.95	20.05	14.71
23	17.40	40.80	37.80	3.00	20.40	14.70
24	18.65	42.75	39.60	3.15	20.95	15.03
25	17.90	43.35	40.15	3.20	22.25	14.38
26	18.20	42.90	39.80	3.10	21.60	14.35
27	17.40	41.00	38.00	3.00	20.60	14.56
28	17.70	40.95	37.00	3.95	19.30	20.47
29	18.60	39.85	36.20	3.65	17.60	20.74
30	17.90	39.25	35.65	3.60	17.75	20.28
31	17.70	40.75	36.80	3.95	19.10	20.68
32	17.60	41.60	37.45	4.15	19.85	20.91
33	17.90	40.40	36.60	3.80	18.70	20.32
Promedios de humedad						
19-20-21						15.81
22-23-24						14.81
25-26-27						14.43
28-29-30						20.49
31-32-33						20.64

CUADRO 108.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "El Naranjo" a una tensión de 5.0 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
19	18.60	44.05	41.30	2.75	22.70	12.11
20	18.00	44.80	41.85	2.95	23.85	12.37
21	17.25	44.35	41.40	2.95	24.15	12.21
22	18.10	40.65	38.30	2.35	20.20	11.63
23	17.40	42.60	40.00	2.60	22.60	11.50
24	18.65	40.05	37.80	2.25	19.15	11.75
25	17.90	40.60	38.25	2.35	20.35	11.55
26	18.20	41.60	39.10	2.50	20.90	11.96
27	17.40	39.50	37.15	2.35	19.35	11.90
28	17.70	39.00	36.10	2.90	28.40	15.76
29	18.60	39.35	36.50	2.85	17.90	15.92
30	17.90	38.70	35.90	2.80	18.00	15.55
31	17.70	41.10	37.90	3.20	20.20	15.84
32	17.60	40.55	37.50	3.05	19.90	15.33
33	17.90	40.55	37.50	3.05	19.60	15.56
Promedios de humedad						
19-20-21						12.23
22-23-24						11.63
25-26-27						11.80
28-29-30						15.74
31-32-33						15.58

CUADRO 109.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la hacienda "El Naranjo" a una tensión de 15.0 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía	Peso Mues- tra Seca - con Caja	Peso Mues- tra Seca - con Caja	Hume- dad	Peso Mues- tra Seca	Humedad
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%
19	18.60	45.10	42.70	2.40	24.10	9.96
20	18.00	45.30	42.80	2.50	24.80	10.10
21	17.25	44.40	42.00	2.40	24.75	9.69
22	18.10	43.40	41.15	2.25	22.95	9.80
23	17.40	43.00	40.75	2.25	23.35	9.63
24	18.65	40.30	38.45	1.85	19.80	9.34
25	17.90	41.40	39.25	2.15	21.35	10.07
26	18.20	44.10	41.80	2.30	23.60	9.74
27	17.40	43.50	41.10	2.40	23.70	10.12
28	17.70	38.90	36.30	2.60	18.60	13.97
29	18.60	37.30	35.00	2.30	16.40	14.02
30	17.90	38.60	36.10	2.50	18.20	13.73
31	17.70	41.30	38.55	2.75	20.85	13.18
32	17.60	39.90	37.25	2.65	19.65	13.48
33	17.90	43.30	40.30	3.00	22.40	13.39
Promedios de humedad						
19-20-21						9.92
22-23-24						9.59
25-26-27						9.96
28-29-30						13.91
31-32-33						13.35

CUADRO 110.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" a una tensión de 0.10 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
1	18.75	51.60	44.50	7.10	25.75	27.57
2	17.70	48.10	41.50	6.60	23.80	27.73
3	18.55	49.70	43.20	6.50	24.65	26.37
4	17.60	49.00	41.60	7.40	24.00	30.83
5	17.60	45.90	39.30	6.60	21.70	30.41
6	17.50	50.20	42.90	7.30	25.40	28.74
7	17.40	47.10	38.90	8.20	21.50	38.14
8	17.75	49.30	40.30	9.00	22.55	39.91
9	17.90	46.00	38.30	7.70	20.40	37.74
10	18.30	46.40	38.00	8.40	19.70	42.64
11	18.20	44.80	36.90	7.90	18.70	42.24
12	17.70	45.90	37.60	8.30	19.90	41.71
13	17.80	49.50	39.80	9.70	22.00	44.09
14	18.10	46.10	37.50	8.60	19.40	44.33
15	18.00	47.30	38.40	8.90	20.40	43.63
Promedios de humedad						
1-2-3						27.22
4-5-6						29.99
7-8-9						38.59
10-11-12						42.20
13-14-15						44.02

CUADRO 111.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" a una tensión de 0.33 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
1	18.75	47.80	42.30	5.50	23.55	23.35
2	17.70	44.50	39.30	5.20	21.60	24.07
3	18.55	44.50	39.50	5.00	20.95	23.86
4	17.60	45.90	40.10	5.80	22.50	25.77
5	17.60	44.40	38.75	5.65	21.15	26.71
6	17.50	43.60	38.20	5.40	20.70	26.08
7	17.40	42.60	36.00	6.60	18.60	35.48
8	17.75	45.30	38.00	7.70	20.25	36.05
9	17.90	45.80	38.50	7.30	20.60	35.44
10	18.30	44.90	37.45	7.45	19.15	38.90
11	18.20	43.30	36.00	7.30	17.80	41.01
12	17.70	44.50	36.90	7.60	19.20	39.58
13	17.80	44.90	36.70	8.20	18.90	43.39
14	18.10	45.80	37.55	8.25	19.45	42.42
15	18.00	44.20	36.30	7.90	18.30	43.17
Promedios de humedad						
1-2-3						23.76
4-5-6						26.19
7-8-9						35.66
10-11-12						39.63
13-14-15						42.99

CUADRO 112.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" a una tensión de 1.0 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
1	18.75	45.70	41.50	4.20	22.75	18.46
2	17.70	43.85	39.70	4.15	22.00	18.86
3	18.55	43.10	39.10	4.00	20.55	19.46
4	17.60	41.90	37.80	4.10	20.20	20.30
5	17.60	41.35	37.25	4.10	19.65	20.86
6	17.50	42.80	38.45	4.35	20.95	20.76
7	17.40	38.20	33.75	4.45	16.35	27.22
8	17.75	40.40	35.50	4.90	17.75	27.61
9	17.90	41.40	36.20	5.20	18.30	28.41
10	18.30	40.90	35.80	5.10	17.50	29.14
11	18.20	38.80	34.20	4.60	16.00	28.75
12	17.70	37.25	32.85	4.40	15.15	29.04
13	17.80	40.00	35.10	4.90	17.30	28.32
14	18.10	39.60	34.80	4.80	16.70	28.74
15	18.00	40.90	35.80	5.10	17.80	28.65
Promedios de humedad						
1-2-3						18.93
4-5-6						20.64
7-8-9						27.75
10-11-12						28.98
13-14-15						28.57

CUADRO 113.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" a una tensión de 5.0 atmósfera.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %
1	18.75	45.10	42.20	2.90	23.45	12.37
2	17.70	41.70	39.00	2.70	21.30	12.68
3	18.55	41.60	39.00	2.60	20.45	12.71
4	17.60	41.50	38.60	2.90	21.00	13.81
5	17.60	42.60	39.50	3.10	21.90	14.15
6	17.50	42.40	39.40	3.00	21.90	13.70
7	17.40	40.40	36.70	3.70	19.30	19.17
8	17.75	39.20	35.80	3.40	18.05	18.84
9	17.90	39.90	36.40	3.50	18.50	18.92
10	18.30	38.90	35.40	3.50	17.10	20.47
11	18.20	38.60	35.20	3.40	17.00	20.00
12	17.70	40.20	36.50	3.70	18.80	19.68
13	17.80	40.30	36.60	3.70	18.80	19.68
14	18.10	41.80	37.90	3.90	19.80	19.70
15	18.00	39.90	36.30	3.60	18.30	19.67
Promedios de humedad						
1-2-3						12.59
4-5-6						13.88
7-8-9						18.98
10-11-12						20.05
13-14-15						19.68

CUADRO 114.- Determinación del porcentaje de humedad retenido por los suelos de la Estación Experimental de "San Andrés No. 1" a una tensión de 15.0 atmósferas.

Mues- tra No.	Peso Ca- ja Vacía gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Peso Mues- tra Seca - con Caja gr.	Hume- dad gr.	Peso Mues- tra Seca gr.	Humedad %	
1	18.75	44.50	42.30	2.20	23.55	9.34	
2	17.70	38.00	36.20	1.80	18.50	9.73	
3	18.55	42.20	40.10	2.10	21.55	9.74	
4	17.60	40.50	38.38	2.20	20.70	10.63	
5	17.60	41.40	39.00	2.40	21.40	10.57	
6	17.50	42.60	40.20	2.40	22.70	10.57	
7	17.40	40.20	37.25	2.95	19.85	14.86	
8	17.75	40.20	37.20	3.00	19.45	15.42	
9	17.90	39.60	36.65	2.95	18.75	15.73	
10	18.30	39.65	36.80	2.85	18.50	15.40	
11	18.20	37.90	35.20	2.70	17.00	15.88	
12	17.70	38.90	36.00	2.90	18.30	15.85	
13	17.80	40.30	37.30	3.00	19.50	15.38	
14	18.10	39.00	36.20	2.80	18.10	15.47	
15	18.00	41.15	38.00	3.15	20.00	15.75	
			Promedios de humedad				
1-2-3						9.60	
4-5-6						10.80	
7-8-9						15.33	
10-11-12						15.71	
13-14-15						15.53	

CUADRO 115.- Uso consuntivo del maíz en la zona costera (Santa Cruz Porrillo).

Mes o Período	Punto Medio del período	Días acumulados al punto medio.	Porcentaje del ciclo vegetativo %	Temperatura promedio. t °C.	Horas luz p %	Factor de uso consuntivo f	Coefficiente climático k _t	Coefficiente de crecimiento k _c
Nov. 15	--	--	--	--	--	--	--	--
	Nov. 22	8	6.7	25.9	3.93	78.5	1.046	0.47
Dic.	--	--	--	--	--	--	--	--
	Dic. 15	30	25	25.8	7.77	154.8	1.044	0.56
Enero	--	--	--	--	--	--	--	--
	En. 15	61	51	26.1	7.83	157.1	1.053	0.92
Feb.	--	--	--	--	--	--	--	--
	Feb. 14	91	76	26.4	8.03	162.1	1.061	0.91
Marzo	--	--	--	--	--	--	--	--
	Marz. 8	112	93	27.2	4.10	84.3	1.087	0.79
Mar. 15	--	--	--	--	--	--	--	--

$$F = f = 636.8$$

$$K = \frac{U}{F} = \frac{510.4}{636.8}$$

CUADRO 116.- Uso consuntivo del maíz en la zona de valles intermedios (San Andrés)

Mes Perío do	Punto Medio del - perío do	Días acu- mulados - al punto medio	Porcen taje - del ci clo ve getati vo %	Tempe ratur a pro medio. t °C	Horas luz p %	Factor de uso consun tivo f	Coefi ciente climá- tico k _t	Coefi ciente de cr cimie to k _c
Nov.15	--	--	--	--	--	--	--	--
	Nov.22	8	6.7	22.5	3.93	72.36	0.940	0.47
Dic.	--	--	--	--	--	--	--	--
	Dic.15	30	25	22.4	7.77	142.70	0.938	0.63
Enero	--	--	--	--	--	--	--	--
	En. 15	61	51	22.7	7.83	144.90	0.947	1.05
Feb.	--	--	--	--	--	--	--	--
	Feb.14	91	76	23.5	8.03	151.50	0.971	1.03
Marzo	--	--	--	--	--	--	--	--
	Marz.8	112	93	24.4	4.10	79.10	0.998	0.90

$$F = f = 590.56$$

$$K = \frac{U}{F} = \frac{482}{590.56}$$