

EVALUACION DE LA EFICIENCIA Y UNIFORMIDAD  
DEL RIEGO DE PRESIEMBRA EN MELGAS  
EN LA REGION LAGUNERA (COAH. DGO).

ERNESTO LUNA DAVILA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
ESPECIALIDAD DE RIEGO Y DRENAJE



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

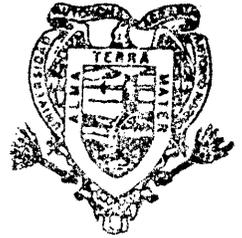
PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

NOVIEMBRE DE 1987.

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD  
DE RIEGO Y DRENAJE



BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONATO  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.A.N.

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:

Dr. Juan Francisco Pissani Zúñiga

Asesor:

Ing. M.C. Alejandro Zermeño González

Asesor:

Ing. M.C. Gregorio Briones Sánchez

Asesor:

Ing. M.C. Julio Antonio Méndez Berlanga

Dr. Eleuterio López Pérez

Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coah., Noviembre 1987

## AGRADECIMIENTOS

Al DR. JUAN FRANCISCO PISSANI ZUÑIGA, Maestro y amigo por su asesoramiento continuo y apoyo constante en la dirección del presente trabajo.

A los INGENIEROS M.C. ALEJANDRO ZERMEÑO GONZALEZ, GREGORIO BRIONES SANCHEZ y JULIO ANTONIO MENDEZ BERLANGA, por su interés y útiles sugerencias en la elaboración y revisión de este trabajo.

A los Estudiantes JORGE ALBERTO MONTELONGO y SERGIO M. SANCHEZ GOMEZ, por su apoyo y constancia durante la planeación y conducción del estudio.

Al compañero ejidatario ALBERTO RANGEL RODRIGUEZ, por las facilidades, confianza y apoyo brindado.

A la Srita. CARMEN ZAMORA CORVERA y a mi Sobrina HILDA MINERVA MARTINEZ VALDES, por su paciencia y dedicación en los trabajos de mecanografía.

## DEDICATORIA

### A MI MADRE:

María de la Luz, a quien debo lo que soy.

### A MIS HERMANOS:

Minerva, Irma, Jesús, Blanca, Rosa, Manuel, David y Emilio, de quienes he tomado ejemplo a seguir y me enorgullecen.

### A MIS AMIGOS DE SIEMPRE

... Por la confianza que me han brindado.

COMPENDIO

Evaluación de la eficiencia y uniformidad del riego de presiembra en melgas en la Región Lagunera (Coah. - Dgo.).

POR

ERNESTO LUNA DAVILA

MAESTRIA

RIEGO Y DRENAJE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE 1987.

Dr. Juan Fco. Pissani Zúñiga. - Asesor -

Palabras claves: Riego, presiembra, eficiencia, melgas, Región Lagunera.

El presente trabajo se realizó en lotes de Agricultores cooperantes de la Región Lagunera (Coah. - Dgo.).

Los objetivos planteados en este experimento fueron los de evaluar el efecto del gasto y oportunidad del corte

del agua sobre la eficiencia de aplicación, almacenamiento y uniformidad del riego de presiembra en melgas bajo las condiciones predominantes de suelo y topografía de la Región Lagunera; Ajustar los datos obtenidos a un modelo matemático que permita estimar el avance y recesión del riego en melgas y - por otra parte diseñar tablas y/o nomogramas que sean de fácil manejo y aplicabilidad por parte de los agricultores de la región.

En el presente trabajo se observaron los siguientes resultados:

Al realizar el análisis de varianza (ANVA) hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para el caso de tiempo de avance estimado, tiempo de aplicación - del riego y volumen de agua aplicado; no resultando de esta manera para las variables de lámina de riego aplicada medida, coeficiente de distribución; eficiencia de aplicación y almacenamiento para cualquier nivel de referencia de profundidad de suelo establecido.

ABSTRACT

Evaluating of Efficiency and Uniformity of the Preseed Irrigation on Border System in Lagunera Region (Coah-Dgo, México).

BY

ERNESTO LUNA DAVILA

MASTER

IRRIGATION AND DRAINAGE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVEMBER 1987

Dr. Juan Fco. Pissani Zúñiga - Advisor -

Key words: Irrigation, preseed, efficiency, borders system, Lagunera Region.

This study was conducted in two farms of the Lagunera Region one localized in Coahuila and the other in Durango.

The experimental work was focussed to attach following objectives: 1) To evaluate the effect of water flow and cut off opportunity over application efficiency, storage and uniformity of preseed irrigation applied on border system under representative conditions of soil and topography of Lagunera Region. 2) To adjust data to a mathematical model to forecast the advance of water table over border system surface and the

recession after cut off time. 3) To design some tables and/or nomographs to ease the application of results by the farmers in the region.

The statistical variance analysis obtained data, showed significant difference for advance time, cut off ti me and applied water volume among treatments (several water flows combined with cut off opportunities), no resulting so for water depth with holded by the soil, uniformity coefficient, application efficiency and water storaged along the border in anyone soil depths between 30 to 90 cm.

## INDICE DE CONTENIDO

Página

INDICE DE CUADROS.....	
INDICE DE FIGURAS.....	
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE.....	
INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE.....	
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	5
EFICIENCIA DE RIEGO.....	5
EVALUACIONES DE RIEGO.....	9
DISEÑO DE RIEGO.....	10
TRABAJOS REALIZADOS EN REGION LAGUNERA.....	15
MATERIALES Y METODOS.....	19
LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.....	19
CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES ...	19
TRATAMIENTOS PROBADOS.....	21
DISEÑO ESTADISTICO.....	22
TRANSFORMACIONES.....	22
DESARROLLO DEL TRABAJO.....	24
A. PLANEACION.....	24
B. RECONOCIMIENTO Y CARACTERIZACION.....	25
C. EJECUCION.....	27
ANALISIS DE LA INFORMACION OBTENIDA DE CAMPO.....	28

	Página
RESULTADOS Y DISCUSION.....	36
TIEMPO DE AVANCE ESTIMADO.....	36
TIEMPO DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO A CADA MELGA.....	39
LAMINA DE RIEGO APLICADA ESTIMADA.....	40
VOLUMEN DE AGUA APLICADA A CADA MELGA.....	44
LAMINA DE RIEGO APLICADA MEDIDA.....	46
COEFICIENTE DE DISTRIBUCION.....	50
EFICIENCIA DE REQUERIMIENTOS.....	53
EFICIENCIA DE APLICACION.....	56
ALTURA DE PLANTA.....	59
PORCIENTO DE EMERGENCIA.....	59
DISCUSION SOBRE LAS MEDIDAS DE RESULTADOS .....	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
RESUMEN.....	72
LITERATURA CITADA.....	73
APENDICE DE CUADROS.....	76
APENDICE DE FIGURAS.....	115

## INDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO 1. TRATAMIENTOS RESULTANTES DE LA COMBINACION DE GASTO UNITARIO ( $q$ ) Y DE LA OPORTUNIDAD DE CORTE DEL AGUA DE RIEGO ( $T_c$ ) .....	21
CUADRO 2. PENDIENTE LONGITUDINAL PROMEDIO EN PORCIENTO PARA CADA MELGA EXPERIMENTAL.....	26
CUADRO 3. MODELO DE PREDICCION DE LA FUNCION DE AVANCE DE LA FORMA $x = pt^r$ PARA CADA MELGA EXPERIMENTAL.....	32
CUADRO 4. TIEMPO DE AVANCE OBSERVADO EN MINUTOS PARA CADA ESTACION DE OBSERVACION Y MELGA EXPERIMENTAL.....	37
CUADRO 5. TIEMPO DE AVANCE ESTIMADO EN MINUTOS PARA CADA EXTACION DE OBSERVACION Y MELGA EXPERIMENTAL.....	38
CUADRO 6. LAMINAS DE RIEGO MEDIDAS PROMEDIO (cm) HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 150 cm PARA CADA ESTACION DE OBSERVACION, EN FUNCION DEL TIPO DE TRATAMIENTO.....	48
CUADRO 7. LAMINAS DE RIEGO APLICADAS MEDIDAS (cm) HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 150 cm, PARA CADA ESTACION DE OBSERVACION Y MELGA EXPERIMENTAL EN FUNCION DEL TIPO DE TRATAMIENTO....	52
CUADRO 8. CONCENTRACION DE RESULTADOS. VALORES MEDIDOS OBTENIDOS DE CADA VARIABLE EN ESTUDIO EN FUNCION DEL TRATAMIENTO.....	61

CUADRO 9. GASTO RECOMENDADO EN LITROS POR SEGUNDO EN  
FUNCION DE LONGITUD Y ANCHO DE MELGA PARA  
LAS CONDICIONES DE LA REGION LAGUNERA (SUE  
LO MIGAJON ARCILLOSO Y PENDIENTES ENTRE 0  
Y 0.1 %).....

## INDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. LOCALIZACION DE LA REGION LAGUNERA.....	20
FIGURA 2. CROQUIS DE LA DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS EN EL CAMPO.....	23
FIGURA 3. FUNCIONES DE AVANCE ESTIMADAS PARA CADA GASTO UNITARIO APLICADO PARA UN DISEÑO DE BLOQUE AL AZAR CON ARREGLO FACTORIAL 3 x 9 CON 6 REPETICIONES.....	31
FIGURA 4. COMPARACION GRAFICA DE LAMINAS MEDIAS ESTI MADAS EN FUNCION DEL TIPO DE TRATAMIENTO..	43
FIGURA 5. COMPARACION GRAFICA DE LA MINA PROMEDIO ME DIDA EN FUNCION DEL TIPO DE TRATAMIENTO...	47
FIGURA 6. COMPARACION GRAFICA DE LA MINAS MEDIDAS PROMEDIO EN FUNCION DEL TIPO DE TRATAMIEN TO Y ESTACION DE OBSERVACION.....	51
FIGURA 7. LAMINA PROMEDIO ALMACENADA EN EL ESTRATO 0-30 cm DE PROFUNDIDAD Y POR CIENTO DE EMERGENCIA PARA CADA TRATAMIENTO EVALUADO..	65

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

	Página
CUADRO 1A. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL EJIDO "PURISIMA".....	77
CUADRO 2A. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL "PRONAPA".....	77
CUADRO 3A. PERFIL DE UN POZO TIPICO DE LA SERIE "COYOTE". (TIPO MIGAJON ARCILLOSO COYOTE)..	78
CUADRO 4A. MATERIAL REQUERIDO PARA LA REALIZACION DE LAS PRUEBAS DE CAMPO.....	79
CUADRO 5A. REGISTRO DIARIO DE DATOS DE EVAPORACION Y PRECIPITACION PARA LA ESTACION DEL CAMPO EXPERIMENTAL "PRONAPA".....	80
CUADRO 6A. CORRIENTE UNITARIA (POR CADA 100 mxm DE MELGA), EN LITROS POR SEGUNDO DE ACUERDO AL CRITERIO DE CRIDDLE, <u>ET AL.</u> 1956....	81
CUADRO 7A. LAMINA DE RIEGO REQUERIDA (cm) HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 90 cm.....	82
CUADRO 8A. TIEMPO DE OPORTUNIDAD DESEADA PARA QUE SE INFILTRE LA LAMINA REQUERIDA.....	83
CUADRO 9A. COMPARACION ENTRE EL TIEMPO (min) REQUERIDO DE ACUERDO A CRIDDLE Y EL TIEMPO (min) REAL OBSERVADO PARA QUE EL AGUA ALCANCE EL FINAL DE CADA MELGA.....	84

CUADRO 10A.	TIEMPO DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO A CADA MELGA EXPERIMENTAL.....	85
CUADRO 11A.	TIEMPO DE AVANCE ESTIMADO (min) PARA UN DISEÑO EN BLOQUES AL AZAR CON ARREGLO FACTORIAL 3x9 CON SEIS REPETICIONES.....	86
CUADRO 12A.	ANALISIS DE VARIANZA DEL TIEMPO DE AVANCE ESTIMADO (min) PARA UN DISEÑO EN BLOQUES AL AZAR CON ARREGLO FACTORIAL 3x9 CON SEIS REPETICIONES.....	87
CUADRO 13A.	TIEMPO DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO A CADA MELGA (min/100 m <sup>2</sup> ) PARA UN DISEÑO BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	88
CUADRO 14A.	ANALISIS DE VARIANZA EN TIEMPO DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO A CADA MELGA (min/100 m <sup>2</sup> ) PARA UN DISEÑO BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES..	88
CUADRO 15A.	PRUEBAS D.M.S. PARA TIEMPO DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO A CADA MELGA (min/100 m <sup>2</sup> ) PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	89
CUADRO 16A.	LAMINA DE RIEGO APLICADA ESTIMADA EN CADA MELGA (cm) PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	90
CUADRO 17A.	ANALISIS DE VARIANZA EN LAMINA DE RIEGO APLICADA ESTIMADA EN CADA MELGA (cm) PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	90

CUADRO 18A.	PRUEBAS D.M.S. PARA LAMINA DE RIEGO APLICADA ESTIMADA EN CADA MELGA (cm) PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	91
CUADRO 19A.	VOLUMEN DE AGUA APLICADA A CADA MELGA ( $m^3/100 m^2$ ) PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	92
CUADRO 20A.	ANALISIS DE VARIANZA EN VOLUMEN DE AGUA APLICADO EN CADA MELGA ( $m^3/100 m^2$ ) PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	92
CUADRO 21A.	PRUEBA D.M.S. PARA VOLUMEN DE AGUA APLICADO A CADA MELGA ( $m^3/100 m^2$ ) PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	93
CUADRO 22A.	LAMINA DE RIEGO APLICADA MEDIDA HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 150 cm PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	94
CUADRO 23A.	ANALISIS DE VARIANZA EN LAMINA DE RIEGO APLICADA MEDIDA HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 150 cm PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	94
CUADRO 24A.	PRUEBA D.M.S. PARA LAMINA DE RIEGO APLICADA MEDIDA HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 150 cm PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	95

CUADRO 25A.	COMPARACION DE LAMINA DE RIEGO APLICADA (ESTIMADA) CON RESPECTO A LA LAMINA DE RIEGO APLICADA (MEDIDA) HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 150 cm.....	96
CUADRO 26A.	COEFICIENTE DE DISTRIBUCION (%) DE LAMINA APLICADA MEDIDA EN UNA PROFUNDIDAD DE 150 cm PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	97
CUADRO 27A.	DATOS TRANSFORMADOS DE COEFICIENTE DE DISTRIBUCION DE LAMINA APLICADA MEDIDA EN UNA PROFUNDIDAD DE 150 cm PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	97
CUADRO 28A.	ANALISIS DE VARIANZA PARA DATOS TRANSFORMADOS DE COEFICIENTE DE DISTRIBUCION DE LAMINA APLICADA MEDIDA EN UNA PROFUNDIDAD DE 150 cm PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	98
CUADRO 29A.	PRUEBA D.M.S. PARA COEFICIENTE DE DISTRIBUCION (%) DE LAMINA APLICADA MEDIDA EN UNA PROFUNDIDAD DE 150 cm PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	98
CUADRO 30A.	EFICIENCIA DE REQUERIMIENTOS (%) CON REFERENCIA A 30 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	99

CUADRO 31A.	DATOS TRANSFORMADOS DE EFICIENCIA DE RE <u>QUERIMIENTOS</u> CON REFERENCIA A 30 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	99
CUADRO 32A.	ANALISIS DE VARIANZA PARA DATOS TRANSFORMADOS DE EFICIENCIA DE RE <u>QUERIMIEN</u> TOS CON REFERENCIA A 30 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	100
CUADRO 33A.	PRUEBA D.M.S. PARA LA EFICIENCIA DE RE <u>QUERIMIENTOS</u> (%) CON REFERENCIA A 30 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	100
CUADRO 34A.	EFICIENCIA DE RE <u>QUERIMIENTOS</u> (%) CON REFERENCIA A 60 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	101
CUADRO 35A.	DATOS TRANSFORMADOS DE EFICIENCIA DE RE <u>QUERIMIENTOS</u> CON REFERENCIA A 60 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	101
CUADRO 36A.	ANALISIS DE VARIANZA PARA DATOS TRANSFORMADOS DE EFICIENCIA DE RE <u>QUERIMIEN</u> TOS CON REFERENCIA A 60 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	102

CUADRO 37A.	PRUEBA D.M.S. PARA LA EFICIENCIA DE RE - QUERIMIENTOS (%) CON REFERENCIA A 60 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES RE PETICIONES.....	102
CUADRO 38A.	EFICIENCIA DE REQUERIMIENTOS (%) CON RE- FERENCIA A 90 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRA- TAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	103
CUADRO 39A.	DATOS TRANSFORMADOS DE EFICIENCIA DE RE- QUERIMIENTOS CON REFERENCIA A 90 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPE- TICIONES.....	103
CUADRO 40A.	ANALISIS DE VARIANZA PARA DATOS TRANSFOR MADOS DE EFICIENCIA DE REQUERIMIENTOS CON REFERENCIA A 90 cm DE PROFUNDIDAD PA RA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIE- TE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	104
CUADRO 41A.	PRUEBAS D.M.S. PARA EFICIENCIA DE REQUE- RIMIENTOS (%) CON REFERENCIA A 90 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS, TRES REPETI CIONES.....	104
CUADRO 42A.	EFICIENCIA DE APLICACION (%) CON REFEREN CIA A 30 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISE- ÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATA - MIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	105
CUADRO 43A.	DATOS TRANSFORMADOS DE EFICIENCIA DE APLI CACION CON REFERENCIA A 30 cm DE PROFUN- DIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES...	105

CUADRO 44A.	ANALISIS DE VARIANZA PARA DATOS TRANSFORMADOS DE EFICIENCIA DE APLICACION CON REFERENCIA A 30 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	106
CUADRO 45A.	PRUEBAS D.M.S. PARA LA EFICIENCIA DE APLICACION (%) CON REFERENCIA A 30 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	106
CUADRO 46A.	EFICIENCIA DE APLICACION (%) CON REFERENCIA A 60 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	107
CUADRO 47A.	DATOS TRANSFORMADOS DE EFICIENCIA DE APLICACION CON REFERENCIA A 60 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	107
CUADRO 48A.	ANALISIS DE VARIANZA PARA DATOS TRANSFORMADOS DE EFICIENCIA DE APLICACION CON REFERENCIA A 60 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	108
CUADRO 49A.	PRUEBA D.M.S. PARA LA EFICIENCIA DE APLICACION (%) CON REFERENCIA A 60 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	108

CUADRO 50A.	EFICIENCIA DE APLICACION (%) CON REFERENCIA A 90 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	109
CUADRO 51A.	DATOS TRANSFORMADOS DE EFICIENCIA DE APLICACION CON REFERENCIA A 90 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	109
CUADRO 52A.	ANALISIS DE VARIANZA PARA DATOS TRANSFORMADOS DE EFICIENCIA DE APLICACION CON REFERENCIA A 90 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	110
CUADRO 53A.	PRUEBA D.M.S. PARA EFICIENCIA DE APLICACION (%) CON REFERENCIA A 90 cm DE PROFUNDIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y TRES REPETICIONES.....	110
CUADRO 54A.	ALTURA DE PLANTA DE ALGODONERO (cm) PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y DOS REPETICIONES.....	111
CUADRO 55A.	ANALISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA DE ALGODONERO (cm) PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y DOS REPETICIONES.....	111
CUADRO 56A.	PRUEBAS D.M.S. PARA ALTURA DE PLANTA DE ALGODONERO (cm) PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y DOS REPETICIONES.....	112

CUADRO 57A.	PORCIENTO DE EMERGENCIA DE ALGODONERO PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y DOS REPETICIONES.....	113
CUADRO 58A.	DATOS TRANSFORMADOS DE PORCIENTO DE EMERGENCIA PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y DOS REPETICIONES.....	113
CUADRO 59A.	ANALISIS DE VARIANZA DE DATOS TRANSFORMADOS DE POR CIENTO DE EMERGENCIA DE ALGODONERO PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y DOS REPETICIONES.	114
CUADRO 60A.	PRUEBAS D.M.S. PARA POR CIENTO DE EMERGENCIA DE ALGODONERO PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR CON SIETE TRATAMIENTOS Y DOS REPETICIONES. ....	114

INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE

Página

FIGURA 1A.	VELOCIDAD DE INFILTRACION Y LAMINA INFILTRADA ACUMULADA PARA EL EJIDO "PURISIMA".	116
FIGURA 2A.	VELOCIDAD DE INFILTRACION Y LAMINA INFILTRADA ACUMULADA PARA EL CAMPO EXPERIMENTAL "PRONAPA".....	117
FIGURA 3A.	LAMINA DE RIEGO APLICADA MEDIDA (LINEA CONTINUA) Y LAMINA REQUERIDA (LINEA DISCONTINUA) PARA CADA REPETICION DEL TRATAMIENTO A.....	118
FIGURA 4A.	LAMINA DE RIEGO APLICADA MEDIDA (LINEA CONTINUA) Y LAMINA REQUERIDA (LINEA DISCONTINUA) PARA CADA REPETICION DEL TRATAMIENTO B.....	119
FIGURA 5A.	LAMINA DE RIEGO APLICADA MEDIDA (LINEA CONTINUA) Y LAMINA REQUERIDA (LINEA DISCONTINUA) PARA CADA REPETICION DEL TRATAMIENTO C.....	120
FIGURA 6A.	LAMINA DE RIEGO APLICADA MEDIDA (LINEA CONTINUA) Y LAMINA REQUERIDA (LINEA DISCONTINUA) PARA CADA REPETICION DEL TRATAMIENTO D.....	121

FIGURA 7A.	LAMINA DE RIEGO APLICADA MEDIDA (LINEA CONTINUA) Y LAMINA REQUERIDA (LINEA DISCONTINUA) PARA CADA REPETICION DEL TRATAMIENTO E.....	122
FIGURA 8A.	LAMINA DE RIEGO APLICADA MEDIDA (LINEA CONTINUA) Y LAMINA REQUERIDA (LINEA DISCONTINUA) PARA CADA REPETICION DEL TRATAMIENTO F.....	123
FIGURA 9A.	LAMINA DE RIEGO APLICADA MEDIDA (LINEA CONTINUA) Y LAMINA REQUERIDA (LINEA DISCONTINUA) PARA CADA REPETICION DEL TRATAMIENTO G.....	124
FIGURA 10A.	ALTURA Y UNIFORMIDAD DE PLANTA DE ALGODONERO PARA CADA ESTACION DE OBSERVACION EN FUNCION DEL GASTO UNITARIO.....	125
FIGURA 11A.	POR CIENTO DE EMERGENCIA DE ALGODONERO PARA CADA ESTACION DE OBSERVACION EN FUNCION DEL GASTO UNITARIO.....	126

## I. INTRODUCCION

La Región Lagunera es una de las zonas agrícolas y ganaderas más importantes del país donde el algodón, la vid, el nogal, cultivos forrajeros y la ganadería lechera, entre otras actividades alcanzan suma importancia por su impacto social y económico de la población. (SARH-INIA 1984).

El clima se clasifica como árido, con deficiencia de lluvias en todas las estaciones con una precipitación promedio de 240 mm anuales, situación que limita la posibilidad de practicar una agricultura de temporal. (Aguirre 1975).

La superficie que ocupa la región es de 4'789,000 hectáreas, de las cuales 245,000 que son susceptibles a irrigarse, solamente se cultivan 170,000 por no disponer de la suficiente agua para cubrir la demanda.

Existen dos fuentes de abastecimiento de agua para el riego, que son por un lado la que se extrae del subsuelo logrando cubrir una superficie de aproximadamente 70,000 hectáreas y por otro la fuente que proviene de los ríos Nazas y en menor proporción a los escurrimientos aleatorios del río Aguanaval logrando cubrir con esta fuente una superficie aproximada de 100,000 hectáreas. (Dena 1985).

El principal problema de la Región Lagunera es la escasez de agua para riego, básicamente de la que se extrae el subsuelo dado que existen alrededor de 2,780 pozos habilitados que extraen un volumen cercano a los 900 millones de m<sup>3</sup> por año, estimándose que la recarga del acuífero es de 350 millones, por lo que la extracción resulta ser tres veces mayor que la recarga, provocando que en los últimos años se hayan registrado abatimientos del nivel dinámico entre 1.5 y 1.75 m por año y se hallan localizados en algunas áreas el nivel de extracción en 110 m de profundidad con un gasto promedio de 35 litros por segundo, provocando con lo anterior altos costos de bombeo y pérdidas de consideración para los dueños de los pozos, si no mejoran significativamente la productividad del recurso agua. (IATEM, CONACYT 1985).

De la superficie bajo riego de la región, los cultivos establecidos en surcos representan el 32 por ciento y el 68 por ciento restante se destina a cultivos establecidos en melgas. (Macías y Hernández 1980).

Las guías de riego en melgas recomendadas por el servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos para suelos con pendientes entre 0.10 y 5 por ciento se encuentran pobremente adaptadas a las condiciones de esta región, debido a que la topografía del área de riego es predominantemente plana con pendientes que varían desde cero hasta solamente 0.10 por ciento. (Criddle et al, 1956).

El grado de preparación del terreno más comunmente practicado consiste de un barbecho, rastreo, cuadro o empareje, trazo de riego y bordería de 10x150 m. (Macías v Hernández 1980).

La mayoría de los agricultores de esta región aplican tiempos de riego, empleando el criterio cuando el agua ha llegado y aún después del final de la melga, situación que obliga a que la eficiencia del riego sea diferente en cada caso. El gasto aplicado a cada melga por el agricultor es variable dado que está en función de la fuente de abastecimiento (pozo profundo, presa), capacidad de la regadera, dimensiones de la melga, y de la idiosincracia del agricultor.

La serie "Coyote" cuyas características se presentan en el cuadro 3A, resulta ser la de mayor importancia dado que ocupa una superficie de 98,218 has ubicadas básicamente en la parte central de la zona cultivada de la región. (Ramírez 1976).

En base a estos antecedentes se desprende la importancia de realizar el presente trabajo para las condiciones de la región lagunera tendiente a mejorar la eficiencia de uso y manejo del agua de riego que sea aplicable a la mayor cantidad de superficie cultivada, tratando de maximizar la producción agrícola con la mínima cantidad de agua y el mismo tiempo contribuir a eliminar la sobreexplotación de los acuíferos en esta región. De lo anteriormente establecido los objetivos de este trabajo son:

1. Evaluar el efecto del gasto y oportunidad del corte del agua sobre la eficiencia de aplicación, almacenamiento y uniformidad del riego de pre - siembra en melgas bajo las condiciones predomi - nantes de suelo y topografía de la región lagune - ra.
2. Ajustar los datos obtenidos a un modelo matemáti - co que permita estimar el avance y recesión del riego en melgas y por otra parte diseñar tablas y/o nomogramas que sean de fácil manejo y aplica - bilidad por parte de los agricultores de la re - gión.

#### Hipótesis

1. El gasto unitario y la oportunidad del corte del agua en riego de pre siembra en melgas son deter - minantes en la eficiencia de aplicación, almace - namiento y en la uniformidad de distribución.

## II. REVISION DE LITERATURA

### Eficiencias de Riego

Israelsen (1950) desarrolló el concepto de eficiencia de aplicación del agua para medir la eficiencia con la cual el agua derivada a un terreno ha sido almacenada en el suelo dentro de la zona de raíces de donde podría ser aprovechada por las plantas. En términos algebraicos la define como:

$$E_a = \frac{\text{agua almacenada en la zona de raíces durante el riego}}{\text{agua entregada a una parcela o melga.}}$$

Hansen (1960) propuso dos nuevos conceptos orientados a evaluar lo adecuado de un riego y la uniformidad de distribución del agua. En la mayoría de los casos, los bajos resultados económicos en la práctica del riego no se deben a un exceso de agua aplicado sino a una aplicación insuficiente. Para evaluar estos problemas definió la eficiencia de almacenamiento ( $E_s$ ) como:

$$E_s = \frac{\text{agua almacenada en la zona de raíces durante el riego}}{\text{agua requerida en la zona de raíces previo a un riego}}$$

Por otra parte, bajo la mayoría de las condiciones, cuanto más uniformemente se distribuye el agua será mejor la respuesta del cultivo. Para evaluar el grado de uniformidad con el cual el agua se distribuye definió la eficiencia de distribución del agua ( $E_d$ ) como:

$$E_d = 1 - \frac{\text{desviación media de láminas almacenadas durante el riego}}{\text{Lámina de agua media almacenada durante el riego.}}$$

Hall (1960) propone el cálculo de la eficiencia de aplicación probable utilizando la relación del volumen de agua requerido y distribuido uniformemente entre el agua realmente admitida en la melga o sea:

$$E_a = \frac{(\text{Lámina neta de riego requerida}) (\text{Longitud de melga})}{(\text{Gasto por unidad de ancho}) (\text{tiempo de aplicación})} \dots (1)$$

Merriam (1968) definió la eficiencia de distribución  $E_d$ , como la relación de la lámina mínima infiltrada respecto a la lámina infiltrada promedio. Consideró que la lámina mínima se puede definir como el mínimo absoluto o como un promedio de las láminas infiltradas correspondientes a una cuarta parte de las láminas estimadas o medidas.

La Comisión de Riego parcelario de la División de Riego y Drenaje, ASCE (1978) presentó una descripción de los términos de eficiencia aplicable en la evaluación del riego a nivel parcelario. Propuso tres términos definidos como sigue:

- 1°. La eficiencia de aplicación del cuarto inferior ( $Ea_C$ ), donde la lámina media infiltrada del cuarto inferior es el promedio de la cuarta parte de las láminas medidas o estimadas cuyos valores son los más bajos, donde cada valor representa un área de igual dimensión en el terreno.

$$Ea_C = \frac{\text{Lámina media infiltrada del cuarto inferior almacenada en la zona de raíces.}}{\text{Lámina media aplicada}} \dots (2)$$

- 2°. La eficiencia de aplicación potencial del cuarto inferior ( $Eap_C$ ) que es la eficiencia de aplicación del cuarto inferior alcanzable con un sistema de riego determinado cuando la lámina media infiltrada en la cuarta parte es, por lo menos, igual a algún valor predeterminado de déficit de humedad del suelo (D.H.S.) y
- 3°. La uniformidad de distribución (U.D).

$$U.D = \frac{\text{Lámina media infiltrada del cuarto inferior}}{\text{Lámina media infiltrada en la parcela o terreno}} \dots (3)$$

En base a los trabajos revisados, se puede concluir que los criterios aceptados en el proceso de evaluación del riego por melgas son, principalmente:

- 1°. La eficiencia de aplicación definida según Israelsen;

2°. La eficiencia de almacenamiento, expresada por Hansen y

3°. La uniformidad de distribución, definida por Hansen.

Oribe (1970) señaló que la eficiencia de riego en el país solo llegó a un 25 por ciento, ya que se desperdició el 75 por ciento del agua derivada para riego; posteriormente Palacios en 1975 mencionó que la eficiencia total aparente en el uso del agua posiblemente sea del orden de 35 a 40 por ciento, en donde la eficiencia de conducción es el factor más importante por su valor menor.

SARH, INIA (1984) en el Plan Indicativo de Investigación para el Aprovechamiento Integral del Agua en la Agricultura considera que para aumentar la eficiencia de aplicación a nivel parcelario se deben implementar de acuerdo a la zona, las siguientes líneas de investigación:

#### Zona Norte

- Metodologías de diseño y operación de sistemas de riego superficial, presurizado.
- Establecimiento de marcos de referencias en torno a la aplicación del agua.
- Validación y transferencia de la tecnología disponible.
- Investigación básica sobre la relación agua-suelo-planta.

SARH, INIA (1984) según el Programa Nacional para el Aprovechamiento del Agua para la Agricultura, mediante trabajos de investigación sobre eficiencias de riego, es posible aumentar en un 17, 10 y 10 por ciento la eficiencia de conducción en la zona norte, centro y sur del país respectivamente, así como en un 9, 8 y 19 por ciento, las de aplicación para las mismas zonas.

### Evaluaciones de Riego

Howe y Heermann (1970) sobre la base de los resultados obtenidos en experimentos de campo, analizaron el coeficiente de uniformidad en relación al gasto de entrada y a la pendiente. Concluyeron que la operación y no el diseño es la clave en el riego eficiente.

Con relación a la metodología de diseño basado en el método de prueba y error Hidalgo (1971), señaló que sería conveniente hacer las evaluaciones para cada tipo de tierra en cada zona regable en un campo experimental previamente preparado antes de proyectar la nivelación; el resultado de las pruebas indicaría como hay que planear el riego y más tarde si lo proyectado se debe ejecutar o qué modificaciones habrá que introducir en el esquema primitivo.

Boher (1974) indica que el establecimiento de un sistema de riego por melgas implica el establecer un equilibrio entre el tipo de suelo, pendiente, dimensiones de las melgas y flujo de agua, de forma que se aplique la cantidad deseada de agua uniformemente en todo el campo sin que se desperdicie.

por percolación profunda o escorrentía superficial. En áreas recién desarrolladas, la relación entre los factores arriba mencionados se debe determinar por ensayos de riego realizados bajo las condiciones en que haya de aplicarse el sistema de riego por melgas. Estos ensayos incluirán pruebas de varios anchos y longitudes de melga, aunado a esto el control de la uniformidad de las aplicaciones cuando se usan diferentes gastos.

### Diseño de Riego

Criddle, et al (1956) indican que los factores más importantes en un diseño de riego por superficie son:

Lámina de riego necesaria para reponer la humedad del suelo y tiempo requerido para que se infiltre, especialmente entre surcos, gasto máximo permisible y longitud máxima permisible del surco; por otra parte señala que para obtener el 5.9 por ciento de pérdidas por percolación profunda, el agua debe llegar al final del surco o melgas en un cuarto del tiempo necesario para que se infiltre la lámina de riego conociéndose a partir de la función de infiltración.

Establecieron una metodología de diseño basada en el concepto de gasto unitario. El gasto unitario definieron como el gasto requerido por cada 100 pies de longitud de melga cuyo ancho es 1 pie. La suposición básica de la metodología es que la magnitud del gasto es directamente proporcional al área de la melga. De donde, una vez que se determina el gasto unitario apropiado para una pendiente, tipo de suelo y

lámina de riego dados, el gasto para cualquier arreglo de las dimensiones de la melga es simplemente el producto del gasto unitario por el número de áreas unitarias en la melga.

Para la determinación del gasto apropiado propusieron el uso de nomogramas, basados en datos empíricos de muchos sitios, que relacionan los factores involucrados en el diseño. El nomograma principal es la solución gráfica de la siguiente ecuación:

$$q = 0.295 I_b e^{-0.119 L_n} \quad \dots (4)$$

donde:

$q$  = gasto unitario en lps/10 m<sup>2</sup>

$L_n$  = lámina neta de riego en cm

$e$  = base de los logaritmos naturales, y

$I_b$  = infiltración básica en cm/hr.

Esta ecuación es aplicable cuando la pendiente es 0.5 por ciento para otras pendientes el valor obtenido se debe ajustar multiplicando por un factor de corrección, el cual se puede calcular a través de la siguiente relación obtenida en base a la lectura de valores de la gráfica propuesta por Criddle, et al (1956):

$$F = 0.859 S_o^{-0.220} \quad (5)$$

con:  $r^2 = 0.998$

donde:

F = factor de corrección,

So = pendiente en por ciento, y

$r^2$  = coeficiente de determinación

Para la determinación de los tiempos de aplicación requeridos para reponer una lámina de riego dada, a partir de los gastos unitarios, Criddle, et al. (1956) propusieron utilizar la siguiente relación:

$$T_a = \frac{L_n}{36q E} \quad \dots (6)$$

donde:

$T_a$  = tiempo de aplicación en horas;

E = eficiencia de aplicación estimada, (fracción decimal) y

$L_n, q$  = variables previamente definidas.

Hall (1960) propuso un método para especificar las características físicas y los procedimientos de operación de un sistema de riego por melgas con el objetivo de obtener la máxima eficiencia de aplicación. La base del diseño es la predicción de la velocidad de avance mediante el procedimiento iterativo que determinó en 1956, a partir de las características esperadas u observadas, el rango de pendiente permisible, los valores de rugosidad posible, el factor de encharcamiento y el gasto máximo permisible. El procedimiento permite la selección del gasto y de la lámina neta de riego

Óptima cuando está definida la longitud de la melga.

Schockley (1960) definió los diferentes sistemas de riego por melgas, describiendo los problemas principales y los procedimientos en el diseño del riego por melgas. Estableció otros criterios de diseño referentes a las limitaciones por pendiente, así como por el tirante del flujo mínimo, utilizando la siguiente ecuación para calcular el gasto mínimo.

$$\frac{q \text{ mínimo en litros por segundo}}{10 \text{ metros cuadrados}} = 0.122 \left( \text{pendiente de melga en por ciento} \right)^{0.5} \quad \dots(7)$$

Varios investigadores, entre ellos Fok y Bishop (1969), están de acuerdo en que el avance en función del tiempo de aplicación, se expresa mediante la siguiente ecuación empírica:

$$X = pt^r \quad (0 < r < 1) \quad \dots(8)$$

donde:

X = longitud de avance del agua en el tiempo, L,

t = tiempo de avance, t,

r = constante empírica, adimensional, y

p = constante que representa el avance

De acuerdo con Grassi (1978) el exponente r depende de las características físicas del suelo, mientras que el coeficiente p depende de los factores hidráulicos como

el gasto, la pendiente y la aspereza.

El instructivo del Soil Conservation Service U.S. - Department of Agriculture 1971, para la elaboración de - - guías de riego recomendó el uso de las gráficas presentadas por Criddle et al, 1956., así como otros criterios empíricos para la determinación de la magnitud del gasto, de la longitud y el gasto máximo; con este fin incluyó nomogramas para determinar el gasto máximo no erosivo por unidad de ancho y los tirantes normales del flujo para pendientes entre 0.1 y 12.0 por ciento y las longitudes máximas de las melgas para el riego de alfalfa y granos pequeños.

Merriam (1978) propuso un procedimiento gráfico para el diseño de melgas, basándose en el principio de que la forma de la curva de recesión es relativamente invariable para un campo específico y por lo tanto, ésta es la condición clave para el proyectista para obtener altas eficiencias son:

- 1°. La magnitud del gasto de entrada controla la velocidad de avance del agua;
- 2°. La deficiencia de humedad de suelo permitido por el manejo al momento de la aplicación del riego (DPH);
- 3°. La longitud de la melga;
- 4°. La distancia de melga a la cual el flujo es cortado.

## Trabajos Realizados en La Región Lagunera

Macías y Hernández (1980) desarrollaron un trabajo en el Distrito de Riego No. 017, en la Región Lagunera, Coah. y Durango, con el objetivo de evaluar el efecto del grado de preparación del terreno sobre la magnitud de la Lámina de Riego aplicada en el riego de presiembra del algodónero; para tal efecto localizaron 12 lotes al azar dentro del Distrito de Riego, representados por 3 lotes por cada grado de preparación de terreno (A: Barbecho-rastreo curzado-paso de land plane-trazo de riego-cama melonera; B: barbecho-rastreo-cuadreo-trazo de riego-melgueo; C: barbecho-rastreo-cuadreo-melgueo con o sin contras; D: barbecho-melgueo con o sin contras). La preparación "A" fue considerada como la mejor y así sucesivamente hasta la "D" considerada como la peor.

De acuerdo con los resultados obtenidos, estos autores asentaron lo siguiente:

- a). Entre menor sea la preparación del terreno para el riego de presiembra mayor es la lámina de agua invertida, llegando a significar un 23 por ciento más grande en relación a un terreno bien preparado.
- b). Los factores que más influyen en la magnitud de las láminas así como en la eficiencia de riego son: Contenido de humedad en el suelo, grado de preparación del terreno, gasto de riego utilizado, pendiente y manejo del agua por parte

del usuario.

- c). Concluyendo que para lograr láminas pequeñas y buenas eficiencias de riego era conveniente manejar gastos lo más grande que fuese posible, sobre todo en aquellos terrenos mal preparados, los cuales deben ir de acuerdo a las texturas y pendiente del terreno; así mismo hicieron hincapié en incrementar líneas de investigación tendientes a conservar la humedad en el suelo durante el período cosecha-riego de presiembra del algodnero, así como otras que ayuden a definir aquellos gastos de riego para determinadas longitudes, textura y pendientes que reflejen una menor lámina y mayor eficiencia de aplicación del riego.

Tavera (1982) durante el invierno 1981-1982, trabajando en la Región Lagunera en diferentes lotes de ballico anual (*Lolím multiflorum lam*) con diferentes grados de preparación del terreno y teniendo como objetivo el evaluar el grado de preparación sobre el uso y distribución del agua en el suelo, en un período del riego de germinación al riego anterior al primer corte estableció lo siguiente:

- a). La influencia del grado de preparación del terreno (rugosidad) se manifiesta principalmente en la velocidad de avance del frente de agua, influyendo por lo tanto en el valor de la lámina de Riego aplicada, aún cuando ésta depende

también en gran parte del gasto con que se deriva de la regadera, la pendiente del terreno y, sobre todo, el manejo dado al agua por el regador, en forma especial el criterio seguido para cortar la entrada de agua a la melga.

- b). En la mayoría de los lotes se encontró que la lámina aplicada fué un 50 por ciento más grande que la lámina necesaria.
- c). El movimiento del agua en el perfil del suelo se ve afectado por la estratificación de éste, presentándose casos en los que había acumulación de agua en estratos inferiores y que dadas las características de crecimiento radicular del cultivo, no puede ser aprovechada.
- d). Se encontró que la eficiencia en el uso del agua por el cultivo en kilogramos de forraje verde por  $m^3$  utilizado, decreció a medida que se le dió una menor preparación al terreno.

Winter (1982) indica que se observaron mayores variaciones entre los sistemas radicales de un tratamiento dado de riego que entre profundidades promedio de enraizamiento de grupos de plantas, con tratamientos distintos de riego.

La rizosfera se limita principalmente a cierto volumen de suelo húmedo suficiente para satisfacer las demandas de transpiración del follaje común; conforme el suelo se ve

privado de agua, las raíces tienden a crecer hacia los lados a lo largo de gradientes de disponibilidad de humedad; pero les queda todavía la facilidad de absorber agua de -- cualquier punto que se encuentre dentro de la zona previamente aprovechada, en el caso de que vuelva a humedecerse.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### Localización del Area de Estudio

El experimento se llevó a cabo en melgas ubicadas dentro de la Región Lagunera (Figura 1), la cual comprende terrenos de los Estados de Coahuila y Durango, geográficamente limitados por los meridianos:  $102^{\circ} 51'$  y  $103^{\circ} 40'$  y por los paralelos  $25^{\circ} 25'$  y  $26^{\circ} 30'$ . Dentro de esta Región los sitios experimentales se localizan en el ejido "Purísima" municipio de Matamoros, Coah; y en el campo experimental de "PRONAPA" ubicado en el km 6 1/2 margen derecho del Canal Sacramento en Gómez Palacio, Dgo.

#### Características de los Sitios Experimentales

De los dos sitios seleccionados comprendidos dentro de la Región Lagunera se llevaron a cabo análisis de laboratorio físico-químico cuyas características se muestran en el Cuadro 1A y 2A. Las características anteriores resultan similares a las descritas en el Cuadro 3A para la serie "Coyote".

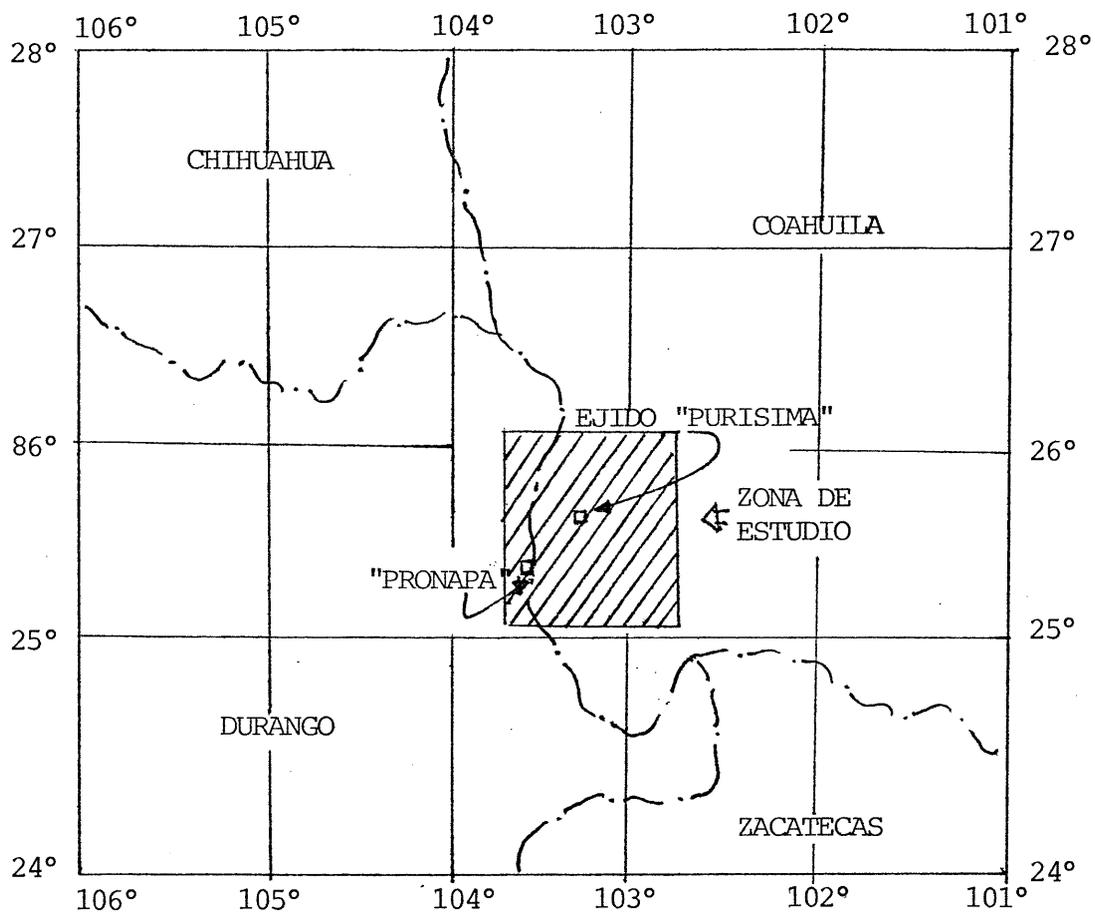


Figura 1. Localización de la Región Lagunera.

## Tratamientos probados

Se evaluaron dos factores que son gasto unitario y oportunidad de corte del agua de riego.

El factor gasto unitario está constituido por tres niveles:

$q_1$  = gasto unitario de 1.33 lps/100 m<sup>2</sup>.

$q_2$  = gasto unitario de 2.66 lps/100 m<sup>2</sup>.

$q_3$  = gasto unitario de 4.00 lps/100 m<sup>2</sup>.

El factor oportunidad de corte del agua de riego está compuesto por dos niveles que son:

$t_1$  = la oportunidad de corte cuando el frente de avance del agua alcanza un 100 por ciento de la longitud total de la melga.

$t_2$  = la oportunidad de corte cuando el frente de avance del agua alcanza un 90 por ciento de la longitud total de la melga.

Testigo.- gasto y oportunidad de corte de acuerdo al criterio del agricultor.

Los tratamientos resultantes aparecen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos resultantes de la combinación de gasto unitario ( $q$ ) y de la oportunidad de corte del agua de riego ( $T_C$ )

Número de Tratamiento	Notación	$q \times T_C$
1	A	$q_1 t_1$
2	B	$q_1 t_2$
3	C	$q_2 t_1$
4	D	$q_2 t_2$
5	E	$q_3 t_1$
6	F	$q_3 t_2$
7	G	testigo

## Diseño Estadístico

Se estudiaron los tratamientos bajo un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones (dos repeticiones localizadas en el ejido "Purísima" y la otra en el campo experimental de "PRONAPA") tal y como se observa en la Figura 2, los sitios experimentales resultan similares en cuanto a características físicas de suelo y pendiente de acuerdo a los Cuadros 1A y 2A. Además, se hicieron pruebas de rango múltiple tal como la D.M.S. al 5 por ciento, para determinar diferencias estadísticas entre medias de tratamientos.

### Transformaciones

Algunas características como es el caso de eficiencias y emergencia cuyos valores fueron expresados en porcentaje se transformaron para su análisis de varianza por medio de la ecuación:

$$Y' = \text{Arco seno } \sqrt{X/100}$$

para obtener una distribución normal de las mismas, ya que cuando se tienen datos de porcentaje, la distribución en este caso es generalmente binomial (Little y Hills, 1979).

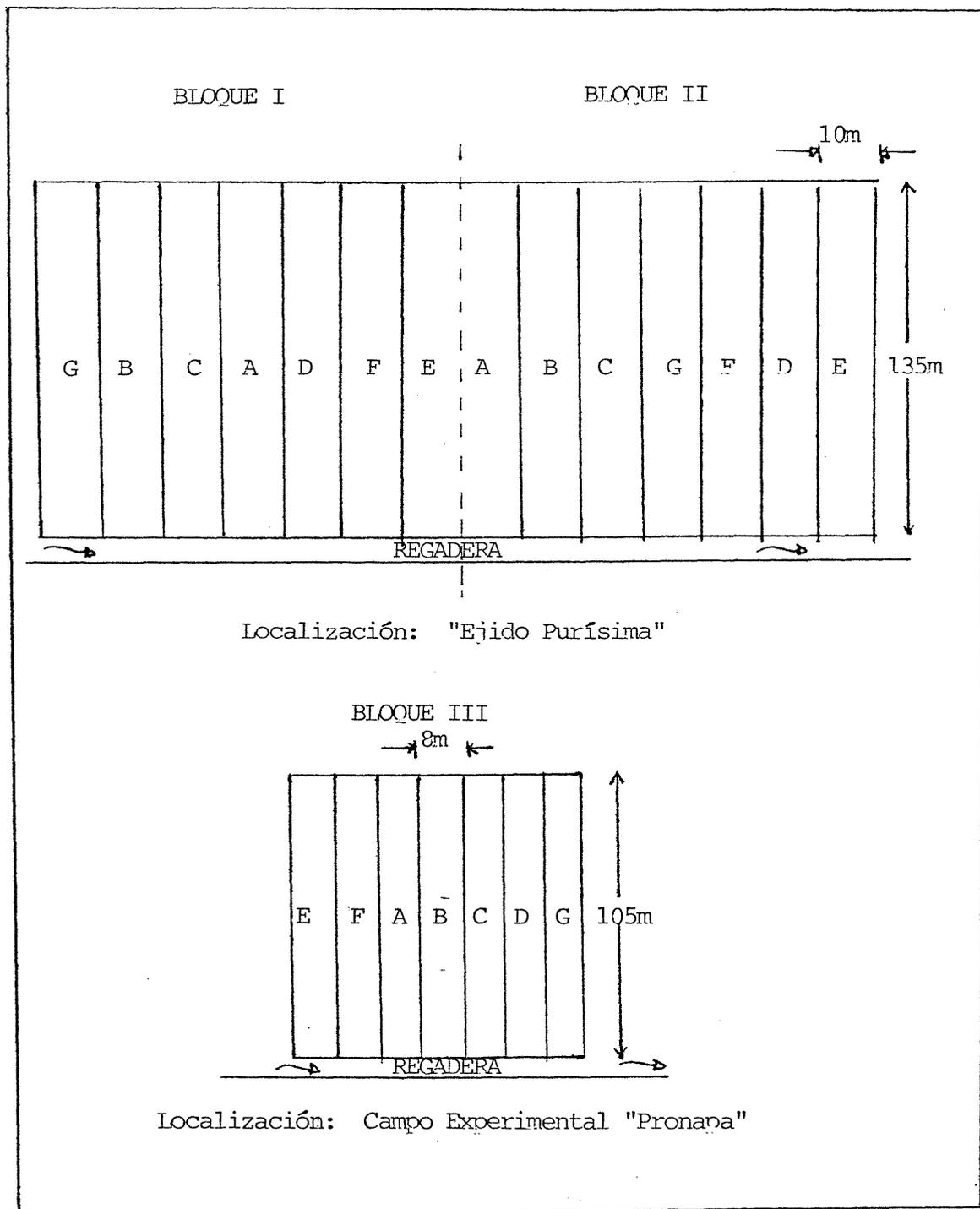


Figura 2. Croquis de la distribución de tratamientos en el campo.

## Desarrollo del Trabajo

El presente experimento se desarrolló en tres etapas a saber:

- A. Planeación.
- B. Reconocimiento y Caracterización.
- C. Ejecución.

### A. Planeación

- a). Vista a cada centro de operación de riego ubicada dentro de la Región Lagunera.
- b). Selección de dos sitios, los cuales resultan ser el "ejido Purísima" y el campo experimental de "PRONAPA" (Figura 1).

La selección se hizo en base a la ubicación, dimensiones de melga, disponibilidad por parte del agricultor cooperante y cuyas características de textura fueron las descritas para la serie "Coyote".

- c). Se llevó a cabo la calibración de sifones a utilizar en el experimento cuyos modelos resultaron ser:

$$Q = 0.624 H^{0.513} \quad \text{con } r^2 = .998 \quad \text{para los sifones de aluminio de dos pulgadas y}$$

$$Q = 0.926 H^{0.501} \quad \text{con } r^2 = .999 \quad \text{para las de tres pulgadas, donde:}$$

$Q$  = litros por segundo.

$H$  = carga hidráulica en centímetros.

$r^2$  = coeficientes de determinación adimensional.

## B. Reconocimiento y Caracterización

- a). Se realizó una caracterización físico-química del suelo en cada sitio experimental cuyos resultados se presentan en el Cuadro 1A y 2A con características similares y además se observó en campo que existe un horizonte compactado a los 35 cm de profundidad en el Ejido "Purísima", no siendo así para el caso del predio ubicado en "PRONAPA".
- b). En cada melga utilizada para la evaluación se realizaron las siguientes labores: Barbecho, rastreo, empareje, contras cada 15 m, bordería de 10x135 m y de 8x105 m para las melgas ubicadas en el ejido "Purísima" y "PRONAPA" respectivamente.
- c). Se llevaron a cabo pruebas de infiltración utilizando el método del doble cilindro, ajustándose los datos obtenidos mediante la técnica de regresión al modelo propuesto por Kostiaikov cuyos resultados se presentan en la Figura 1A y 2A.
- d). En cada melga en estudio se realizó el levantamiento altimétrico. En el Cuadro 2 aparece la

Cuadro 2. Pendiente longitudinal promedio en porciento para cada melca experimental.

TRATAMIENTO	REPETICION		
	I	II	III
A	.02	.01	.05
B	.03	.07	.06
C	.02	.03	.05
D	.02	.02	.04
E	.05	.01	.06
F	.01	.01	.05
G	.03	.04	.05

la información que indica que la pendiente longitudinal promedio resulta ser menor al 0.10 - por ciento.

- e). El cultivo que se estableció en el ejido "Purísima" fue Algodonero (*Gossipium sp*), del cual se tomó información adicional tal como por ciento de emergencia y altura de planta antes del primer riego de auxilio, datos que aparecen en el Cuadro 54A y 57A respectivamente.

### C. Ejecución

Comprende la siguiente secuencia:

Antes de Iniciar el Riego

- Estacado a intervalos de 15 m a lo largo de cada melga, cada estaca representa una estación.
- Con ayuda de la barrena vehimeyer obtener muestras de suelo para determinar el contenido de humedad y obtener así la lámina requerida hasta una profundidad de control de referencia.
- Definir el gasto unitario por aplicar y la oportunidad de su corte para cada melga en base al tratamiento a evaluar.
- Seleccionar y distribuir los sifones en la cabece-ra superior de la melga junto al canal de abastecimiento del agua.

## Después de Iniciado el Riego

- Registro del tiempo en que el agua empieza a fluir dentro de la melga y conjuntamente el tiempo en que el frente de avance del agua alcance cada estación. El criterio para establecer lo anterior fue cuando por lo menos el 50 por ciento del frente alcance cada estación de observación. También se registra la hora en que el agua alcanza el extremo final de la melga y la hora de corte.
- Cuando los sifones están operando se mide la carga hidráulica con una manguera flexible de hule transparente de un centímetro de diámetro, auxiliándose para tal efecto de una regla graduada en centímetros.

Para conservar los sifones a carga constante durante el tiempo de riego, el nivel de la regadera se mantiene estable utilizando un vertedor de demasías, el cual regula la carga hidráulica a través de las variaciones del gasto en la escotadura.

## Análisis de la Información Obtenida de Campo

- Se construyeron las curvas de avance para cada melga experimental, graficando en el eje horizontal la longitud de la melga por cada estación y en el eje vertical el tiempo en minutos.

- La hora de recesión no se evaluó debido a problemas de disponibilidad de recursos humanos.
- Se obtiene el gasto unitario (por cada 100 m x m de ancho de melga) en litros por segundo de acuerdo al criterio de Criddle, et al. (1956) tomando como información la lámina de riego neta requerida para cada profundidad de referencia, la velocidad de infiltración básica y la pendiente longitudinal de la melga. El gasto unitario obtenido mediante este criterio se compara con los gastos unitarios propuestos para el experimento.
- Se estima el tiempo de oportunidad de acuerdo a la lámina de riego requerida para cada profundidad de referencia (Cuadro 7A) y a la función de lámina infiltrada acumulada.

Además se obtiene el equivalente al cuarto del tiempo de oportunidad que equivale al tiempo requerido para que el agua alcance el final de la melga de acuerdo al criterio de Criddle y se compara con el tiempo real observado en que el agua alcanza ese extremo final de la melga tal y como se observa en el Cuadro 8A.

- Con la información obtenida de cada melga en cuanto al tiempo en minutos contra la distancia de avance se propone el modelo potencial sugerido por Fok y Bishop (1969) obtenido el modelo anterior mediante técnicas de regresión se analiza el tiempo

de avance estimado para cada estación para un diseño de bloques al azar con arreglo factorial  $3 \times 9$  con seis repeticiones; un factor viene a ser la corriente unitaria ( $q$ ) con tres niveles y el otro factor las estaciones de observación ( $E$ ) con nueve niveles.

En la Figura 3 se observa el comportamiento del avance en función del gasto unitario; además en el Cuadro 3 se presentan los modelos de predicción de la función de avance para cada melga experimental.

- La estimación del tiempo de aplicación del agua de riego a cada melga experimental se obtiene por diferencia entre la hora en que inició la derivación del agua del canal a la melga y la hora en que se "cortó" o dejó de derivarse. Este tiempo se evaluó en minutos y se presenta en el Cuadro 10A.
- Dado que las dimensiones de la melga son diferentes en cada bloque, se procede a obtener el tiempo de aplicación del agua de riego a cada melga en minutos por unidad de superficie de  $100 \text{ m}^2$  y de esta manera tener el mismo nivel de referencia para cada uno de los tratamientos, tal y como aparece en el Cuadro 13A.
- Se obtiene la lámina de riego aplicada estimada a cada melga (Cuadro 16A) conociendo el gasto unitario y el tiempo desde que inició el riego hasta

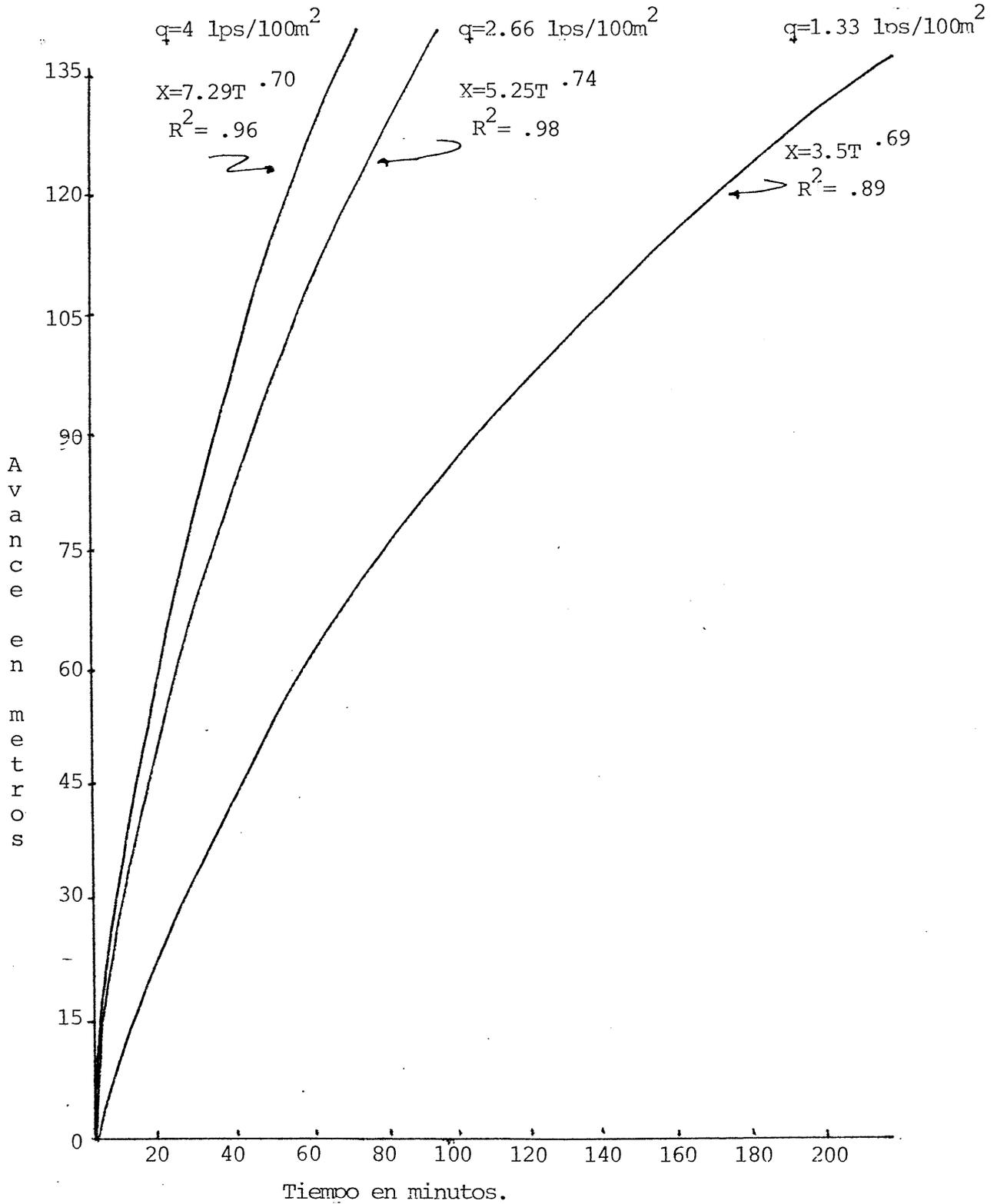


Figura 3. Funciones de avance estimadas para cada gasto unitario aplicado para un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 3x9 con seis repeticiones.

Cuadro 3. Modelos de predicción de la función de avance de la forma  $X = pT^r$  para cada melga experimental.

TRATAMIENTO	REPETICION	MODELO	$r^2$
A	I	$X = 2.393T^{0.814}$	0.996
	II	$X = 1.879T^{0.781}$	0.986
	III	$X = 6.473T^{0.507}$	0.943
B	I	$X = 1.513T^{0.887}$	0.983
	II	$X = 1.266T^{0.938}$	0.989
	III	$X = 4.634T^{0.672}$	0.988
C	I	$X = 6.64T^{0.674}$	0.995
	II	$X = 5.271T^{0.758}$	0.999
	III	$X = 4.45T^{0.807}$	0.982
D	I	$X = 4.219T^{0.764}$	0.997
	II	$X = 4.498T^{0.766}$	0.998
	III	$X = 4.578T^{0.802}$	0.990
E	I	$X = 6.776T^{0.773}$	0.996
	II	$X = 5.277T^{0.766}$	0.996
	III	$X = 6.282T^{0.808}$	0.993
F	I	$X = 6.851T^{0.707}$	0.999
	II	$X = 7.843T^{0.641}$	0.993
	III	$X = 6.66T^{0.745}$	0.997
G	I	$X = 1.674T^{0.863}$	0.964
	II	$X = 1.264T^{0.928}$	0.976
	III	$X = 8.412T^{0.749}$	0.994

c.v. de  $r = 12.5\%$   
c.v. de  $p = 41.1\%$

que se "cortó" o dejó de derivarse; además se debe conocer la superficie de cada melga experimental correspondiente a cada bloque o repetición.

Para simplificar el cálculo anterior se puede utilizar el siguiente modelo:

$$Lr = .06 \times q \times tr$$

donde:

$Lr$  = lámina de riego aplicada estimada en cm.

.06 = factor de conversión.

$q$  = gasto unitario en litros por segundo por cada  $100 \text{ m}^2$ .

$tr$  = tiempo de aplicación del riego en minutos.

- Para conocer el volumen de agua aplicado a cada melga como puede observarse en el Cuadro 19A, se hace necesario conocer la lámina de riego aplicada estimada y la superficie de cada melga experimental, de esta manera es posible obtener el volumen de agua aplicada. Una manera sencilla de obtener el volumen de agua aplicada es el siguiente:

$$Va = Lr$$

donde:

$Va$  = volumen de agua aplicado en cada melga en  $\text{m}^3$  por cada  $100 \text{ m}^2$ .

$Lr$  = lámina de riego aplicada estimada en cm.

- Debido a que aunque se conozca la lámina de riego aplicada estimada, no se establece la forma en que se distribuirá y almacenará dentro del suelo y por tanto, se hace necesario conocer la lámina de riego aplicada medida la cual se obtiene a partir de evaluar el contenido de humedad presente en el suelo antes del riego y el contenido de humedad presente en el suelo después del riego. Una manera sencilla de obtenerla es la siguiente:

$$Lr_i = \frac{(PS_2 - PS_1) (Da) \times Pr}{100 \times Da}$$

$$Lr_t = \sum_{i=1}^5 Lr_i$$

donde:

Este valor se obtiene para cada melga y para cada estación de observación a lo largo de esta.

donde:

$Lr$  = lámina de riego aplicada en el estrato  
i en cm.

$PS_2$  = contenido de humedad presente en el suelo después del riego en por ciento. Esta se realizó 3 días después de efectuado el riego.

$PS_1$  = contenido de humedad presente en el suelo antes del riego en por ciento.

$Da$  = Densidad aparente del estrato i en

gramos/cm<sup>3</sup>.

Pr = profundidad del estrato  $i$ , para fines prácticos se consideraron estratos de 30 cm.

Lr<sub>t</sub> = lámina de riego aplicada medida hasta una profundidad de 150 cms cuyos valores se reportan en el Cuadro 22A.

- Con la información de lámina aplicada medida en cada estación para cada melga se construye una gráfica y con ayuda del medidor de áreas se obtiene el coeficiente de uniformidad y eficiencia de almacenamiento propuesto por Hansen (1960), además la eficiencia de aplicación propuesta por Israel - sen (1950).

Dado que tanto la eficiencia de almacenamiento como la de aplicación están en función del nivel de referencia en cuanto a la profundidad del suelo, entonces se plantearon tres niveles para la evaluación: De 0 - 30, 0-60 y de 0-90 cms de profundidad. Estos niveles de referencia ubican el desarrollo radicular de la mayoría de las especies cultivables de tal manera que el presente experimento sea de utilidad para evaluar el riego de presiembrado de cualquier especie cultivable en función del gasto unitario y de la oportunidad del corte del agua de riego. Lo anterior se presenta en forma gráfica de la Figura 3 a la 9 del apéndice.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Para cada una de las variables respuestas se llevó a cabo un análisis de varianza con el propósito de detectar diferencias estadísticas que pudiesen existir entre los tratamientos probados; así mismo, se realizaron las pruebas de rango múltiple D.M.S. al 0.05 para detectar cuáles tratamientos son diferentes estadísticamente.

La información obtenida es discutida por parte de acuerdo a los propósitos establecidos de cada variable en estudio.

##### Tiempo de Avance Estimado

Se observa en el análisis de varianza reportado en el Cuadro 12A alta significancia entre gastos unitarios aplicados y entre estaciones de observación. El resultado anterior indica que a mayor gasto unitario aplicado a la melga, menor será el tiempo para que el frente de avance del agua alcance cada estación de observación (Cuadro 4 y Cuadro 5).

El modelo recomendado por Fok y Bishop (1969) de que el avance en función del tiempo de aplicación se expresa mediante la ecuación empírica  $X = pt^r$  resulta para este experimiento de bastante precisión dado que el coeficiente de

Cuadro 4. Tiempo de avance observado en minutos para cada estación de observación y melga experimental.

ESTACION EN METROS	TRATAMIENTOS																				
	A			B			C			D			E			F			G		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
15	10	17	7	16	16	5	3	4	4	5	5	4	3	4	3	3	3	3	17	18	2
30	23	30	16	27	27	19	10	10	13	14	11	12	6	9	6	8	8	7	26	27	6
45	33	49	34	42	42	32	19	17	19	23	20	19	12	16	13	14	13	14	36	40	10
60	54	90	134	58	58	50	27	25	26	31	30	25	17	25	17	23	22	20	60	62	14
75	65	123	148	78	75	62	39	32	31	43	41	30	23	35	22	31	37	25	79	77	19
90	85	145	163	93	87	78	49	42	38	59	51	39	28	42	26	38	50	33	90	94	22
105	112	172	178	115	120	93	57	50	49	66	63	50	33	51	31	45	59	39	120	118	28
120	122	200		153	135		68	65		80	73		40	56		57	70		150	140	
135	145	240		178	150		82	73		89	79		50	64		67	79		190	170	

Cuadro 5. Tiempo de avance estimado en minutos para cada estación de observación v melga experimental.

ESTACION EN METROS.	TRATAMIENTOS																				
	A			B			C			D			E			F			G		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
15	9.5	14.3	5.3	13.3	14.0	5.7	3.4	4.0	4.5	5.3	4.8	4.4	2.8	3.9	2.9	3.0	2.8	3.0	12.7	14.4	2.2
30	22.3	34.7	20.6	29.0	29.2	16.1	9.4	9.9	10.6	13.0	11.9	10.4	6.9	9.7	6.9	8.1	8.1	7.5	28.3	30.4	5.5
45	36.7	58.3	45.8	45.8	45.0	29.5	17.1	16.9	17.6	22.2	20.2	17.3	11.6	16.4	11.5	14.3	15.3	13.0	45.2	47.0	9.4
60	52.3	84.2	80.7	63.3	61.1	45.2	26.2	24.7	25.1	32.3	29.4	24.8	16.8	23.9	16.3	21.2	23.9	19.1	63.1	64.1	13.8
75	68.7	112.1	125.4	81.4	77.6	62.9	36.5	33.2	33.1	43.3	39.3	32.7	22.4	31.9	21.5	29.5	33.9	25.8	81.7	81.6	18.5
90	86.0	141.5	179.6	99.9	94.2	82.6	47.9	42.2	41.5	54.9	49.9	41.0	28.3	40.5	27.0	38.2	45.0	32.9	100.9	99.3	23.6
105	103.9	172.4	243.4	118.9	111.0	103.9	60.2	51.7	50.2	67.2	61.0	49.7	34.6	49.5	32.7	47.4	57.2	40.5	120.6	117.3	29
120	122.4	204.5		138.2	128.0		73.4	61.7		80.0	72.6		41.1	58.9		57.6	70.5		140.8	135.4	
135	141.5	237.8		157.8	145.1		87.4	72.1		93.4	84.7		47.9	68.8		67.7	84.7		161.4	153.75	

determinación obtenido al relacionar el avance observado en campo y el avance estimado fue en promedio con un valor de 0.99 lo que indica que el frente de avance del agua se ajusta en un 99 por ciento al modelo potencial  $X = pt^r$ . Los modelos obtenidos para cada melga experimental aparecen en el Cuadro 3 y además el coeficiente de variación de la constante "r" del modelo anterior es de 12.5 por ciento y el de la constante "p" del 41.1 por ciento, lo cual resulta congruente con lo expuesto por Grassi (1978) de que el exponente "r" depende de las características físicas del suelo y dado que los bloques tenían similares condiciones físicas entonces es la razón de que el coeficiente de variación fuera bajo, no resultando así para el obtenido para el coeficiente "P" dado que está en función de acuerdo al mismo autor de los factores hidráulicos como el gasto, pendiente y rugosidad y como los tratamientos estuvieron en función del gasto es la razón de que el coeficiente de variación fuera alto.

Tiempo de Aplicación del Agua de Riego a cada  
Melga (min/100 m<sup>2</sup>)

Se observa de acuerdo al análisis de varianza que aparece en el Cuadro 14A alta significancia entre tratamientos lo cual indica que los tiempos de aplicación son diferentes entre sí. Dentro de la Prueba D.M.S. se observa además significancia entre la media del tratamiento testigo comparado contra el resto de los tratamientos a excepción del A,

también se detecta diferencia significativa entre el tratamiento A comparado contra los demás a excepción del tratamiento B.

Los anteriores resultados son debidos a que en el testigo el usuario le dio tiempo de aplicación del agua de riego aún después de que el agua llegó al final de la melga y por otra parte el gasto unitario aplicado en el testigo y en los tratamientos A y B son menores comparados contra los demás tratamientos, lo cual provoca que el tiempo necesario para que se aplique el agua de riego sean mayores.

#### Lámina de Riego Aplicada Estimada

De acuerdo al análisis de varianza de los resultados obtenidos que aparecen en el Cuadro 16A, se observó alta significancia entre tratamientos; de la misma forma también se obtuvo alta significancia entre bloques.

Considerando la prueba D.M.S. se obtiene significancia al comparar la lámina media aplicada en el testigo con respecto a todos los demás tratamientos probados, además se obtiene significancia al comparar la lámina media aplicada por efecto del gasto unitario de 1.33 lps/100 m<sup>2</sup> y oportunidad de corte del 100 por ciento con respecto a las láminas medias aplicadas por el tratamiento B, C y D.

La estimación de campo de esta variable resulta de vital importancia, dado que define el volumen de agua aplicado a la parcela. Los resultados del A.N.V.A. muestran alta

significancia entre los tratamientos lo cual indica que las láminas aplicadas en cada uno de los tratamientos son diferentes entre sí, con láminas mínimas aplicadas de 9.89 cm y máxima de 27.64 cm. De acuerdo a la prueba D.M.S. mostrada en el Cuadro 18A se observa que existe significancia al comparar la media de lámina aplicada en el testigo contra la lámina aplicada del resto de los tratamientos.

La lámina media aplicada en el testigo fué de 27.64 cm, la cual representa un 85, 179, 155, 166, 139, 114 por ciento mayor comparado con respecto al tratamiento A, B, C, D, E y F respectivamente. El tratamiento A con lámina aplicada de 14.94 cm representa 51, 38 y 44 por ciento mayor que el tratamiento B, C y D respectivamente.

El criterio empleado para el corte de la aplicación del agua de riego (100 y 90 por ciento de la longitud de la melga), en este caso fué determinante para que las láminas aplicadas en los tratamientos A, B, C, D y F fueron hasta 2.79 veces menor comparada con las láminas aplicadas en el testigo, en el cual los tiempos de aplicación del agua de riego fueron aún después de que el agua alcanzó la parte final de la melga experimental.

Resulta congruente el hecho de que se presentara diferencia altamente significativa al comparar el testigo contra los demás tratamientos dado que el corte del agua en el testigo se realizó mucho después de que el agua alcanzó la parte final de la melga, mientras que en los demás tratamientos el corte del agua de riego se realizó cuando el frente

de avance alcanzó el 90 ó 100 por ciento de la longitud de melga.

Por otra parte debido a que hubo significancia de acuerdo a la prueba D.M.S. (tal y como se ilustra en el Cuadro 18A), entre el tratamiento A contra los tratamientos B, C y D, indica que a mayores gastos las láminas aplicadas son menores para el mismo tiempo de corte, lo anterior resulta congruente con lo citado por Macías y Hernández (1980) en sus trabajos desarrollados en la Región Lagunera (Coah., Dgo.).

Los mismos autores indican que uno de los factores que más influyen en la magnitud de las láminas, así como en las eficiencias de riego es el contenido de humedad presente en el suelo antes del riego. La conclusión anterior se observa en el Cuadro 16A para el bloque número tres ubicado en el campo experimental de "PRONAPA" debido a que el contenido de humedad presente en el suelo antes del riego era mayor que el obtenido en el bloque I y II ubicados en el ejido "Purísima", lo cual reflejó que las láminas aplicadas fueron menores y que hubiera diferencias altamente significativas entre bloques como puede observarse en el Cuadro 17A.

Considerando a la lámina aplicada en el testigo que resulta ser en promedio igual a 27.64 cm, como puede observarse en la Figura 10A, y al comparar con la lámina requerida promedio a una profundidad de 90 cm igual a 17.83 cm (Cuadro 7A) representa un 55 por ciento mayor, dato que resulta congruente con lo obtenido por Tavera (1982), al trabajar

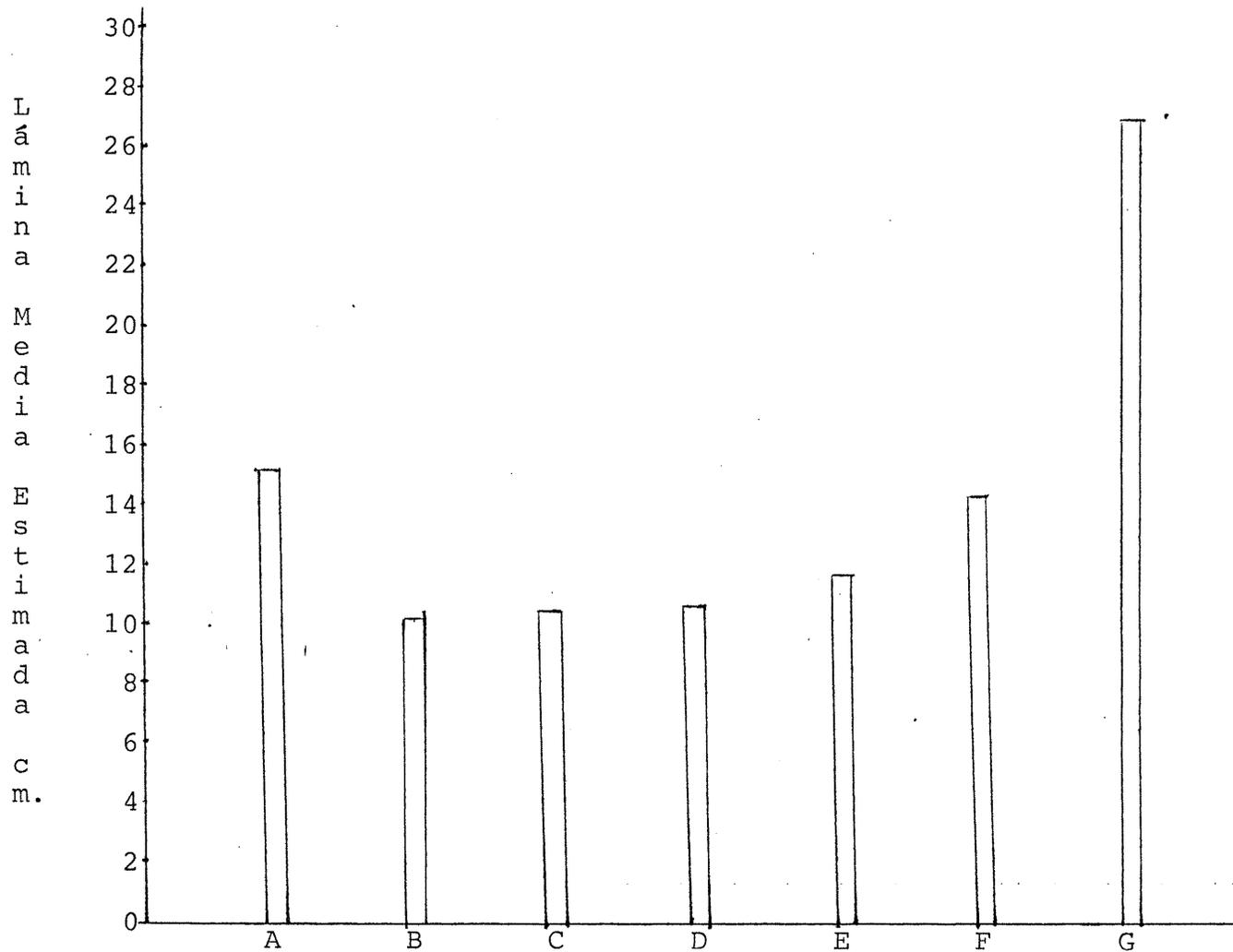


Figura 4. Comparación gráfica de Láminas Medias Estimadas, en función del tipo de tratamiento.

en lotes de la Región Lagunera.

El rango de gasto unitario aplicado a las melgas fue de 1.33 hasta 4.0 litros por segundo por cada 100 m<sup>2</sup> y de acuerdo al criterio de Schockley (1960) al describir los diferentes sistemas de riego por melgas recomienda que el gasto mínimo en litros por segundo por cada 100 m<sup>2</sup> para una pendiente de 0.1 por ciento (máxima de las parcelas experimentales) sea de 0.385 lo que significa que los gastos unitarios aplicados son adecuados debido a que son mayores que los recomendados por este autor.

En base al criterio de Diseño de Criddle (1956) de que el agua debe llegar al final del surco o melga en un cuarto de tiempo necesario para que se inflitre la lámina de riego requerida conocida a partir de la función de infiltración (Figura 1A y 2A), además considerando el tiempo (minutos) real observado en que el agua alcanzó el extremo final de cada melga experimental se observa en el Cuadro 9A que los tratamientos que mayor se aproximan al criterio anterior son los de gasto unitario de 4.0 lps/100 m<sup>2</sup>, seguido por el de 2.66 lps/100 m<sup>2</sup> y por último el de 1.33 lps/100 m<sup>2</sup>.

Volumen de Agua Aplicada a cada Melga

(m<sup>3</sup>/100 m<sup>2</sup>)

Se observa en el Cuadro 20A alta significancia entre tratamientos. Lo anterior se debe básicamente al tiempo de aplicación del agua de riego y el gasto derivado a la parce-

la durante este tiempo.

También se observa alta significancia entre Bloques, debido a que la diferencia entre volumen de agua aplicada se debe además al contenido de humedad presente en el suelo antes del riego y dado que uno de las repeticiones se llevó a cabo en "PRONAPA" y que su contenido de humedad previo al riego eran superiores a los presentes en las otras dos repeticiones ubicadas en Ejido "Purísima" trae como consecuencia que los volúmenes de agua aplicados fueron menores. Lo anterior resultó similar a lo expuesto por Macías y Hernández (1980) al concluir que los factores que más influyen en la magnitud de las láminas así como en las eficiencias de riego son: Contenido de humedad en el suelo, grado de preparación del terreno, gasto del riego utilizado, pendiente y manejo del agua por parte del usuario.

La prueba D.M.S. que aparece en el Cuadro 21A reporta significancia entre medias de tratamientos al comparar el testigo contra los demás tratamientos, debido básicamente a que el tiempo de aplicación del agua de riego en el testigo fue muy superior comparada con respecto a los demás tratamientos; además en el mismo cuadro se observa diferencias significativas entre el tratamiento A comparado con respecto al B, C y D, debido también a lo expuesto anteriormente.

## Lámina de Riego Aplicada Medida

La medición de esta variable comparándola con la lámina aplicada estimada resulta de importancia dado que nos indica qué porcentaje de la lámina estimada se pierde durante el tiempo desde que se aplicó el riego hasta el momento en que se llevó a cabo el muestreo de humedad. Los tratamientos que reportaron menor porcentaje de disminución de lámina con respecto a la estimada de acuerdo al Cuadro 25 A, fueron en donde se aplicaron los máximos gastos unitarios (4 lps/100 m<sup>2</sup>), seguido por el de gasto intermedio (2.66 lps/100 m<sup>2</sup>) y finalmente el del testigo que reporta un 51.7 por ciento de disminución de lámina medida con respecto a la estimada. La tendencia anterior es debida básicamente a que al tiempo de aplicación del agua de riego en los gastos grandes es mucho menor que en las pequeñas y por lo tanto el agua permanece menos tiempo sobre la superficie del suelo expuesta a la evaporación directa.

Los resultados anteriores sugieren que las evaluaciones de riego se deben hacer en base a mediciones directas de contenidos de humedad antes y después del riego y no en base a estimaciones. (Figura 5 y Cuadro 6).

Tavera (1982) indica que el movimiento del agua en el perfil del suelo se ve afectado por la estratificación de este. La anterior indicación resulta importante dado que en los bloques I y II localizados en el Ejido Purísima presentaban "Piso de arado" a una profundidad de 35 cm, la cual

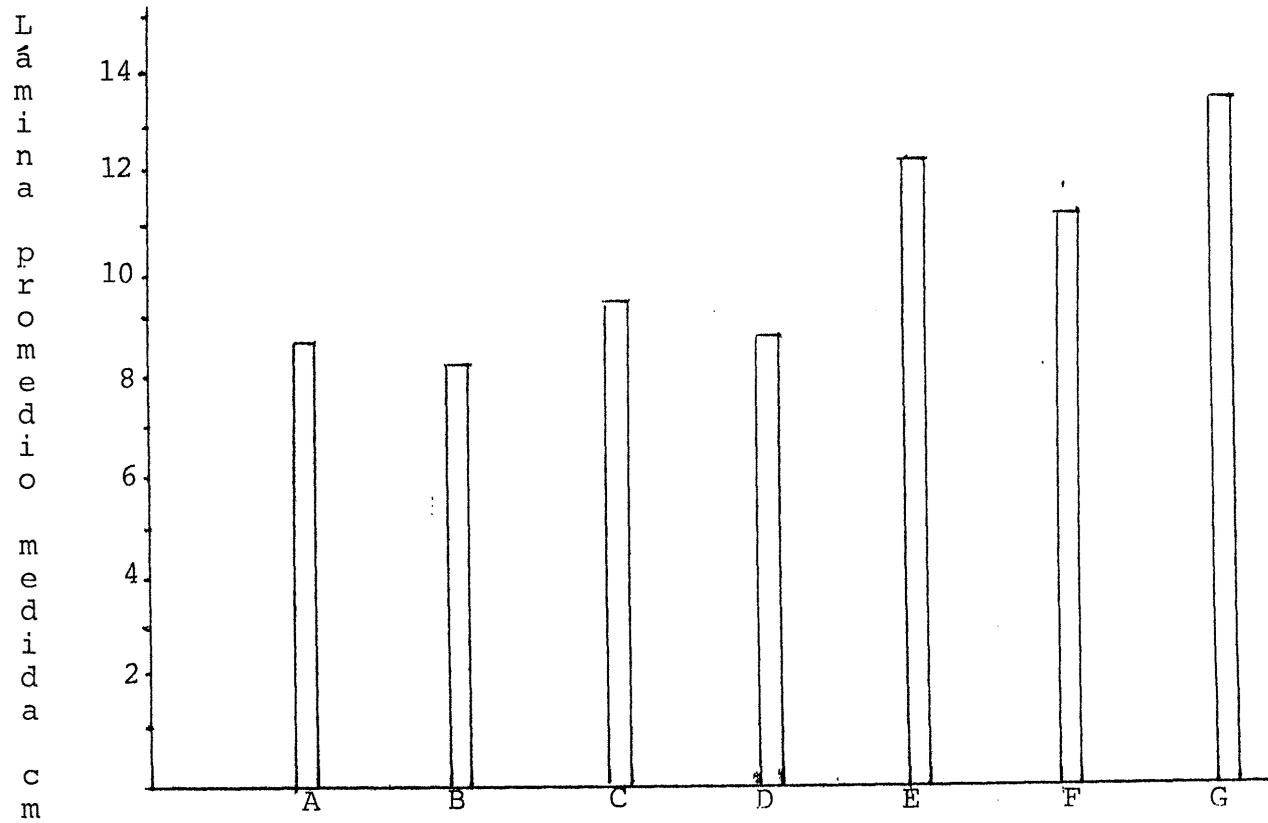


Figura 5. Comparación gráfica de Lámina promedio medida en función del tipo de tratamiento.

Cuadro 6. Láminas de riego medida promedio (cm) hasta una profundidad - de 150cm para cada estación de observación, en función del ti po de tratamiento.

ESTACION EN METROS	A	B	C	D	E	F	G
0	7.99	13.05	11.14	10.90	12.39	15.07	13.71
15	7.84	8.86	9.29	6.71	9.79	12.49	11.21
30	6.30	10.04	6.41	6.65	12.25	12.20	14.00
45	12.93	6.64	6.58	7.90	9.33	14.81	14.87
60	6.83	7.96	6.16	6.39	12.49	12.38	12.77
75	9.02	9.13	10.73	5.70	15.52	7.54	9.98
90	8.19	7.30	7.42	4.70	9.80	6.15	12.49
105	10.31	7.14	13.96	14.81	10.68	10.20	13.85
120	7.75	4.59	16.21	15.69	14.92	13.47	16.19
135	11.84	5.41	13.53	14.34	16.71	14.39	21.09
$\bar{X}$	8.79	8.18	9.51	8.68	12.12	11.25	13.34

provoca que el proceso de infiltración se reduzca y la mayor parte del agua de riego aplicada se almacene en los primeros 35 cm de profundidad del suelo. Saturada esta zona después del riego la resistencia que ofrece a las pérdidas por evaporación es mínima sobre todo mientras que los contenidos de humedad sean mayores a capacidad de campo. Prácticamente se considera que estos suelos alcanzan el valor de capacidad de campo al tercer día después de un riego (momento en que se llevó a cabo el muestreo de humedad), situación que obliga a que las pérdidas por evaporación hayan sido del orden de 1.8 cm observada en un tanque evaporímetro tipo "A" ubicado en el campo agrícola experimental "PRONAPA" tal y como puede observarse en el Cuadro 5A.

Considerando la situación anterior prácticamente para los tratamientos B, C, D, E, F, la lámina de riego aplicada estimada es igual a la lámina de riego medida y el porcentaje de variación sea para el tratamiento A solamente del 29 por ciento.

En el caso del testigo (tratamiento G) el muestreo de humedad se llevó a cabo hasta el quinto día después del riego debido a que resultaba inaccesible la entrada al lote experimental, lo cual obliga a que las pérdidas por evaporación durante este tiempo sean del orden de 3 cm y que el porcentaje de variación entre lámina aplicada estimada comparada con la medida sea ahora del orden del 40.8 por ciento.

En el Cuadro 7 se concentran los valores de lámina de riego aplicada medida para todos los tratamientos y de la Figura 3 a la 9 del apéndice estos valores se encuentran graficados con línea continua. Los valores de lámina requerida para cada nivel de referencia de profundidad de suelo mostrados en el Cuadro 7A se presentan en las mismas Figuras con líneas discontinuas.

### Coeficiente de Distribución

El análisis de varianza del Cuadro 28A no reporta significancia entre tratamientos, lo cual indica que no existe diferencia estadística en los tratamientos probados.

El coeficiente de uniformidad media observado en el Cuadro 26A de los siete tratamientos es del orden de 66.86 por ciento valor que se considera aceptable dentro de los sistemas de riego por superficie. Sin embargo los tratamientos que mejor uniformidad obtuvieron fueron en donde se aplicó el criterio de gasto unitario de 4 lps/100 m<sup>2</sup>, lo cual coincide con lo que concluye Macías y Hernández (1980) que para lograr láminas pequeñas y buenas eficiencias de riego era conveniente manejar gastos lo más grande que fuese posible, como puede observarse en la Figura 6.

De la misma forma el testigo reporta coeficientes de distribución altas 77.38 por ciento, aún a pesar de que el gasto unitario fue del orden de 1.35 lps/100 m<sup>2</sup>. La situación anterior es debida a que se aplicó mayor cantidad

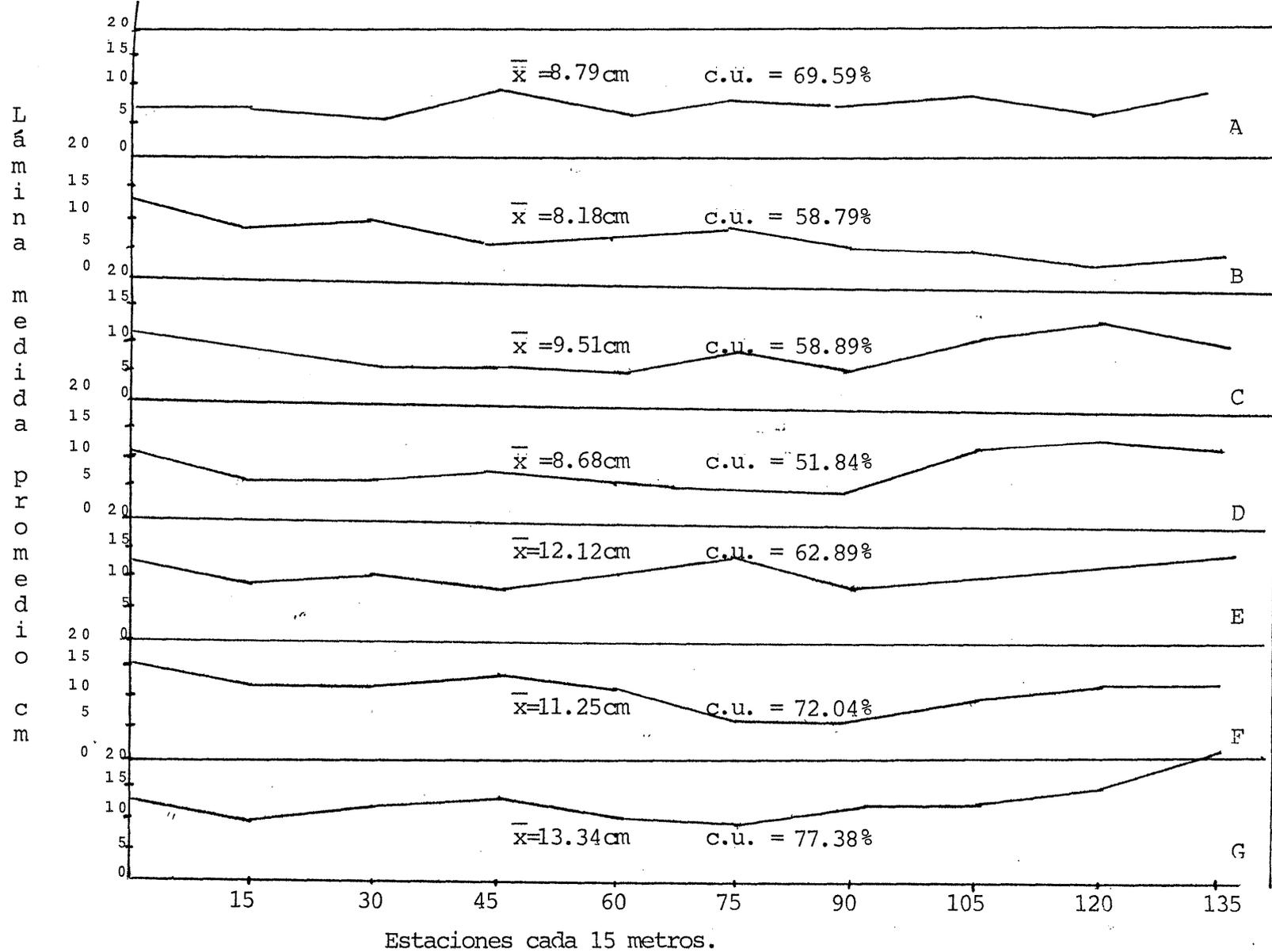


Figura 6. Comparación gráfica de láminas medidas promedio en función del tipo de tratamiento y estación de observación.

Cuadro 7. Láminas de riego aplicadas medidas (cm) hasta una profundidad de 150cm, para cada estación de observación y melga experimental, en función del tipo de tratamiento.

ESTACION EN METROS	TRATAMIENTOS.																				
	A			B			C			D			E			F			G		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
0	7.9	7.9	8.1	11.9	9.7	17.5	13.8	3.2	16.4	15.3	4.7	12.6	3.8	21.9	11.5	19.1	19.4	6.7	13.0	13.1	15.1
15	7.0	8.4	8.2	10.9	6.1	9.6	12.5	8.4	7.0	12.3	.8	7.0	3.9	15.4	10.1	11.6	15.5	10.3	9.7	16.7	7.3
30	6.2	7.8	4.8	4.7	17.8	7.6	9.6	7.6	2.0	13.3	3.5	3.1	2.4	28.2	6.2	9.7	22.0	4.8	17.4	15.6	8.9
45	10.7	13.4	14.7	3.4	13.3	3.3	10.7	7.4	1.6	13.5	5.1	5.1	2.8	19.9	5.3	8.7	24.3	11.5	16.6	18.1	9.9
60	5.5	9.9	5.1	12.1	9.9	1.8	8.9	5.6	4.1	13.7	3.3	2.2	9.1	13.3	15.1	8.7	21.9	6.5	10.9	16.9	10.6
75	8.0	11.4	7.6	10.5	12.3	4.6	19.2	5.9	6.9	10.1	5.1	1.8	9.5	12.6	24.5	5.2	9.9	7.5	10.6	14.9	4.4
90	6.3	4.7	13.7	9.6	3.9	8.3	13.8	5.4	3.0	11.4	1.2	1.5	3.9	11.9	13.5	3.9	8.8	5.7	9.5	20.6	7.4
105	15.9	11.9	3.0	6.5	7.3	7.7	24.9	14.6	2.4	30.7	11.2	2.6	8.2	15.9	7.9	10.5	12.7	7.3	16.2	21.2	4.2
120	9.9	5.6		1.9	7.2		24.5	7.9		20.5	10.9		11.7	18.2		6.6	20.3		15.8	16.6	
135	10.9	12.7		1.4	9.4		16.0	11.0		19.4	9.3		14.4	18.9		5.2	23.6		17.3	24.9	
$\bar{X}$	8.9	9.4	8.1	7.3	9.7	7.6	15.4	7.7	5.4	16.0	5.5	4.5	6.9	17.6	11.8	8.9	17.9	6.8	13.7	17.9	8.5

de volumen de agua y los procesos de distribución y redistribución del agua dentro del perfil del suelo se llevan a cabo durante más tiempo, logrando así mejor uniformidad.

Por otra parte en cuanto a la uniformidad de avance del frente del agua, se observó en campo que se realiza mejor para el caso de los tratamientos de gasto unitario de 4 y 2.66 lps/100 m<sup>2</sup> comparado con respecto al de 1.33 lps/100 m<sup>2</sup> y testigo.

#### Eficiencia de Requerimientos

En general de acuerdo a los Cuadros 32, 36 y 40 del apéndice, no se obtuvo significancia estadística entre tratamientos para los tres niveles de referencia establecidos de profundidad de suelo, lo cual indica que dentro del rango de gasto unitario y oportunidad del corte de agua de riego evaluados no afecta significativamente a la eficiencia de almacenamiento o requerimientos. Sin embargo se observa que las más altas eficiencias de almacenamiento para cualquier referencia estudiada se obtiene en el testigo, seguida por los tratamientos en donde se probó el gasto unitario de 4 lps/100m<sup>2</sup>. La tendencia anterior resulta igual tanto para la lámina de riego aplicada estimada como para la lámina de riego aplicada medida.

En el tratamiento testigo aún a pesar de que el gasto unitario fue de 1.35 lps/100 m<sup>2</sup>, el tiempo durante el cual el agua se derivó a la parcela fue muy superior al de

cualquier otro tratamiento, razón por la cual tanto la lámina aplicada estimada, como la medida y además la eficiencia de almacenamiento fueron mayores.

Comparando la eficiencia de requerimientos promedio del testigo para un nivel de referencia de 90 cm que fue del 69.2 por ciento contra los demás tratamientos que en promedio obtienen el 50.56 por ciento tal y como puede observarse en el Cuadro 38 A se discute lo siguiente: Dado que para satisfacer las demandas de riego hasta una profundidad de 90 cm se requieran láminas grandes resulta lógico que para una misma cantidad de gasto unitario entre mayor sea el tiempo de aplicación, mayor será la eficiencia de requerimientos o almacenamiento. La referencia de querer humedecer 90 cm de profundidad en el riego de presiembra del algodónero resulta ser compatible con Winter (1982), dado que las raíces no alcanzan a explorar esa zona de referencia desde el riego de presiembra hasta el momento del primer riego de auxilio y si lo anterior resulta cierto no tiene sentido aplicar láminas de riego necesarias para humedecer un perfil de 90 cm, si las raíces no alcanzan a desarrollar hasta esa profundidad. Por otra parte existe el antecedente de que en la Región Lagunera las láminas de riego de presiembra en algodónero (*Gossypium sp*) son en promedio de 30 a 35 cm y el intervalo en la aplicación hasta el primer riego de auxilio son de 65 días, situación que permite pensar en la necesidad de aplicar láminas pesadas para que de esta manera el cultivo pueda resistir. La práctica anterior se realiza partiendo de

la hipótesis de que el suelo es un almacén o depósito de reserva de agua y que a mayor intervalo entre riegos, mayor será la lámina que se requiere aplicar, pensando en que toda esta se almacenará en la zona de raíces. Esta situación nos orienta a pensar que si el desarrollo radicular es de 30 cm durante la etapa previa al primer riego de auxilio, entonces toda la lámina que fue aplicada mayor a la profundidad de 30 cm fue perdida por percolación profunda.

En general la eficiencia de requerimientos se incrementa a medida que el nivel de referencia de profundidad de raíces disminuye, lo cual resulta debido a que las demandas hídricas son menores a medida que la profundidad de raíces es menor. Teniendo las condiciones anteriores lo que se podría manejar es el intervalo entre riegos, es decir a menor lámina aplicada, mayor frecuencia de riegos pero aún esto es discutible ya que dependería también de cada especie en estudio.

Dicho lo anterior las máximas eficiencias promedio de almacenamiento o requerimientos fueron cuando se considera un nivel de referencia de 30 cm de profundidad como se observa en el Cuadro 30A siendo los más altos (96.53 por ciento) para el testigo, seguidas por un 91.41 por ciento para los tratamientos E y F después un 90.11 por ciento para los tratamientos A y B y finalmente un 75.8 por ciento correspondiente a los tratamientos C y D.

## Eficiencia de Aplicación

Se observa en general de acuerdo a los Cuadro 44, - 48 y 52 del apéndice no significancia entre tratamientos para los tres niveles de referencia establecidos, lo cual indica que para un mismo nivel de referencia la eficiencia de aplicación resulta ser igual estadísticamente para todos los tratamientos probados.

Para el nivel de referencia de 90 cm de profundidad se observa en el Cuadro 50A que la eficiencia de aplicación es en general excelente reportando una medida general para los tratamientos del orden de 98.86 por ciento, lo cual indica que del total de agua aplicada se perdió solamente el - - 1.14 por ciento por percolación profunda o quedó fuera de la profundidad de 90 cm de suelo.

De acuerdo al criterio de Merriam (1978) los valores de eficiencia de aplicación de diseño esperados para melgas rectas son del orden del 50 al 80 por ciento, pero que se - pueden obtener valores del 90 por ciento para condiciones - ideales si el escurrimiento del agua es reusado.

Dado que las condiciones de las melgas experimentales fueron de que son rectas y cerradas en su parte final, por lo tanto el escurrimiento no ocurrió y las eficiencias de aplicación obtenidas fueron superiores a los potenciales.

Definitivamente que tanto la eficiencia de aplicación como la de requerimientos están en función del nivel de referencia (profundidad de suelo) establecido y este a su

vez del crecimiento radicular del cultivo y dado que los valores de diseño esperados de acuerdo a estos autores están en función en una forma muy general de la familia de infiltración, lámina neta de riego inferior a 12.4 cm y a la pendiente promedio del suelo y no se toma en cuenta la variabilidad del desarrollo radicular de cada especie en función de la lámina aplicada resulta ambiguo afirmar que es bueno o mala la cantidad de lámina aplicada si no se observa la respuesta del cultivo.

Dicho lo anterior las eficiencias de aplicación obtenidas fueron en promedio para todos los tratamientos del orden del 94.54 por ciento para el nivel de referencia de 60 cm (Cuadro 46A), valor que resulta ser menor comparada con la obtenida para el nivel de referencia de 90 cm, lo que indica que del total del agua aplicada se pierde un 5.46 por ciento por percolación profunda o fuera de la zona de raíces de 60 cm.

La eficiencia de aplicación promedio obtenida para un nivel de referencia de 30 cm de acuerdo al Cuadro 42A fue del 72 por ciento, lo que indica que del total de agua aplicada a la parcela experimental se pierde un 28 por ciento fuera de la zona radicular de 30 cm. El valor de eficiencia anterior resulta similar al esperado de acuerdo al criterio de Merriam (1978).

En general se observa que a mayor profundidad de referencia del suelo considerada las eficiencias de aplicación obtenidas son mayores, lo cual resulta congruente debido

a que del total del agua aplicada la mayor parte se deposita en una zona de raíces de mayor volumen y resulta ser mínima la cantidad que se pierde por percolación o fuera de esa zona.

Se observa en general en base a los Cuadro 42, 46 y 50 del apéndice que para cualquiera de los niveles de referencia establecidos las eficiencias de aplicación más altas se logran cuando el gasto unitario fue de  $1.33 \text{ lbs}/100 \text{ m}^2$ , seguido por el tratamiento de  $2.66 \text{ lbs}/100 \text{ m}^2$ , posteriormente el de  $4 \text{ lbs}/100 \text{ m}^2$  y por último con las más bajas eficiencias para el testigo. La observación anterior se deberá tomar con reserva dado que por una parte no existen diferencias estadísticas significativas en tratamientos con un error de tipo I del 5 por ciento y por otra parte los coeficientes de variación entre los valores observados para cada nivel de referencia son muy pequeños.

Merriam (1978) recomiendan un valor de diseño de eficiencia de aplicación para melgas del 75 por ciento en base a la familia de infiltración de 1 a 1.5, lámina neta de riego de 125 mm y una pendiente de 0.1 por ciento, valores dentro de los cuales se encontraban el tipo de suelo en experimentación y láminas de riego netas promedio aplicadas. El valor de eficiencia de aplicación promedio obtenido fue del 98.9, 94.5 y 72 por ciento para el nivel de referencia de 90, 60 y 30 cm de profundidad respectivamente y que resultan superiores a los recomendados por dicho autor.

### Altura de Planta

El análisis de varianza del Cuadro 55A no reporta significancia lo que indica que no hay respuesta en altura de planta de algodónero (*Gossipium sp*) en función de los tratamientos probados. Se observa sin embargo que en los tratamientos C y D la altura de planta es mayor comparada con respecto a los demás tratamientos.

Por otra parte en el tratamiento testigo se observó en campo alta incidencia de maleza comparada con respecto a los demás tratamientos, lo que indica que las altas láminas aplicadas en el testigo favorecen mejores condiciones para el desarrollo de maleza, lo cual para el productor no resulta deseable dado que por una parte la presencia de estas favorecen la competencia de insumos (nutrientes, luz solar, humedad) y por otra que para llevar a cabo un control se necesita el empleo de mano de obra, maquinaria y/o herbicidas.

La Figura 10A nos indica que los mejores tratamientos en base a la altura de planta y a su uniformidad vienen a ser en donde se aplica un gasto de 2.66 lps/100 m<sup>2</sup> y 4 lps/100 m<sup>2</sup>.

### Porcentaje de Emergencia

En base al análisis de varianza reportado en el Cuadro 59A no se encuentra significancia entre tratamientos lo cual indica que no existe respuesta en cuanto a porcentaje

de emergencia de los tratamientos probados.

El porcentaje promedio reportado en el Cuadro 57A para todos los tratamientos fue del orden del 58.9 por ciento, sin embargo, el promedio obtenido para el testigo fue del 65.75 por ciento y el de los demás tratamientos del 57.8 por ciento, existiendo un 12 por ciento de disminución en emergencia, debida básicamente a las cantidades de lámina aplicada y a su distribución en la aplicación en el campo.

En general en todos los tratamientos como se muestra en la Figura 11A se obtuvo bajo porcentaje de emergencia debido principalmente a dos factores: Uno debido a la calidad de las semillas y por otra parte después de la siembra se presentaron lluvias que favorecieron la compactación del suelo y obstaculizar así la emergencia.

Se observa que el tratamiento que mejor porcentaje de emergencia reporta es el del testigo, seguido por el tratamiento C, D, después el A y B y por último los tratamientos E y F.

#### Discusión sobre las medidas de Resultados

Se realizó una tabla de concentración de valores medios obtenidos de cada variable en estudio, los cuales se muestran en el Cuadro 8.

En dichas Tablas se marcó con un asterisco a cuatro de los siete tratamientos que presentaran la condición deseada, en función de la variable estudiada.

Cuadro 8. Concentración de resultados. Valores medios obtenidos de cada variable en estudio, en función del tratamiento.

TRATAMIENTO.	TIEMPO DE APLICACION (min/100m <sup>2</sup> )	LAMINA DE RIEGO APLICADA ESTIMADA (cm)	LAMINA DE RIEGO APLICADA MEDIDA (cm)	VOLUMEN APLICADO <sup>2</sup> ESTIMADO (m <sup>3</sup> /100m <sup>2</sup> )	UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCION (%)	EFICIENCIA DE REQUERIMIENTO (%)			EFICIENCIA DE APLICACION (%)			COEFICIENTE DE DETERMINACION DE LA FUNCION DE AVANCE.	PORCIENTO DE EMERGENCIA (%)	ALTURA DE PLANTA (cm)	CALIFICACION POR REFERENCIA			CALIFICACION PROMEDIO
						0-30cm	0-60cm	0-90cm	0-30cm	0-60cm	0-90cm				0-30cm	0-60cm	0-90cm	
						A	16.57	14.94	8.79	14.94	69.59				95.87	64.74	49.88	
B	10.48	9.*	8.18	9.*	58.79	84.35	55.84	42.52	76.*	99.*	99.*	0.987	47.40	7.76	3	3	3	3
C	5.*	10.*	9.*	10.*	58.89	81.58	58.99	48.32	77.*	93.*	98.38	0.*	65.*	13.*	8	8	7	7.67
D	5.*	10.*	8.*	10.*	51.84	69.94	53.80	42.68	75.*	95.*	98.67	0.*	65.*	14.*	8	8	7	7.67
E	4.*	11.*	12.*	11.*	62.*	90.*	72.*	62.*	63.01	89.54	96.91	0.*	54.20	11.*	8	8	8	8.00
F	4.*	12.89	11.*	12.89	72.*	92.*	69.*	57.*	71.79	92.21	98.*	0.*	49.65	9.07	5	5	6	5.33
G	21.04	27.64	13.34	27.64	77.*	96.*	83.*	69.*	60.78	91.89	99.*		65.*	10.06	3	3	4	3.33

\* CONDICIONES DESEADAS.

Para el caso de la variable tiempo de aplicación los tratamientos C,D,E y F resultan seleccionadas dado que desde un punto de vista de operación por parte del Agricultor, entre menor tiempo de aplicación de riego se utilice, mayor se rá el avance de este.

En cuanto a la lámina y volumen aplicado estimado, los tratamientos que resultan deseables son el B,C,D y E , dado que al compararlos con los demás tratamientos resultan ser los que presentan menor magnitud, situación que resulta difícil encontrar en riego superficial para el método de riego por melgas. Por otra parte dichos tratamientos al reportar menor volumen de agua aplicado por unidad de superficie se estará haciendo un mayor aprovechamiento del recurso agua.

Analizando los valores medios obtenidos de la lámina de riego aplicada medida, los tratamientos que presentan la mejor condición son el C,D,E y F dado que en estos el porcentaje de disminución que presentan con respecto a la lámina aplicada estimada es la mínima (Cuadro 25A), lo cual equivale a que las pérdidas por evaporación para estos tratamientos desde el momento del riego hasta el día de muestreo de humedad fueron las menores, lo cual implica una situación de conservación de humedad.

En relación a la uniformidad de distribución y eficiencia de almacenamiento o requerimientos (para cualquier nivel de referencia) los tratamientos que mayor porcentaje reportaron, fueron el A,E,F y G, lo cual implica que bajo estas condiciones de operación tanto la uniformidad del riego

como las demandas de agua requerida son aceptables para cualquier nivel de referencia en estudio y por lo tanto aplicable en la mayoría de las especies cultivables.

Para el caso de la eficiencia de aplicación y dentro de los niveles de referencia de 0-30 y 30-60 cms de profundidad, los tratamientos A,B,C y D son en donde las eficiencias son mayores, lo cual indica que mediante esta operación las pérdidas por percolación profunda son las mínimas. Dentro del nivel de referencia de 90 cms en los tratamientos donde resulta menor la pérdida por percolación son el A,B,F y G.

Al obtener los modelos de regresión empíricos de la función de avance en base a los tratamientos evaluados se observa en el Cuadro 8 que en los tratamientos en donde se aplicó la mayor cantidad de gasto unitario reportan mayores coeficientes de determinación, lo cual implica que el modelo seleccionado predice con bastante aproximación para el caso de gastos unitarios grandes como es el caso del de 2.66 y 4 litros por segundo por cada 100 m<sup>2</sup>.

Tanto el porcentaje de emergencia como la altura de planta de algodónero evaluadas antes del primer riego de auxilio se consideran para el presente estudio como variables auxiliares, dado que estas pueden estar influenciadas por otros factores no controlados; sin embargo su evaluación se considera de importancia dado que apoya a la hipótesis de que con una tercera parte de la lámina aplicada en presiembras (normalmente se aplican 30 cm) sea posible como en el presente estudio que dicho cultivo se desarrolle.

El riego de presiembra se realiza con el objetivo particular de dar condiciones adecuadas de humedad en un estrato del perfil del suelo de tal manera que tanto el proceso de germinación como el de emergencia se realicen en óptimas condiciones; además deberá proporcionar una cantidad de agua igual al uso consuntivo requerido por el cultivo hasta el momento del primer riego de auxilio.

Teóricamente el estrato que mayor efecto tiene sobre la germinación y emergencia es el que está en contacto directo con la semilla, razón por la cual se determinó en el presente trabajo la Lámina promedio almacenada por efecto del riego de presiembra en el horizonte 0-30cm de profundidad y su relación con el porcentaje de emergencia del Algodonero.

Se observa en la figura 7 que en los tratamientos C, D, E y F la Lámina almacenada en el estrato 0-30cm de profundidad es en promedio 3.35cm y 60 por ciento de emergencia, mientras que en los tratamientos A y B la Lámina almacenada promedio fué de 2.85cm y un 54 por ciento de emergencia.

En el testigo la lámina media almacenada fué de 3.6cm y un 65 por ciento de emergencia.

Se observa de lo anterior que existe una tendencia de que a mayor lámina almacenada en el estrato 0-30cm de profundidad de suelo, mayor es el porcentaje de emergencia, razón por la cual se probaron cuatro modelos de regresión

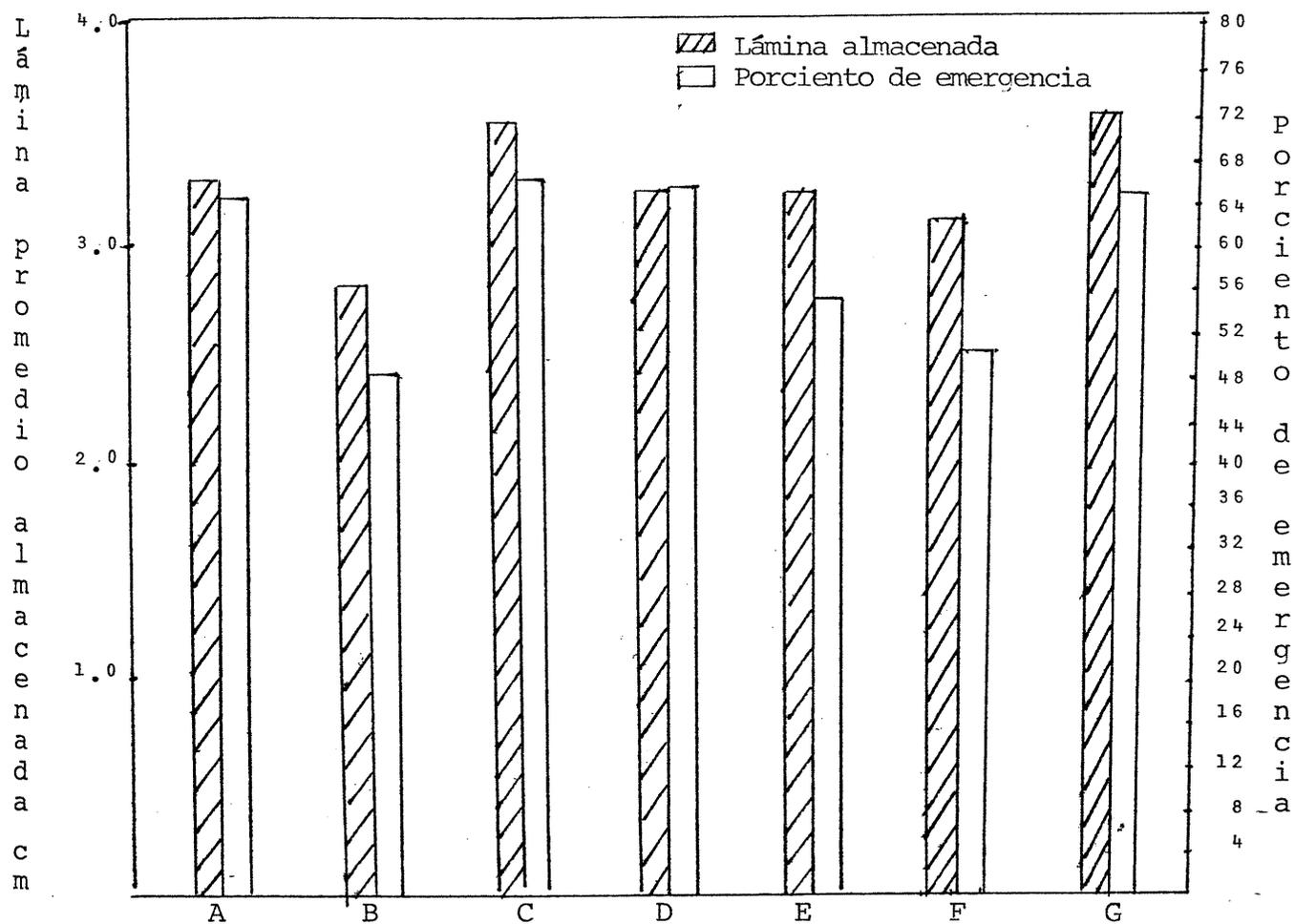


Figura 7. Lámina promedio almacenada en el estrato 0-30cm de profundidad y porcentaje de emergencia para cada tratamiento evaluado.

lineal, de las cuales el potencial resultó ser el mayor - -  
ajuste. El modelo obtenido es:

$$E = 13.42L^{1.23} \text{ con } r^2 = 0.623$$

$$\text{para } 2.8 \leq L \leq 3.7$$

donde:

E = porcentaje de emergencia de algodónero.

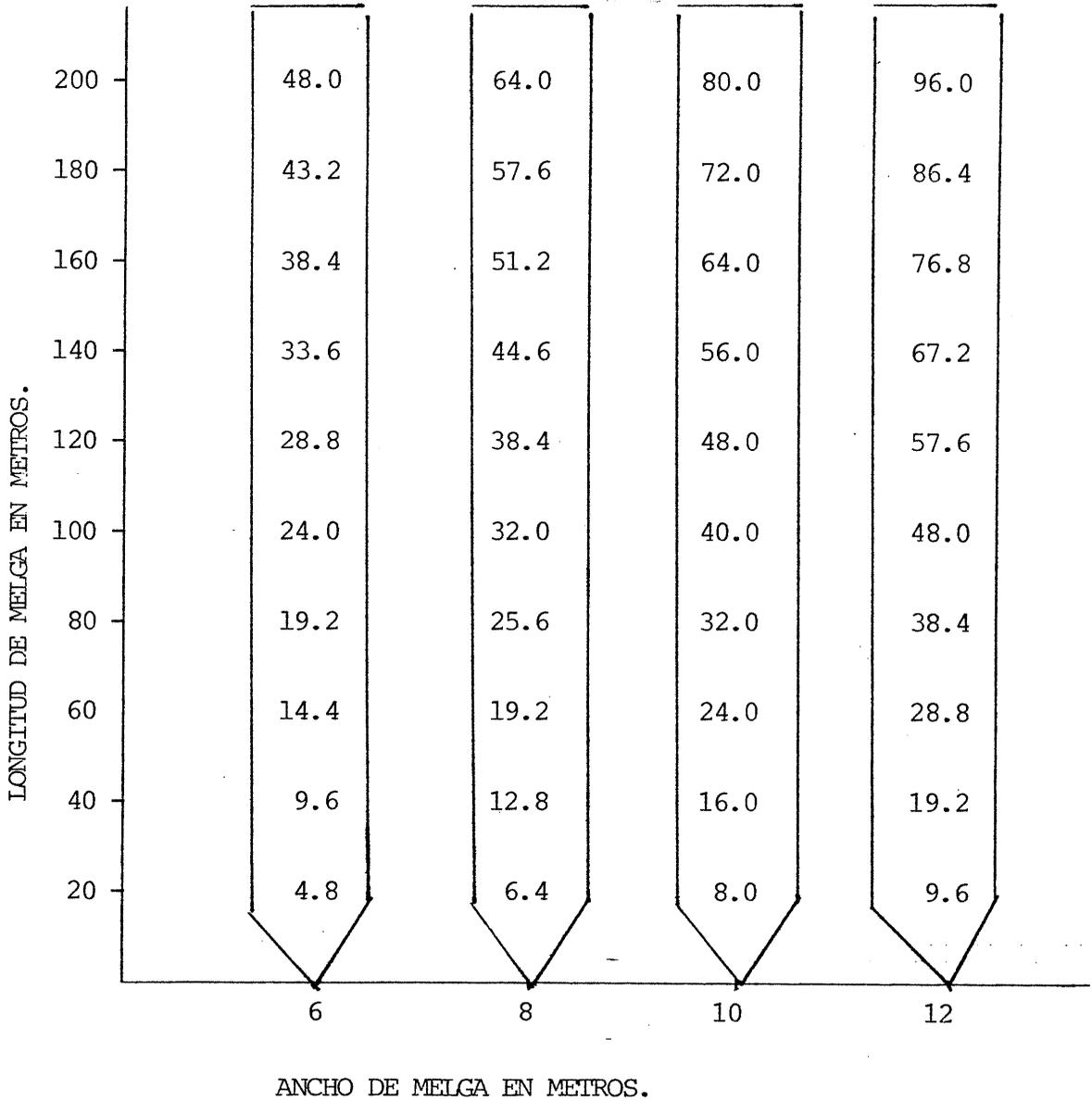
L = Lámina almacenada por el riego de presiembra  
en el estrato 0-30cm de profundidad (cm).

13.42 y 1.23 = coeficientes de regresión.

$r^2$  = coeficiente de determinación.

Cabe aclarar que el coeficiente de correlación obtenido ( $r = 0.789$ ) indica que entre el porcentaje de emergencia del algodónero y la Lámina almacenada en el estrato - -  
0-30cm de profundidad existe una relación del 78.9 por ciento y que en el 21.1 por ciento restante la emergencia se debe a otros factores no estudiados en el presente trabajo.

Cuadro 9. Gasto recomendado en litros por segundo en función de longitud y ancho de melga para las condiciones de la Región Lagunera, (suelo migajón arcilloso y pendientes entre 0 y 0.1%).



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como puede observarse en los resultados obtenidos, el más alto índice de eficiencia en aprovechamiento del agua para cualquier nivel de referencia de profundidad de suelo se obtiene cuando se aplica el máximo gasto unitario equivalente a 4 litros por segundo por 100 m<sup>2</sup> y oportunidad de corte del agua cuando el frente de agua alcanza el 100 por ciento de la longitud de la melga. Le sigue el tratamiento en donde se aplicó un gasto unitario equivalente a 2.66 litros por segundo por 100 m<sup>2</sup> y oportunidad de corte del agua cuando el frente alcanza el 100 por ciento de la longitud total de la melga. En el mismo nivel se encuentra el tratamiento en donde se aplica un gasto unitario de 2.66 litros por segundo por 100 m<sup>2</sup> y oportunidad de corte del agua cuando el frente de agua alcanza el 90 por ciento de la longitud total de la melga. Los más bajos índices de eficiencia en aprovechamiento se encuentran en el testigo y cuando se aplica un gasto unitario equivalente a 1.33 litros por segundo por 100 m<sup>2</sup> y oportunidad de corte cuando el frente de avance alcanza el 90 por ciento de la longitud de melga.

El más alto índice de eficiencia en aprovechamiento del agua para el nivel de referencia de 90 cm de profundidad de suelo se obtiene en forma análoga a lo obtenido para -

cualquier nivel de referencia de profundidad de suelo.

Para el caso de los niveles de referencia de 60 y 30 cm de profundidad los más altos índices de eficiencia se encuentran cuando se aplica un gasto unitario de 4 ó 2.66 litros por segundo por 100 m<sup>2</sup> y oportunidad de corte del frente de agua del 100 por ciento; en el mismo nivel se encuentra el tratamiento en donde se aplica un gasto unitario de 2.66 litros por segundo por 100 m<sup>2</sup> y oportunidad de corte del agua cuando el frente de agua alcance el 90 por ciento de la longitud.

Los más bajos índices se encuentran en el testigo y cuando se aplica un gasto unitario igual a 1.33 litros por segundo por 100 m<sup>2</sup> y oportunidad de corte de agua cuando el frente alcanza un 90 por ciento de la longitud.

Los tratamientos de gasto unitario y oportunidad de corte afectaron significativamente en cuanto al tiempo de aplicación, lámina de riego aplicada estimada y volumen aplicado estimado, no resultando así para lámina de riego aplicada medida, uniformidad de distribución, eficiencia de requerimientos y eficiencia de aplicación para cualquier nivel de referencia de profundidad de suelo.

Los gastos unitarios probados afectan significativamente al frente de avance, por lo cual se obtuvo un modelo de predicción para cada nivel evaluado y en donde se aplicaron gastos de 2.66 y 4.00 litros por segundo por 100 m<sup>2</sup> los coeficientes de determinación obtenidos resultaron bastante altos.

No se pudieron obtener modelos de predicción para la recesión debido básicamente a que no se obtuvo en campo la información requerida por problemas de disponibilidad de recursos humanos.

En base a las observaciones anteriores se puede afirmar que la hipótesis planteada en el presente trabajo se acepta dado que el gasto unitario y la oportunidad del corte del agua en riego de presiembra en melgas son determinantes en la eficiencia de aplicación almacenamiento y uniformidad de distribución.

En conclusión se recomienda para riegos de presiembra en melgas de la región Lagunera de textura migajón arcilloso y pendiente entre 0 y 0.1 por ciento, aplicar gastos unitarios de 4 litros por segundo por 100 m<sup>2</sup> y cortar la aplicación del agua de riego cuando el frente de avance alcance el 100 por ciento de la longitud total de la melga.

En el cuadro 9 se presenta el gasto recomendado en función de diferentes anchos y largos de melga para que de esta manera el agricultor obtenga el máximo aprovechamiento del agua de riego. Dicho gasto es obtenido en base al modelo matemático siguiente:

$$Q = 0.04 \times L \times A$$

donde:

Q = gasto recomendado, litros por segundo

L = largo de melga, m

A = ancho de melga, m

.04 = factor de conversión, litros por segundo por m<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se llevó a cabo una evaluación del efecto del gasto y oportunidad del corte del agua sobre la eficiencia de aplicación, almacenamiento y uniformidad del riego de presiembra en melgas bajo las condiciones predominantes de suelo y topografía de la Región Lagunera.

Se probaron tres niveles de gasto unitario, combinados con dos niveles de oportunidad de corte del agua de riego y además testigo. Los niveles de gasto unitario se establecieron en base al rango de operación normal del agua de riego por parte de los agricultores y la oportunidad del corte del agua en base a la pendiente y textura de suelo predominante de dicha región.

En el presente trabajo se observaron los siguientes resultados:

Al realizar el análisis de varianza (ANVA) hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para el caso de las variables de tiempo de avance estimado, tiempo de aplicación del riego y volumen de agua aplicado; no resultando de esta manera para las variables de lámina de riego aplicada medida, coeficiente de distribución; eficiencia de aplicación y almacenamiento para cualquier nivel de referencia de profundidad de suelo establecido.

De los resultados del experimento se concluye que al aplicar el riego de presiembra en melgas para condiciones de la Región Lagunera con pendiente entre 0 y 0.1 por ciento y textura migajón arcillosa un gasto unitario equivalente a 4 litros por segundo por cada 100 m<sup>2</sup> de superficie y una oportunidad de corte del agua de riego cuando el frente de avance alcance el 100 por ciento de la longitud total de la melga se obtiene el máximo índice de eficiencia de aprovechamiento del agua.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre, S.O. 1975. Guía climática de la Comarca Lagunera, Seminarios técnicos del CIANE. Vol. 11, No. 9.
- Boher, L.J. 1974. Surface Irrigation, Rome, FAO.
- Criddle, W.D., S.C. Davis and D.G. Schockley 1956. Border Irrigation In U.S. Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Methods for Evaluating Irrigation Systems. Agriculture Handbook No. 82 Washington, D.C. pp. 11-16.
- Dena, L.F. 1985. Comportamiento del acuífero de la Comarca Lagunera durante el período de 1977 a 1983. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango, Venecia, Dgo. 96 p.
- Fok, Y.S. and A.A. Bishop 1969. Expressing Irrigation Efficiency in terms of application time, Intake and Water Advance Constants. Transactions of the ASAE. St. Joseph, Michigan. p.p. 438-442.
- Grassi, C.J. 1978. Diseño del riego por Superficie: Estudio de la relación Avance-Infiltración. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT), Venezuela. 80 p.
- Hall, W.A. 1960a. Design of Irrigation border checks. Agr. Eng. St. Joseph, Michigan. 41: 439-442.
- \_\_\_\_\_ 1960b. Performance Parameters of Irrigation Systems. Transactions of the ASAE. St. Joseph, Michigan. p.p. 75, 76 y 81.
- Hansen, V.E. 1960. New Concepts in Irrigation Efficiency. Transactions of the ASAE. St. Joseph, Michigan. p.p. 55-57, 61 y 64.
- Hidalgo, G.A. 1971. Métodos Modernos de riego por superficie. España. Ed. Aguilar. p.p. 259, 293.
- Howe, O.W. and D.F. Heerman 1970. Efficient Border Irrigation Design and Operation. Transactions of the ASAE. St. Joseph, Michigan. p.p. 126-130.

- IATEM, CONACYT 1985. Memorias. Ciclo Internacional de Conferencias. "Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en la Agricultura". Gómez Palacio, Dgo. 148 p.
- Israelsen, O.W. 1950. Irrigation Principles and Practices. John Wiley and Sons. p.p. 218-219.
- Little, M.T. y J. Hills 1979. Métodos estadísticos para la Investigación en la Agricultura. 1a. edición. Ed. Trillas. México. 270 p.
- Macías, R.H. y Hernández, Y.C. 1980. Evaluación del Riego bajo diferentes grados de Preparación del terreno en el cultivo del Algodonero. Informe de Investigación. SARH. CENAMAR.
- Merriam, J.L. 1978a. Border-Strip Irrigation Design Practical Approach from a theoretical Basis. Agricultural Engineering. Logan, Utah. Paper No. 78-2008.
- \_\_\_\_\_ 1978b. Farm Irrigation System Evaluation: A Guide for Management. Utah State University. Logan, Utah. p.p. 8-12.
- On Farm Irrigation Committee of the Irrigation and Drainage Division. ASCE 1978. Describing Irrigation Efficiency and Uniformity. Journal of the Irrigation and Drainage Division. p.p. 35-41.
- Orive, A.A. 1970. La irrigación en México. Ed. Grijalbo. México. 246 p.
- Palacios, V.E. 1975. Productividad, Ingreso y Eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego en México. C.P. ENA. Chapingo, México. p.p. 8-9.
- Ramírez, J. 1976. Características Generales de las series de Suelos en la Región Lagunera, Coahuila y Durango. SARH. Lerdo, Durango. Distrito de Riego No. 17. p.p. 3-6.
- SARH-INIA, 1984a. Plan Indicativo de Investigación para el Aprovechamiento Integral del Agua en la Agricultura CIAN. PRONAPA. Gómez Palacio, Dgo. p.p. 21-30.
- \_\_\_\_\_ 1984b. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola Área de Influencia del Campo Agrícola Experimental "La Laguna". CIANE. México. p. 9.

- Shockley, D.G. 1960. Present Procedures and Mayor Problems in Irrigation Design. Proceeding of the ARS-SCS. Wrkshop on Hidraulics of Surface Irrigation. USDA p.p. 1-6.
- Shockley, D.G., M.J. Woodward and J.T. Phelan 1964. A Quasi-Rational Method of Border Irrigation Design. Transactions of the ASAE. St. Joseph, Michigan. p.p. 420-423 y 426.
- Soil Conservation Service. S.C.S. U.S. Departament of Agriculture, Instructions and Criteria for Preparation of Irrigation Guides. Trad. por Jesús Chávez Morales. Dirección General de Distritos de Riego. Memorándum técnico No. 201 México. 80 p.
- Tavera y S.G.G. 1982. Relación Labranza-Humedad del suelo en Ballico Anual. Informe de Investigación. SARH CENAMAR. Gómez Palacio, Dgo. 20 p.
- Torreón, Coah. Patronato para la Investigación. Fomento y Sanidad Vegetal de la Comarca Lagunera 1977-78. Estadísticas de la Producción Agropecuaria y su valor. Torreón, Coah. 145 p.
- Winter, E.J. 1982. El Agua, el Suelo y la Planta. Ed. Diana. México. p.p. 121-123.

## A P E N D I C E   D E   C U A D R O S

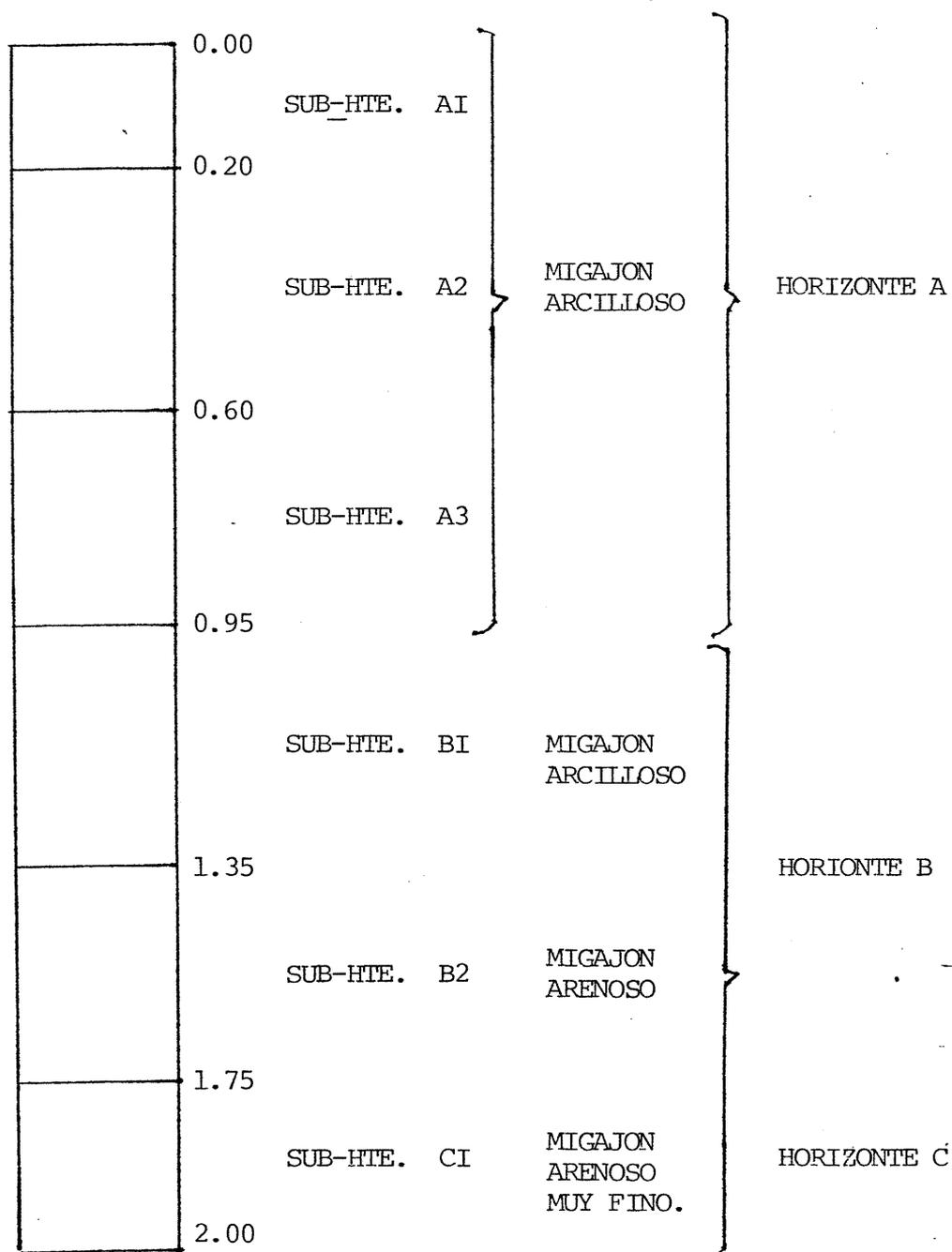
Cuadro 1A. Características físico-químicas del ejido "Purísima".

PROF. (cm)	pH.	C.E. (mmhos/cm)	P.S.I.	M.O. (%)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	TEXTURA	C.C. (%)	P.M.P. (%)	D.A. <sub>3</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	C.A. (cm)
0-30	8.6	0.58	0.89	0.89	30.1	36.0	33.8	MIGAJON ARCILLOSO.	32.3	15.7	1.23	11.91
30-60	8.4	0.54	1.9	0.27	38.1	32.0	29.8	" "	32.3	15.7	1.37	13.3
60-90	8.1	2.5	1.6	0.27	24.1	40.0	35.8	" "	33.8	18.0	1.25	12.70
90-120	8.1	3.5	4.1	0.21	30.1	32.0	29.8	" "	34.7	18.1	1.28	13.32
120-150	8.3	0.8	3.5	0.20	32.5	34.0	33.5	" "	33.6	17.0	1.3	13.10

Cuadro 2A. Características físico-químicas del campo experimental "Pronapa".

PROF. (cm)	pH.	C.E. (mmhos/cm)	P.S.I.	M.O. (%)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	TEXTURA	C.C. (%)	P.M.P. (%)	D.A. <sub>3</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	C.A. (cm)
0-30	8.6	0.56	0.46	0.96	37.4	28.0	34.5	MIGAJON ARCILLOSO	33.7	16.0	1.32	13.3
30-60	8.4	0.36	0.45	0.00	43.4	26.0	30.5	" "	31.1	15.2	1.40	13.1
60-90	8.5	0.40	1.10	0.69	45.4	32.0	22.5	FRANCO	26.1	11.3	1.27	9.9
90-120	8.6	0.45	2.6	0.14	33.4	42.0	24.5	" "	28.0	14.6	1.33	11.17
120-150	8.4		1.9	0.21	39.1	33.0	27.9	MIGAJON ARCILLOSO	32.6	16.5	1.32	12.9

Cuadro 3A. Perfil de un pozo típico de la serie "Coyote"  
(tipo migajón arcilloso coyote).



Cuadro 4A. Material requerido para la realización de las pruebas de campo.

---

- a) Estacas para indicar estaciones
  - b) Palas (4)
  - c) Barrenas para muestreo de suelo, una de caja para determinar propiedades físicas y químicas del suelo y una tipo vehimeyer para obtener el contenido de humedad.
  - d) Lonas de 4 x 3 cm (2)
  - e) Nivel de albañil (1)
  - f) Nivel fijo y estatal (1)
  - g) Cronómetros (2)
  - h) Cinta métrica (50 m) (1)
  - i) Reglas metálicas de 30 cm (3)
  - j) Manguera transparente de 3 m de longitud y 0.5 cm de diámetro (3).
  - k) Sifones de aluminio de 2 y 3 pulgadas de diámetro.
  - l) Vertedor de demasías (2)
  - m) Libretas de campo (3)
  - n) Formas de control de datos de campo.
  - o) Cámara fotográfica (1)
  - p) Bayoneta de registro del tirante de agua.
  - q) Bolsas de polietileno y etiquetas con capacidad de 1 kg.
  - r) Botes de aluminio para muestreo de humedad (120)
  - s) Material y reactivos de laboratorio para análisis físico-químicos.
-

Cuadro 5A. Registro diario de datos de evaporación y precipitación para la estación del campo experimental "Pronapa".

mes abril                      año 1987.

D I A	PRECIPITACION (mm)	EVAPORACION (mm)
1	0	6.45
2	0	12.13
3	0	5.80
4	0	6.00
*5	0	9.00
*6	0	5.03
*7	0	4.00
*8	0	6.23
*9	0	7.48
10	0	9.58
11	0	10.15
12	0	11.36
13	0	9.46
14	0	5.89
15	0	8.02

\* Días en que se efectuó el riego.

Cuadro 6A. Corriente unitaria (por cada 100mXm de melga) en litros/seg de acuerdo al criterio de Criddle, et al., 1956.

LOCALIDAD "PRONAPA"		
PROFUNDIDAD	V.I.B. = 1.3cm/hr $F_c = 1.45$	
	L.R. (cm)	q. (Lps/100m <sup>2</sup> )
0-30	8.21	2.03
0-60	13.25	1.16
0-90	15.21	0.90

LOCALIDAD "PURISIMA"		
PROFUNDIDAD	V.I.B. = 1.2cm/hr $F_c = 1.45$	
	L.R. (cm)	q. (Lps/100m <sup>2</sup> )
0-30	7.13	2.10
0-60	14.41	0.87
0-90	20.44	0.46

Cuadro 7A. Lámina de riego requerida (cm) hasta una profundidad de --  
90cm.

## "PRONAPA"

C.C.	P.S.	D.A.	P.R.	L.R.	L.R.A.
33.7	12.96	1.32	0-30	8.21	8.21
31.1	19.11	1.4	30-60	5.04	13.25
26.1	20.96	1.27	60-90	1.96	15.21

## "PURISIMA"

C.C.	P.S.	D.A.	P.R.	L.R.	L.R.A.
32.3	12.98	1.23	0-30	7.13	7.13
32.3	14.59	1.37	30-60	7.28	14.41
33.8	17.73	1.25	60-90	6.03	20.44

## NOTACION:

C.C. = Contenido de humedad a capacidad de campo (%).

P.S. = Contenido de humedad presente en el suelo antes del riego (%).

D.A. = Densidad aparente del estrato (%).

P.R. = Profundidad del estrato de suelo (cm).

L.R. = Lámina de riego requerida (cm).

L.R.A. = Lámina de riego requerida acumulada (cm).

Cuadro 8A. Tiempo de oportunidad deseado para que se infiltre lámina requerida.

## "PRONAPA"

P.R.	L.R.A.	T.O.	1/4 T.O.
0-30	8.21	105.0	26.25
0-60	13.25	231.4	57.85
0-90	15.21	290.5	72.63

## "PURISIMA"

P.R.	L.R.A.	T.O.	1/4 T.O.
0-30	7.13	60.94	15.24
0-60	14.4	214.13	53.53
0-90	20.44	399.77	99.94

## NOTACION:

P.R. = Profundidad del estrato de suelo (cm).

L.R.A. = Lámina de riego requerida acumulada (cm).

T.O. = Tiempo de oportunidad deseado (minutos).

1/4 T.O. = Un cuarto del tiempo de oportunidad (minutos), ó tiempo requerido para que el agua alcance el final de la melga de -- acuerdo a Criddle.

Cuadro 9A. Comparación entre el tiempo (min) requerido de acuerdo a Criddle v el tiempo (min) real observado para que el agua alcance el final de cada melga.

P.R.	TRATAMIENTO	"PURISIMA I"			"PURISIMA II"			"PRONAPA III"		
		T.R.	1/4 T.O.	DIFERENCIA	T.R.	1/4 T.O.	DIFERENCIA	T.R.	1/4 T.O.	DIFERENCIA.
0-30	A	145	15.24	129.76	240	15.24	224.76	178	26.25	151.75
	B	178	" "	162.76	150	" "	134.76	93	" "	66.75
	C	82	" "	66.76	73	" "	57.76	49	" "	22.75
	D	89	" "	73.76	79	" "	63.76	50	" "	23.75
	E	50	" "	34.76	64	" "	48.76	31	" "	4.75
	F	67	" "	51.76	79	" "	63.76	39	" "	12.75
	G	152	" "	136.76	180	" "	164.76	28	" "	1.75
0-60	A	145	53.53	91.47	240	53.53	186.47	178	57.85	120.15
	B	178	" "	124.47	150	" "	96.47	93	" "	35.15
	C	82	" "	28.47	73	" "	19.47	49	" "	- 8.85
	D	89	" "	35.47	79	" "	25.47	50	" "	- 7.85
	E	50	" "	- 3.53	64	" "	10.47	31	" "	- 26.85
	F	67	" "	13.47	79	" "	25.47	39	" "	- 18.85
	G	152	" "	98.47	180	" "	126.47	28	" "	- 29.85
0-90	A	145	99.94	45.16	240	99.94	140.16	178	72.63	105.37
	B	178	" "	78.16	150	" "	50.16	93	" "	20.37
	C	82	" "	- 17.84	73	" "	- 26.84	49	" "	- 23.63
	D	89	" "	- 10.84	79	" "	- 20.84	50	" "	- 22.63
	E	50	" "	- 49.84	64	" "	- 35.84	31	" "	- 41.63
	F	67	" "	- 32.84	79	" "	- 20.84	39	" "	- 33.63
	G	152	" "	52.06	180	" "	80.06	28	" "	- 44.63

NOTACION:

P.R. = Profundidad.

T.R. = Tiempo real que tardó el agua en llegar al final de la melga (min).

1/4 T.O. = Un cuarto del tiempo de oportunidad (min) ó tiempo requerido para que el agua alcance el final de la melga de acuerdo a Criddle.

DIFERENCIA= T.R.-1/4 T.O.

Cuadro 10A. Tiempo de aplicación del agua de riego a cada melga experimental.

TRATAMIENTO	TIEMPO DE APLICACION (min)		
	I	II	III
A	145	240	178
B	153	135	85
C	82	73	49
D	80	73	43
E	50	64	31
F	57	70	35
G	377	387	55

Cuadro 11A. Tiempo de avance estimado (min) para un diseño en bloques al azar con arreglo factorial 3x9 con seis repeticiones.

$q_1 = 1.33 \text{ Lps}/100\text{m}^2$									$q_2 = 2.66 \text{ Lps}/100\text{m}^2$									$q_3 = 4 \text{ Lps}/100\text{m}^2$									
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
B	10	22	37	53	69	86	104	122	142	3	9	17	26	37	48	60	73	88	3	7	12	17	22	28	35	41	48
L	13	20	46	63	81	100	119	138	158	5	13	22	32	43	55	67	80	93	3	8	14	21	30	28	47	58	68
O	14	29	45	61	78	94	111	128	145	4	10	17	25	33	42	52	62	72	4	10	16	24	32	41	50	59	69
Q	14	35	58	84	112	142	172	205	238	5	12	20	29	39	50	61	73	85	3	8	15	24	34	45	57	71	85
U	5	21	46	81	125	180	243	315	397	5	11	18	25	33	42	50	60	69	3	7	12	16	22	27	33	39	45
E	6	16	30	45	63	83	104	128	152	4	10	17	25	33	41	50	59	69	3	8	13	19	26	33	41	45	56
S																											

NOTACION:

FACTOR A = Gasto unitario

NIVELES = 3

FACTOR B = Estaciones

NIVELES = 9

Cuadro 12A. Análisis de varianza del tiempo de avance estimado (min) - para un diseño de bloques al azar con arreglo factorial - 3x9 con seis repeticiones.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F
FACTOR A	2	134,877.4	67,438.69	16.4783 <sup>**</sup>	4.10 5%
ERROR	10	40,925.81	4,092.581		7.56 1%
FACTOR B	8	200.232.9	25,029.12	48.1202 <sup>**</sup>	2.18 5%
ERROR	40	20,805.5	520.1375		2.0 1%
A X B	16	69,652.69	4,353.29	7.4529 <sup>**</sup>	1.77 5%
ERROR	80	46,728.75	584.1094		2.24 1%

Cuadro 13A. Tiempo de aplicación del agua de riego a cada melga - - (min/100m<sup>2</sup>) para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO.	REPETICIONES.			Y <sub>i</sub>	$\bar{Y}$
	I	II	III		
A	10.74	17.77	21.19	49.7	16.57
B	11.33	10.00	10.12	31.45	10.48
C	6.07	5.40	5.83	17.30	5.77
D	5.92	5.40	5.12	16.44	5.48
E	3.70	4.74	3.69	12.13	4.04
F	4.20	5.19	4.17	13.56	4.52
G	29.93	28.66	6.54	65.13	21.04
y.j	71.89	77.16	56.66	205.71	

Cuadro 14A. Análisis de varianza en tiempo de aplicación del agua de riego a cada melga (min/100m<sup>2</sup>) para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F	
TRATAMIENTOS	6	805.77	134.30	8.28**	3.00	5%
					4.82	1%
BLOQUES	2	32.41	16.21	0.46	3.88	5%
					6.93	
E. EXP.	12	419.79	34.98			
TOTAL.	20	1,257.97				

C.V. = 60.35%

Cuadro 15A. Prueba D.M.S. para tiempo de aplicación del agua de riego - a cada melga ( $\text{min}/100\text{m}^2$ ) para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

	$\bar{X}_E$	$\bar{X}_F$	$\bar{X}_D$	$\bar{X}_C$	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_A$	$\bar{X}_G$
	4.04	4.52	5.48	5.77	10.48	16.57	21.04
21.04 $\bar{X}_G$	17.00*	16.52*	15.56*	15.27*	10.56*	4.47	0
16.57 $\bar{X}_A$	12.53	12.05*	11.09*	10.80*	6.09	0	
10.48 $\bar{X}_B$	6.44	5.96	5.00	4.71	0		
5.77 $\bar{X}_C$	1.73	1.25	0.29	0			
5.48 $\bar{X}_D$	1.44	0.96	0				
4.52 $\bar{X}_F$	0.48	0					
4.04 $\bar{X}_E$	0						
D.M.S. al 0.05							
D.M.S. = $t \alpha / 2 \text{ G.L. error } (2 \text{ CME}/r)^{1/2}$							
D.M.S. 0.05 = 10.52							

Cuadro 16A. Lámina de riego aplicada estimada en cada melga (cm) para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES.			Y <sub>i</sub>	$\bar{Y}$
	I	II	III		
A	11.52	19.06	14.24	44.82	14.94
B	12.15	10.72	6.80	29.67	9.89
C	13.02	11.59	7.84	32.45	10.82
D	12.70	11.59	6.88	31.17	10.39
E	11.91	15.25	7.44	34.60	11.53
F	13.58	16.68	8.40	38.66	12.89
G	30.43	31.23	21.26	82.92	27.64
y.j					

Cuadro 17A. Análisis de varianza en lámina de riego aplicada (estimada) en cada melga (cm) para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F	
TRATAMIENTOS	6	702.90	117.15	23.34**	3.00	5%
					4.82	1%
BLOQUES	2	144.76	72.38	14.42**	3.88	5%
					6.93	1%
E. EXP.	12	60.29	5.02			
TOTAL	20	907.95				

C.V. = 15.99%

Cuadro 18A. Prueba D.M.S. para lámina de riego aplicada estimada en cada melga (cm) para un diseño de bloques al azar con siete - tratamientos y tres repeticiones.

	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_D$	$\bar{X}_C$	$\bar{X}_E$	$\bar{X}_F$	$\bar{X}_A$	$\bar{X}_G$
	9.89	10.39	10.82	11.53	12.89	14.94	27.64
27.64 $\bar{X}_G$	* 17.75	* 17.25	* 16.82	* 16.11	* 14.75	* 12.70	0
14.94 $\bar{X}_A$	* 5.05	* 4.55	* 4.12	3.41	2.05	0	
12.89 $\bar{X}_F$	3.00	2.50	2.00	1.36	0		
11.53 $\bar{X}_E$	1.64	1.14	0.71	0			
10.82 $\bar{X}_C$	0.93	0.43	0				
10.39 $\bar{X}_D$	0.50	0					
9.89 $\bar{X}_B$	0						

D.M.S. al 0.05

D.M.S. =  $t_{\alpha/2}$  G.L. error (2 CME/r)<sup>1/2</sup>

D.M.S. 0.05 = 3.99

Cuadro 19A. Volumen de agua aplicada a cada melga ( $m^3/100m^2$ ) para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO.	REPETICIONES.			Yi	$\bar{Y}$
	I	II	III		
A	11.52	19.06	14.24	44.82	14.84
B	12.15	10.72	6.80	29.67	9.89
C	13.02	11.59	7.84	32.45	10.82
D	12.70	11.59	6.88	31.17	10.39
E	11.91	15.25	7.44	34.60	11.53
F	13.58	16.68	8.40	38.66	12.89
G	30.43	31.23	21.26	82.92	27.64
y.j	105.31	116.12	72.86	294.29	

Cuadro 20A. Análisis de varianza en volumen de agua aplicado en cada melga ( $m^3/100m^2$ ) para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F	
TRATAMIENTOS	6	702.90	117.15	23.34**	3.00	5%
					4.82	1%
BLOQUES	2	144.76	72.38	14.42**	3.88	5%
					6.93	1%
E. EXP.	12	60.29	5.02			
TOTAL,	20	907.95				

C.V. = 15.99%

Cuadro 21A. Prueba D.M.S. para volumen de agua aplicado a cada melga -  $(m^3/100m^2)$  para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_D$	$\bar{X}_C$	$\bar{X}_E$	$\bar{X}_F$	$\bar{X}_A$	$\bar{X}_G$
	9.89	10.39	10.82	11.53	12.89	14.94	27.64
27.64 $\bar{X}_G$	17.75*	17.25*	16.82*	16.11*	14.75*	12.70*	0
14.94 $\bar{X}_A$	5.05*	4.55*	4.12*	3.41	2.05	0	
12.89 $\bar{X}_F$	3.00	2.50	2.00	1.36	0		
11.53 $\bar{X}_E$	1.64	1.14	0.71	0			
10.82 $\bar{X}_C$	0.93	0.43	0				
10.39 $\bar{X}_D$	0.50	0					
9.89 $\bar{X}_B$	0						
D.M.S. al 0.05							
D.M.S. = $t_{\alpha} \sqrt{\frac{1}{2} \text{ G.L. error } (2 \text{ CME/r})^{1/2}}$							
D.M.S. 0.05 = 3.99							

Cuadro 22A. Lámina de riego aplicada medida hasta una profundidad de 150cm para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO.	REPETICIONES.				
	I	II	III	Yi	Y
A	8.86	9.38	8.14	26.38	8.79
B	7.30	9.70	7.55	24.55	8.18
C	15.39	7.71	5.44	28.54	9.51
D	16.02	5.52	4.50	26.04	8.68
E	6.97	17.64	11.75	36.36	12.12
F	8.93	17.86	6.79	33.58	11.25
G	13.69	17.85	8.47	40.01	13.34
y.j	77.16	85.66	52.64	215.46	

Cuadro 23A. Análisis de varianza en lámina de riego aplicada medida hasta una profundidad de 150cm para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F	
TRATAMIENTOS	6	70.41	11.74	0.62 <sup>N.S.</sup>	3.00	5%
					4.82	1%
BLOQUES	2	84.0	42.0	2.23 <sup>N.S.</sup>	3.88	5%
					6.93	1%
E. EXP.	12	225.77	18.81			
TOTAL.	20	380.18				

C.V. = 42.27%

Cuadro 24A. Prueba D.M.S. para lámina de riego aplicada medida hasta una profundidad de 150cm para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_D$	$\bar{X}_A$	$\bar{X}_C$	$\bar{X}_F$	$\bar{X}_E$	$\bar{X}_G$
	8.18	8.68	8.79	9.51	11.25	12.12	13.34
13.34 $\bar{X}_G$	5.16	4.66	4.55	3.83	2.09	1.22	0
12.12 $\bar{X}_E$	3.94	3.44	3.33	2.61	0.87	0	
11.25 $\bar{X}_F$	3.07	2.57	2.46	1.74	0		
9.51 $\bar{X}_C$	1.33	0.83	0.72	0			
8.79 $\bar{X}_A$	0.61	0.11	0				
8.68 $\bar{X}_D$	0.50	0					
8.18 $\bar{X}_B$	0						
D.M.S. al 0.05							
D.M.S. = $t_{\alpha}^{1/2}$ G.L. error (2 CME/r) <sup>1/2</sup>							
D.M.S 0.05 = (2.119) (3.54) = 7.72							

Cuadro 25A. Comparación de lámina de riego aplicada (estimada) con respecto a lámina de riego aplicada (medida) hasta una profundidad de 150cm.

TRATAMIENTO		REPETICIONES					$\bar{Y}$	% DISMINUCION
		I	II	III	Yi			
A	ESTIMADA	11.52	19.06	14.24	44.82	14.94	41.2	
	MEDIDA	8.86	9.38	8.14	26.38	8.79		
B	ESTIMADA	12.15	10.72	6.80	29.67	9.89	17.3	
	MEDIDA	7.30	9.70	7.55	24.55	8.18		
C	ESTIMADA	13.02	11.59	7.84	32.45	10.82	12.1	
	MEDIDA	15.39	7.71	5.44	28.54	9.51		
D	ESTIMADA	12.70	11.59	6.88	31.17	10.39	16.5	
	MEDIDA	16.02	5.52	4.50	26.04	8.68		
E	ESTIMADA	11.91	15.25	7.44	34.60	11.53	5.1	
	MEDIDA	6.97	17.64	11.75	36.36	12.12		
F	ESTIMADA	13.58	16.68	8.40	38.66	12.89	13.2	
	MEDIDA	8.93	17.86	6.79	33.58	11.19		
G	ESTIMADA	30.43	31.23	21.26	82.92	27.64	51.7	
	MEDIDA	13.69	17.85	8.47	40.01	13.34		

Cuadro 26A. Coeficiente de distribución (%) de lámina aplicada medida en una profundidad de 150cm para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES.			Y <sub>i</sub>	$\bar{Y}$
	I	II	III		
A	72.55	73.28	62.95	208.78	69.59
B	49.15	70.02	57.10	176.37	58.79
C	69.97	71.38	35.32	176.67	58.89
D	71.89	46.27	37.35	155.53	51.84
E	48.21	78.39	62.07	188.67	62.89
F	65.73	72.57	77.81	216.11	72.04
G	78.41	85.14	69.59	232.14	77.38
y.j	455.91	497.05	401.29		66.86

Cuadro 27A. Datos transformados de coeficiente de distribución de lámina aplicada medida de una profundidad de 150cm para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES.			Y <sub>i</sub>	$\bar{Y}$
	I	II	III		
A	58.40	58.87	52.51	169.78	56.59
B	43.94	56.80	49.14	149.88	49.96
C	56.77	57.66	36.46	150.89	50.30
D	57.98	42.86	37.67	138.51	46.17
E	43.97	62.30	51.98	158.25	52.75
F	54.17	58.42	61.90	174.49	58.16
G	62.31	67.33	55.91	185.55	61.85
y.j	377.54	404.24	345.57		

Cuadro 28A. Análisis de varianza para datos transformados de coeficiente de distribución de lámina aplicada medida en una profundidad de 150cm para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.	
TRATAMIENTOS	6	533.67	88.94	1.68 <sup>N.S.</sup>	3.00	5%
					4.82	1%
BLOQUES	2	246.54	123.27	2.32 <sup>N.S.</sup>	3.88	5%
					6.93	1%
E. EXP.	12	636.93	53.08			
TOTAL	20	1,417.14				

C.V. = 13.57%

Cuadro 29A. Prueba D.M.S. para coeficiente de distribución (%) de lámina aplicada medida en una profundidad de 150cm para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

	$\bar{X}_D$	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_C$	$\bar{X}_E$	$\bar{X}_A$	$\bar{X}_F$	$\bar{X}_G$
	51.84	58.79	58.89	62.89	69.59	72.04	77.38
77.38 $\bar{X}_G$	25.54*	18.59	18.49	14.49	7.79	5.34	0
72.04 $\bar{X}_F$	20.20	13.25	13.15	9.15	2.45	0	
69.59 $\bar{X}_A$	17.75	10.80	10.70	6.70	0		
62.89 $\bar{X}_E$	11.05	4.1	4.0	0			
58.89 $\bar{X}_C$	7.05	0.1	0				
58.79 $\bar{X}_B$	6.95	0					
51.84 $\bar{X}_D$	0						

D.M.S. al 0.05

D.M.S. =  $t_{\alpha/2}$  G.L. error (2 CME/r)<sup>1/2</sup>

D.M.S. 0.05 = (2.179) (9.93) = 21.64

Cuadro 30A. Eficiencia de requerimientos (%) con referencia a 30cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES.				
	I	II	III	Yi	$\bar{Y}$
A	100.00	97.39	90.22	287.61	95.87
B	82.72	97.56	72.76	253.04	84.35
C	100.00	90.93	53.81	244.74	81.58
D	100.00	62.66	47.17	209.83	69.94
E	76.15	100.00	94.10	270.25	90.08
F	90.66	100.00	87.53	278.19	92.73
G	100.00	100.00	89.58	289.58	96.53
y.j	649.53	648.54	535.17	1833.24	

Cuadro 31A. Datos transformados de eficiencia de requerimientos con referencia a 30cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES.				
	I	II	III	Yi	$\bar{Y}$
A	90.00	80.70	71.78	242.48	80.83
B	65.44	81.01	58.54	204.99	68.33
C	90.00	72.47	47.19	209.66	69.89
D	90.00	52.33	43.38	185.71	61.90
E	60.77	90.00	75.94	226.71	75.57
F	72.20	90.00	69.32	231.52	77.17
G	90.00	90.00	71.17	251.17	83.72
y.j	558.41	556.51	437.32		

Cuadro 32A. Análisis de varianza para datos transformados - de eficiencia de requerimientos con referencia a 30cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.
TRATAMIENTOS	6	1,047.09	174.52	0.987 <sup>N.S.</sup>	3.00 5% 4.82 1%
BLOQUES	2	1,374.89	687.45	3.88*	3.88 5% 6.93 1%
E.EXP.	12	2,121.35	176.78		
TOTAL.	20	4,543			

C.V. = 17.99%

Cuadro 33A. Prueba D.M.S. para la eficiencia de requerimiento (%) con referencia a 30cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

	$\bar{X}_D$	$\bar{X}_G$	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_E$	$\bar{X}_F$	$\bar{X}_A$	$\bar{X}_G$
	69.94	81.58	84.35	90.09	92.73	93.87	96.53
96.53 $\bar{X}_G$	26.59*	14.95	12.18	6.45	3.8	0.66	0
95.87 $\bar{X}_A$	25.93*	14.29	11.52	5.79	3.14	0	
92.73 $\bar{X}_F$	22.79	11.15	8.38	2.65	0		
90.08 $\bar{X}_E$	20.14	8.5	5.73	0			
84.35 $\bar{X}_B$	14.41	2.77	0				
81.58 $\bar{X}_C$	11.64	0					
69.94 $\bar{X}_D$	0						
D.M.S. al 0.05							
D.M.S. = $t_{\alpha/2} \sqrt{2 \text{ G.L.error (2 CME/r)}}$ <sup>1/2</sup>							
D.M.S. = 24.4							

Cuadro 34A. Eficiencia de requerimientos (%) con referencia 60cm de profundidad para un diseño de bloques - al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES.			Yi	$\bar{y}$
	I	II	III		
A	61.06	63.33	69.84	194.23	64.74
B	50.83	65.84	50.85	167.52	55.84
C	87.79	51.81	37.38	176.98	58.99
D	93.33	36.75	31.55	161.63	53.88
E	46.11	95.39	76.29	217.79	72.60
F	58.07	92.12	58.34	208.53	69.51
G	87.85	99.75	62.47	250.07	83.36
y.j	485.04	504.99	386.72	1,376.75	

Cuadro 35A. Datos transformados de eficiencia de requerimientos con referencia a 60cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES.			Yi	$\bar{Y}$
	I	II	III		
A	51.39	52.73	56.69	160.81	53.60
B	45.48	54.23	45.49	145.20	48.40
C	69.64	46.04	37.69	153.37	51.12
D	75.03	37.32	34.17	146.52	48.84
E	42.77	77.60	60.86	181.23	60.41
F	49.64	73.70	49.80	173.14	57.71
G	69.60	87.13	52.22	208.95	69.65
y.j	403.55	398.75	336.92		

Cuadro 36A. Análisis de varianza para datos transformados de eficiencia de requerimientos con referencia a 60cm de profundidad para el diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F	
TRATAMIENTOS	6	1,039.58	173.26	0.798	3.00	5%
					4.82	1%
BLOQUES	2	643.21	321.61	1.481	3.88	5%
					6.93	1%
E. EXP.	12	2,605.56	317.13			
TOTAL.	20	4,288.35				

$$C.V. = 26.47$$

Cuadro 37A. Prueba D.M.S. para la eficiencia de requerimientos (%) con referencia 60cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

	$\bar{X}_D$	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_C$	$\bar{X}_A$	$\bar{X}_F$	$\bar{X}_E$	$\bar{X}_G$
	53.88	55.84	58.99	64.73	69.51	72.60	83.36
83.36 $\bar{X}_G$	29.48	27.52	24.37	18.63	13.85	10.76	0
72.60 $\bar{X}_E$	18.72	16.76	13.61	7.87	3.09	0	
60.51 $\bar{X}_F$	15.63	13.67	10.52	4.78	0		
64.73 $\bar{X}_A$	10.85	8.89	5.74	0			
58.99 $\bar{X}_C$	5.11	3.15	0				
55.84 $\bar{X}_B$	1.96	0					
53.88 $\bar{X}_D$	0						
D.M.S. al 0.05							
D.M.S. = $t_{\alpha/2}$ G.L. error $(2 \text{ CME}/r)^{1/2}$							
D.M.S. = 38.02							

Cuadro 38A. Eficiencia de requerimientos (%) con referencia 90cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

REPETICIONES.					
TRATAMIENTO	I	II	III	Yi	$\bar{Y}$
A	43.32	45.25	61.07	149.64	49.88
B	35.94	46.02	45.59	127.55	42.52
C	73.28	38.61	33.08	144.97	48.32
D	74.19	26.26	27.60	128.05	42.68
E	32.68	82.32	71.02	186.02	62.01
F	41.84	81.03	50.99	173.86	57.95
G	66.18	86.09	55.34	207.61	69.20
y.j	367.43	405.58	344.69	1,117.70	

Cuadro 39A. Datos transformados de eficiencia de requerimientos con referencia a 90cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete - tratamientos y tres repeticiones.

REPETICIONES.					
TRATAMIENTO	I	II	III	Yi	$\bar{Y}$
A	41.16	42.27	51.40	134.83	44.94
B	36.83	42.72	42.47	122.02	40.67
C	58.87	38.42	35.11	132.40	44.13
D	59.47	30.83	31.69	121.99	40.66
E	34.87	65.14	57.43	157.44	52.48
F	40.30	64.18	45.57	150.05	50.02
G	54.44	68.10	48.07	170.61	56.87
y.j	325.94	351.66	311.74		

Cuadro 40A. Análisis de varianza para datos transformados de eficiencia de requerimientos con referencia a 90cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.	
TRATAMIENTOS	6	687.27	114.54	0.743	3.00	5%
					4.82	1%
BLOQUES	2	116.99	58.49	0.379	3.88	5%
					6.93	1%
E. EXP.	12	1,849.62	154.13			
TOTAL.	20	2,653.88				

C.V. =26.35

Cuadro 41A. Prueba D.M.S. para eficiencia de requerimientos (%) con referencia a 90cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_D$	$\bar{X}_C$	$\bar{X}_A$	$\bar{X}_F$	$\bar{X}_E$	$\bar{X}_G$
	42.56	42.68	48.32	49.88	57.95	62.01	69.20
69.20 $\bar{X}_G$	26.68	26.56	20.88	19.32	11.25	7.19	0
62.01 $\bar{X}_E$	19.49	19.33	13.69	12.13	4.06	0	
57.95 $\bar{X}_F$	15.43	15.27	9.63	8.07	0		
49.88 $\bar{X}_A$	7.36	7.20	1.56	0			
48.32 $\bar{X}_C$	5.80	5.64	0				
42.68 $\bar{X}_D$	0.16	0					
42.52 $\bar{X}_B$	0						
D.M.S. al 0.05							
D.M.S. = $t_{\alpha/2}$ G.L. error $(2CME/r)^{1/2}$							
D.M.S. = 36.66							

Cuadro 42A. Eficiencia de aplicación (%) con referencia a 30cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES.			Yi	$\bar{Y}$
	I	II	III		
A	79.62	79.74	80.54	239.90	79.97
B	73.34	67.32	87.94	228.60	76.20
C	45.89	87.96	98.84	232.69	77.56
D	46.55	87.13	92.00	225.68	75.23
E	81.10	43.22	64.71	189.03	63.01
F	78.19	42.65	94.54	215.38	71.79
G	53.33	40.29	88.71	182.33	60.78
<u>y.j</u>	458.02	448.31	607.28	1,513.61	72.00

Cuadro 43A. Datos transformados de eficiencia de aplicación con referencia a 30cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES.			Yi	$\bar{Y}$
	I	II	III		
A	63.16	63.25	63.82	190.23	63.41
B	58.91	55.13	69.68	183.72	61.24
C	42.64	69.69	83.82	196.15	65.38
D	43.02	68.98	73.57	185.57	61.86
E	64.23	41.10	53.55	158.88	52.96
F	62.16	40.77	76.49	179.42	59.81
G	46.91	39.40	70.37	156.68	52.23
<u>y.j</u>	381.03	378.32	491.30		

Cuadro 44A. Análisis de varianza para datos transformados de eficiencia de aplicación con referencia a 30cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.	
TRATAMIENTOS	6	462.69	77.11	0.519	3.00	5%
					4.82	1%
BLOQUES	2	1,187.20	593.60	3.99*	3.88	5%
					6.93	1%
E. EXP.	12	1,781.79	148.48			
TOTAL.	20	3,431.68				

C.V. =20.46

Cuadro 45A. Prueba D.M.S. para la eficiencia de aplicación (%) con referencia a 30cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

	$\bar{X}_G$	$\bar{X}_E$	$\bar{X}_F$	$\bar{X}_D$	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_C$	$\bar{X}_A$
	60.78	63.01	71.79	75.23	76.20	77.56	79.97
79.97 $\bar{X}_A$	19.19	16.96	8.18	4.74	3.77	2.41	0
77.56 $\bar{X}_C$	16.78	14.55	5.77	2.33	1.36	0	
76.20 $\bar{X}_B$	15.42	13.19	4.41	0.97	0		
75.23 $\bar{X}_D$	14.45	12.22	3.44	0			
71.79 $\bar{X}_F$	11.01	8.78	0				
63.01 $\bar{X}_E$	2.33	0					
60.78 $\bar{X}_G$	0						
D.M.S.al 0.05							
D.M.S. = $t_{\alpha/2}$ G.L. error (2 CME/r) <sup>1/2</sup>							
D.M.S. 0.05 = 33.07							

Cuadro 46A. Eficiencia de aplicación (%) con referencia a 60cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

REPETICIONES.					
TRATAMIENTO	I	II	III	Yi	$\bar{Y}$
A	100.00	100.00	99.53	299.53	99.84
B	100.00	100.00	97.67	297.67	99.22
C	83.11	100.00	98.84	281.95	93.98
D	85.23	100.00	100.00	285.23	95.08
E	100.00	82.07	86.55	268.62	89.54
F	98.85	77.79	100.00	276.64	92.21
G	94.81	81.92	98.94	275.67	91.89
y.j	662.00	641.78	681.53	1,985.31	94.54

Cuadro 47A. Datos transformados de eficiencia de aplicación con referencia a 60cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

REPETICIONES.					
TRATAMIENTO	I	II	III	Yi	$\bar{Y}$
A	90.00	90.00	86.07	266.07	88.69
B	90.00	90.00	81.22	261.22	87.07
C	65.73	90.00	83.82	239.55	79.85
D	67.40	90.00	90.00	247.40	82.47
E	90.00	64.95	68.49	223.44	74.48
F	83.84	61.88	90.00	235.72	78.57
G	76.83	64.84	84.09	225.76	75.25
y.j	563.80	551.67	583.69		

Cuadro 48A. Análisis de varianza para datos transformados de eficiencia de aplicación con referencia a 60cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.	
TRATAMIENTOS	2	542.63	90.44	0.662	3.00 4.82	5% 1%
BLOQUES	6	74.70	37.35	0.273	3.88 6.93	5% 1%
E. EXP.	12	1,639.20	136.60			
TOTAL.	20	2,256.53				

C.V. 14.44

Cuadro 49A. Prueba D.M.S. para la eficiencia de aplicación (%) de referencia a 60cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

	$\bar{X}_E$	$\bar{X}_G$	$\bar{X}_F$	$\bar{X}_C$	$\bar{X}_D$	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_A$
	89.54	91.89	92.21	93.98	95.08	99.22	99.84
99.84 $\bar{X}_A$	10.30	7.95	7.63	5.86	4.76	0.62	0
99.22 $\bar{X}_B$	9.68	7.33	7.01	5.24	4.14	0	
95.08 $\bar{X}_D$	5.54	3.19	2.87	1.1	0		
93.98 $\bar{X}_C$	4.44	2.09	1.77	0			
92.21 $\bar{X}_F$	2.67	0.32	0				
91.89 $\bar{X}_G$	2.35	0					
89.54 $\bar{X}_E$	0						

D.M.S. al 0.05

D.M.S. =  $t_{\alpha/2, G.L.error} (2 CME/r)^{1/2}$

D.M.S. = 15.04

Cuadro 50A. Eficiencia de aplicación (%) con referencia a 90cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES.			Y <sub>i</sub>	$\bar{Y}$
	I	II	III		
A	100.00	100.00	100.00	300.00	100.00
B	100.00	100.00	99.17	299.17	99.72
C	95.49	100.00	99.64	295.13	98.38
D	96.00	100.00	100.00	296.00	98.67
E	100.00	100.00	90.73	290.73	96.91
F	100.00	96.10	100.00	296.10	98.70
G	100.00	98.93	100.00	298.93	99.64
y.j	691.49	695.03	689.54	2076.06	98.86

Cuadro 51A. Datos transformados de eficiencia de aplicación con referencia a 90cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES.			Y <sub>i</sub>	$\bar{Y}$
	I	II	III		
A	90.00	90.00	90.00	270.00	90.00
B	90.00	90.00	84.71	264.71	88.24
C	77.74	90.00	86.56	254.30	84.77
D	78.46	90.00	90.00	258.46	86.15
E	90.00	90.00	72.27	252.27	84.09
F	90.00	78.61	90.00	258.61	86.20
G	90.00	84.06	90.00	264.06	88.02
y.j	606.20	612.67	603.60		

Cuadro 52A. Análisis de varianza para datos transformados de eficiencia de aplicación con referencia a 90cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.	
TRATAMIENTOS.	6	78.29	13.05	0.313	3.00 4.82	5% 1%
BLOQUES	2	6.22	3.11	0.074	3.88 6.93	5% 1%
E. EXP.	12	500.36	41.69			
TOTAL.	20	584.88				

C.V. = 7.44%

Cuadro 53A. Prueba D.M.S. para eficiencia de aplicación (%) con referencia a 90cm de profundidad para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones.

	$\bar{X}_E$	$\bar{X}_C$	$\bar{X}_D$	$\bar{X}_F$	$\bar{X}_G$	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_A$
	96.91	98.38	98.67	98.70	99.64	99.72	100.00
100.00 $\bar{X}_A$	3.09	7.62	1.33	1.30	0.36	0.28	0
99.72 $\bar{X}_B$	2.81	1.34	1.05	1.02	0.08	0	
99.64 $\bar{X}_G$	2.73	1.26	0.97	0.94	0		
98.70 $\bar{X}_F$	1.79	0.32	0.03	0			
98.67 $\bar{X}_D$	1.76	0.29	0				
98.38 $\bar{X}_C$	1.47	0					
96.91 $\bar{X}_E$	0						
D.M.S. al 0.05							
D.M.S. = $t_{\alpha/2}$ G.L.error (2 CME/r) <sup>1/2</sup>							
D.M.S. = 5.45							

Cuadro 54A. Altura de planta de algodnero (cm) para un -  
diseño de bloques al azar con siete tratamien-  
tos y dos repeticiones.

TRATAMIENTO	REPETICIONES.			
	I	II	Yi	$\bar{Y}$
A	10.67	13.98	24.65	12.33
B	9.56	5.96	15.52	7.76
C	11.18	15.99	27.17	13.59
D	13.16	14.92	28.08	14.04
E	10.86	11.98	22.84	11.42
F	11.09	7.05	18.14	9.07
G	9.53	10.59	20.12	10.06
Y.j	76.05	80.47	156.52	

Cuadro 55A. Análisis de varianza para altura de planta de  
algodnero (cm) para un diseño de bloques al  
azar con siete tratamientos y dos repeticio-  
nes.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F
TRATAMIENTOS	6	65.54	10.92	1.99 <sup>N.S.</sup>	4.28 5% 8.47 1%
BLOQUES	1	1.43	1.43	0.26 <sup>N.S.</sup>	5.99 5% 13.74 1%
E. EXP.	6	32.93	5.49		
TOTAL.	13	99.90			

C.V. = 20.96%

Cuadro 56A. Prueba D.M.S. para altura de planta de algodónero (cm) para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y dos repeticiones.

	$\bar{X}_B$ 7.76	$\bar{X}_F$ 9.07	$\bar{X}_G$ 10.06	$\bar{X}_E$ 11.42	$\bar{X}_A$ 12.33	$\bar{X}_C$ 13.59	$\bar{X}_D$ 14.04
14.04 $\bar{X}_D$	*	4.97	3.98	2.62	1.71	0.45	0
13.59 $\bar{X}_C$	*	4.52	3.53	2.17	1.26	0	
12.33 $\bar{X}_A$		3.26	2.27	0.91	0		
11.42 $\bar{X}_E$		2.35	1.36	0			
10.06 $\bar{X}_G$		0.99	0				
9.07 $\bar{X}_F$		0					
7.76 $\bar{X}_B$	0						

D.M.S al 0.05

D.M.S. =  $t_{\alpha} \sqrt{1/2 \text{ G.L. error } (2 \text{ CME/r})^{1/2}}$

D.M.S. = 5.75

Cuadro 57A. Porcentaje de emergencia de algodouero para un dise $\tilde{n}$ o de bloques al azar con siete tratamientos y dos repeticiones.

TRATAMIENTO.	REPETICIONES.			
	I	II	Yi	$\bar{Y}$
A	60.0	69.2	129.3	64.65
B	57.1	37.7	94.8	47.40
C	61.5	70.0	131.5	65.75
D	63.6	66.4	130.0	65.00
E	49.2	59.2	108.4	54.20
F	58.6	40.7	99.3	49.65
G	62.3	69.2	131.5	65.75
y.j	412.3	412.5	824.8	58.90

Cuadro 58A. Datos transformados de porcentaje de emergencia para un dise $\tilde{n}$ o de bloques al azar con siete tratamientos y dos repeticiones.

TRATAMIENTO.	REPETICIONES.			
	I	II	Yi	$\bar{Y}$
A	50.77	56.35	107.12	35.71
B	49.08	37.88	86.96	43.48
C	51.65	56.79	108.44	54.22
D	52.89	54.57	107.46	53.73
E	44.54	50.30	94.84	47.42
F	49.95	39.64	89.59	44.80
G	52.12	56.29	108.41	54.21
y.j	351.00	351.82		

Cuadro 59A. Análisis de varianza de datos transformados - de prociendo de emergencia de algodnero para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y dos repeticiones.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.
TRATAMIENTOS	6	276.10	46.02	1.61	N.S. 4.28 5% 8.47 1%
BLOQUES	1	0.047	0.047	1.64	N.S. 5.99 5% $10^3$ 13.74 1%
E. EXP.	6	171.29	28.55		
TOTAL.	13	447.44			

Cuadro 60A. Prueba D.M.S. para porciendo de emergencia de algodnero para un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y dos repeticiones.

	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_F$	$\bar{X}_E$	$\bar{X}_A$	$\bar{X}_D$	$\bar{X}_C$	$\bar{X}_G$
	47.40	49.56	54.20	64.65	65.00	65.75	65.75
65.75 $\bar{X}_G$	18.35	16.10	11.55	1.1	0.75	0	0
65.75 $\bar{X}_C$	18.35	16.10	11.55	1.1	0.75	0	
65.00 $\bar{X}_D$	17.60	15.35	10.80	0.35	0		
64.65 $\bar{X}_A$	17.25	15.0	10.45	0			
54.20 $\bar{X}_E$	6.80	4.55	0				
49.65 $\bar{X}_F$	2.25	0					
47.4 $\bar{X}_B$	0						

D.M.S. al 0.05

D.M.S. =  $t_{\alpha/2, G.L. \text{ error}} (2 \text{ CME}/r)^{1/2}$   
D.M.S 0.05 = 22.49

## A P E N D I C E   D E   F I G U R A S

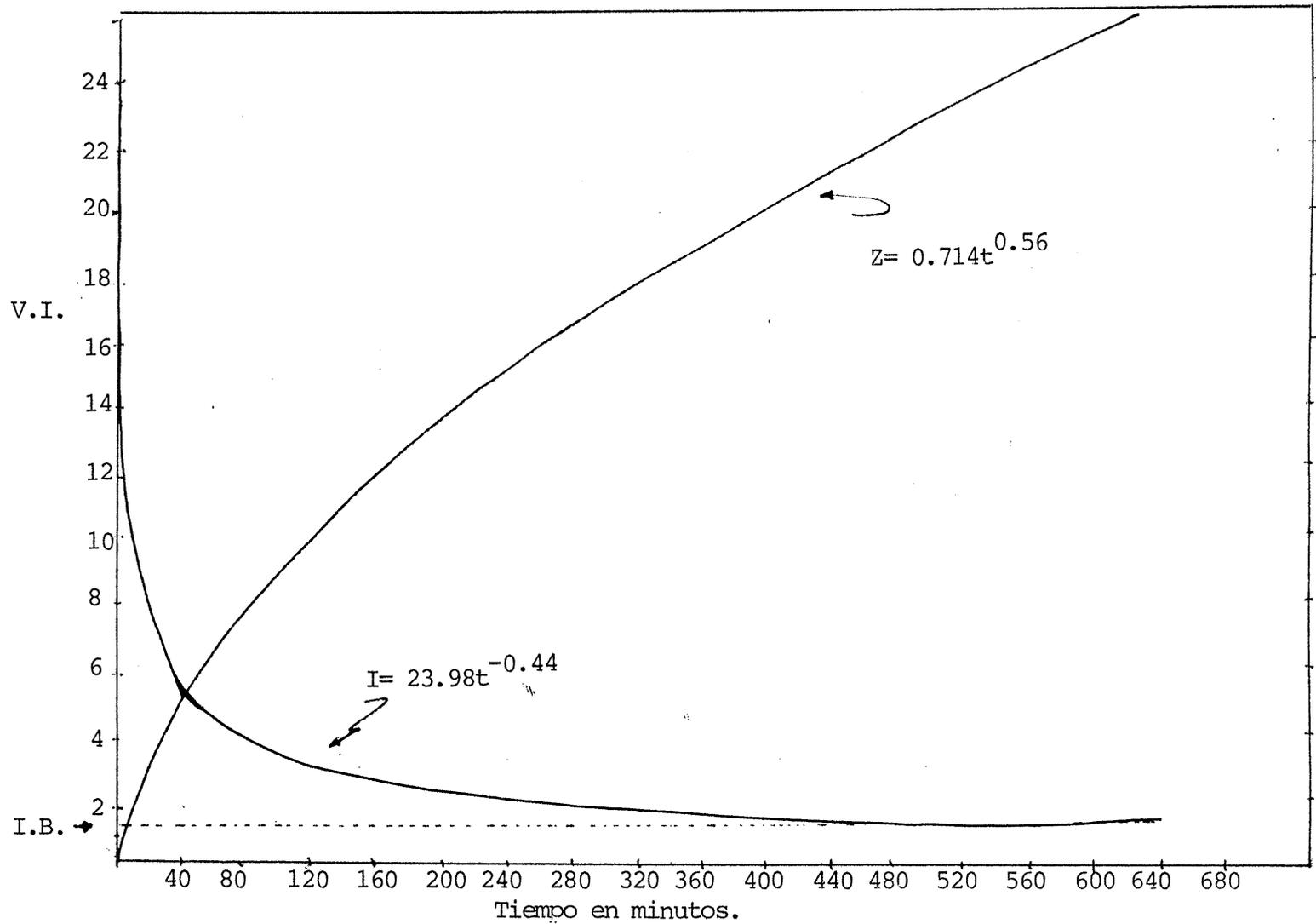


Figura 1A. Velocidad de infiltración y lámina infiltrada acumulada para el Ejido "Purísima"

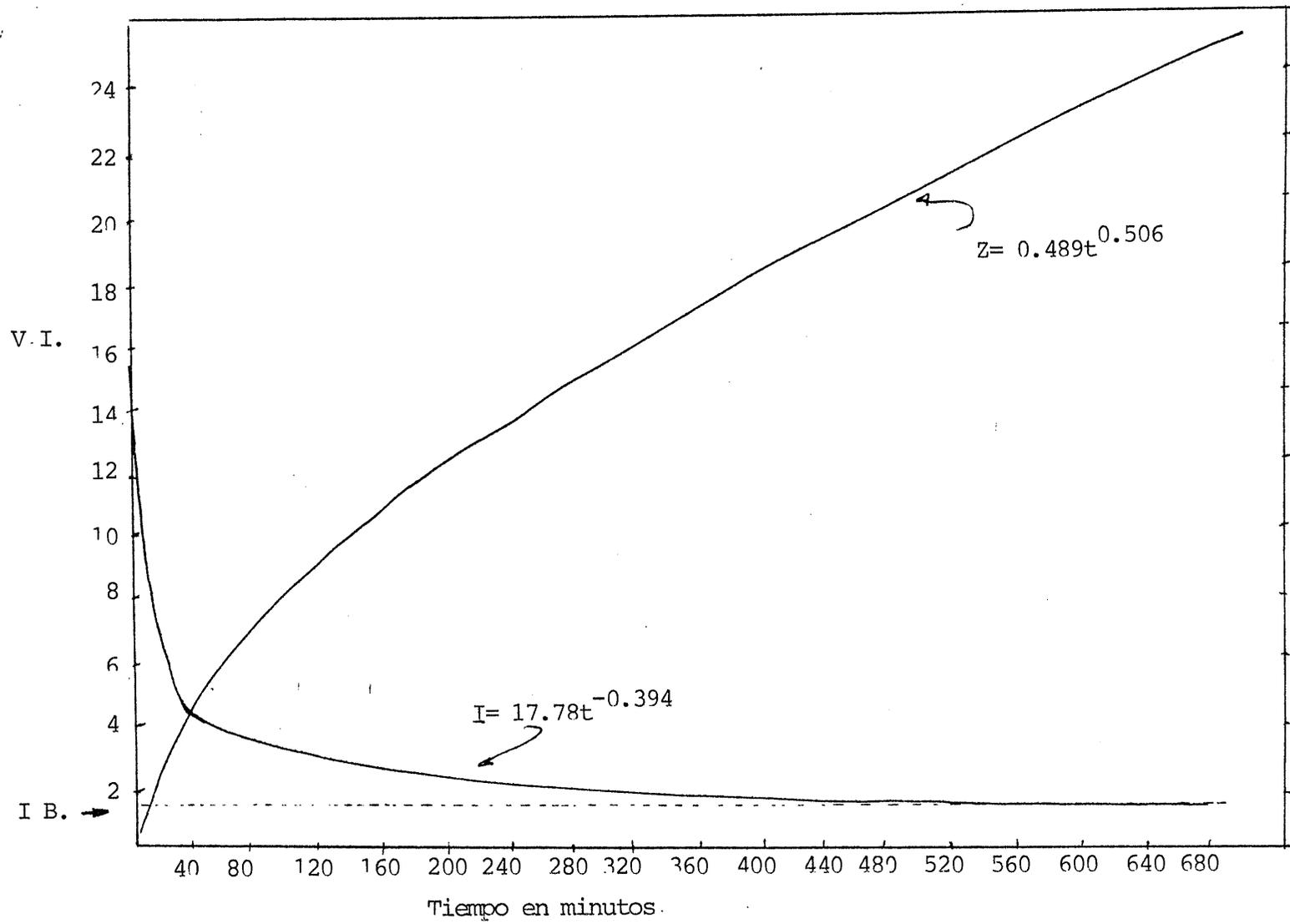
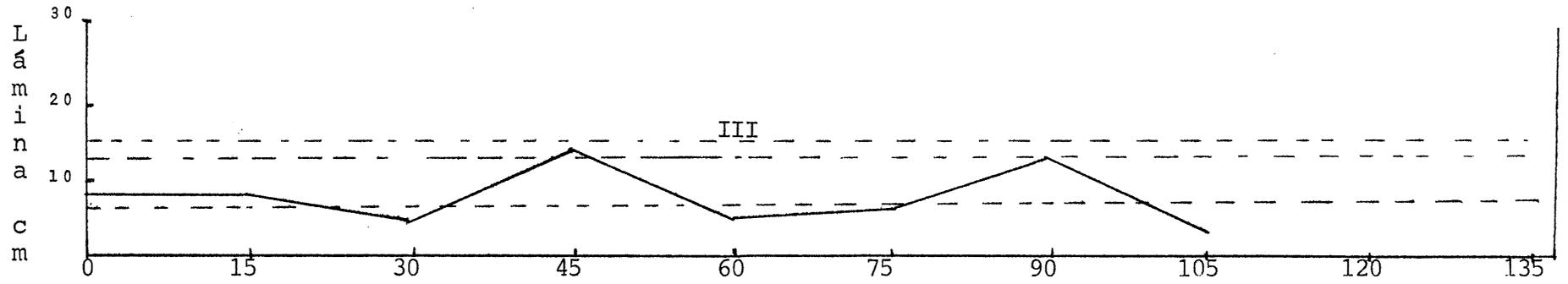
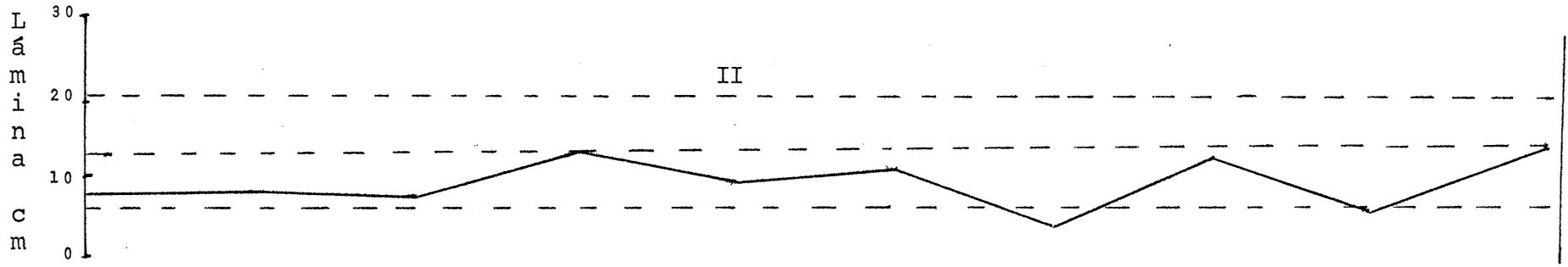
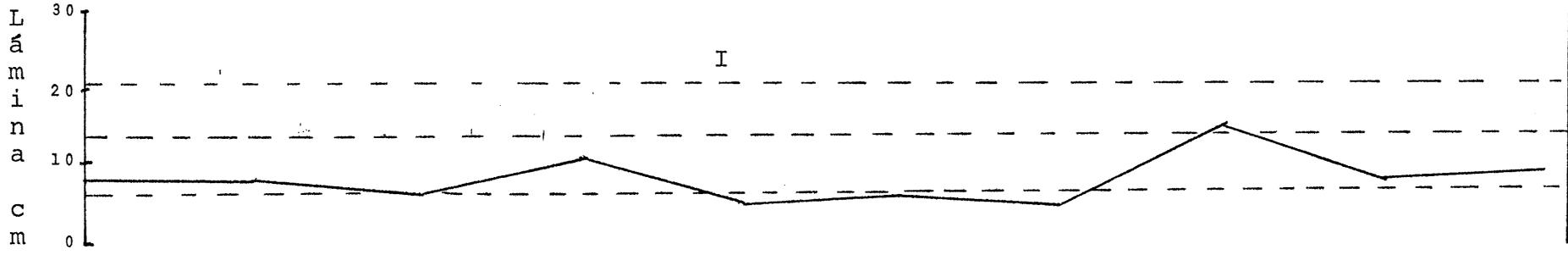


Figura 2A. Velocidad de infiltración y lámina infiltrada acumulada para el Campo Experimental "Pronapa".



Estaciones cada 15 metros.

Figura 3A. Lámina de riego aplicada medida (línea continua) y Lámina requerida (línea discontinua) para cada repetición del tratamiento A.

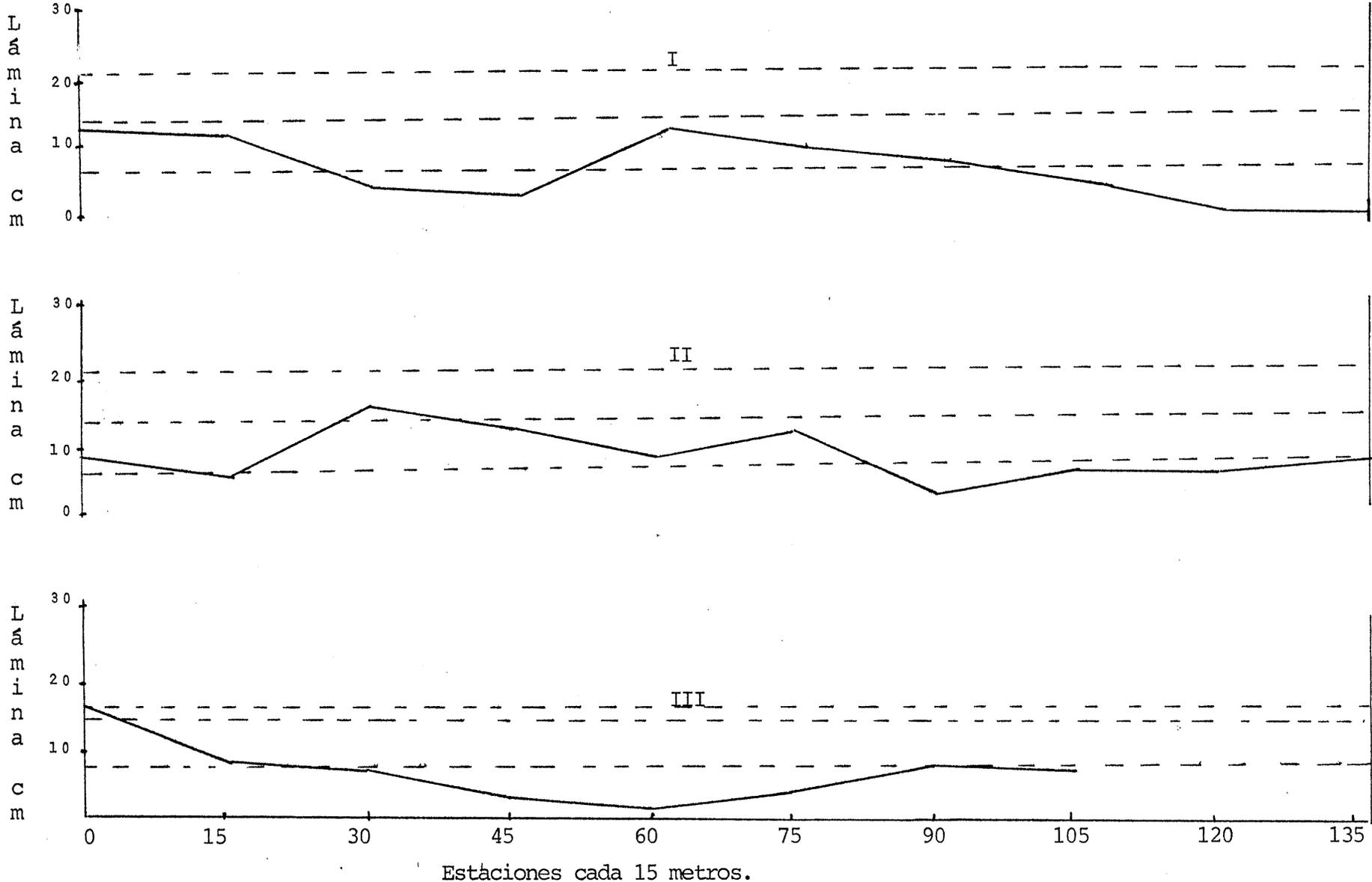


Figura 4A. Lámina de riego aplicada medida (línea continua) y Lámina requerida (línea discontinua) para cada repetición del tratamiento B.

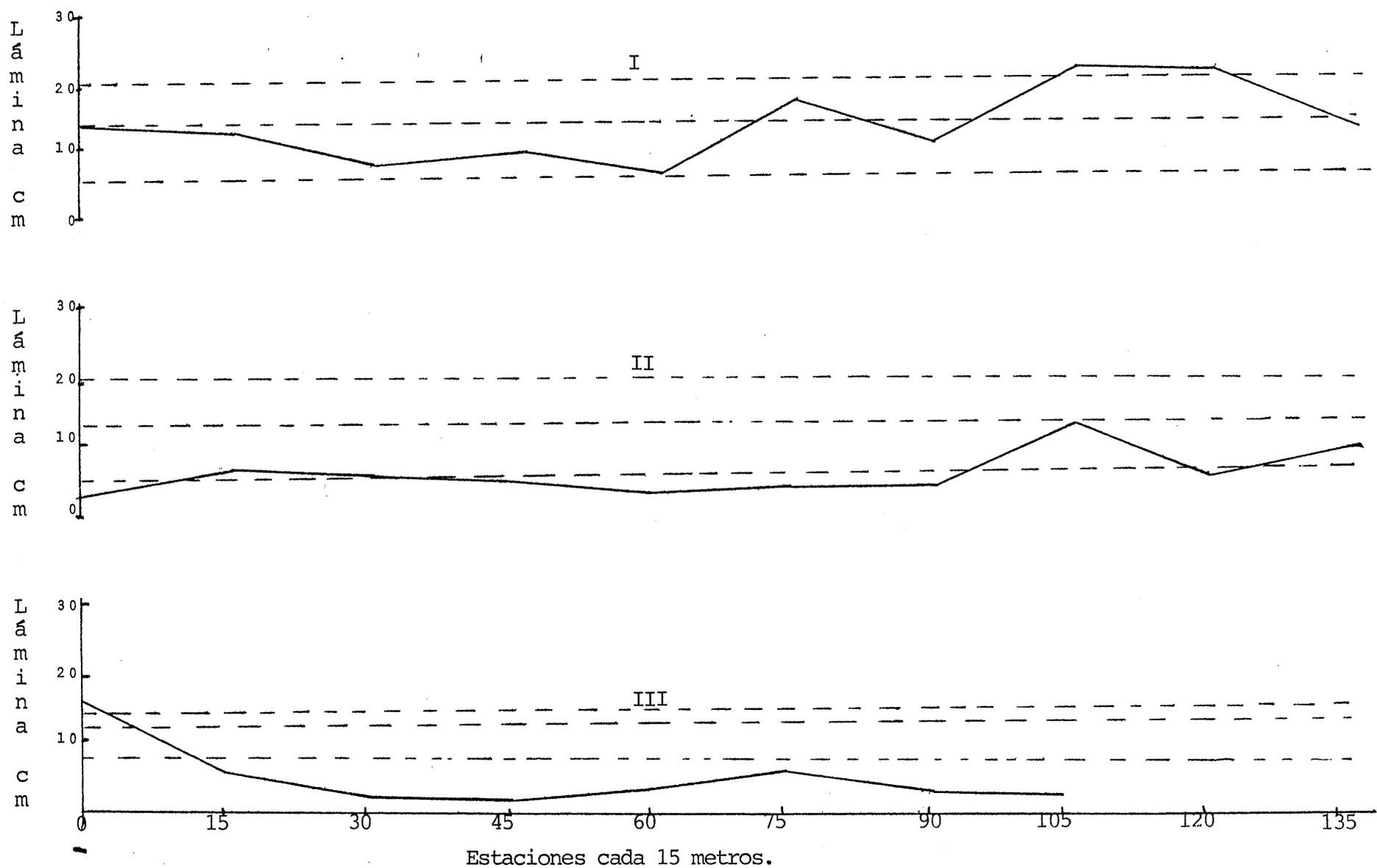


Figura 5A. Lámina de riego aplicada medida (línea continua) y Lámina requerida (línea discontinua) para cada repetición del tratamiento C.

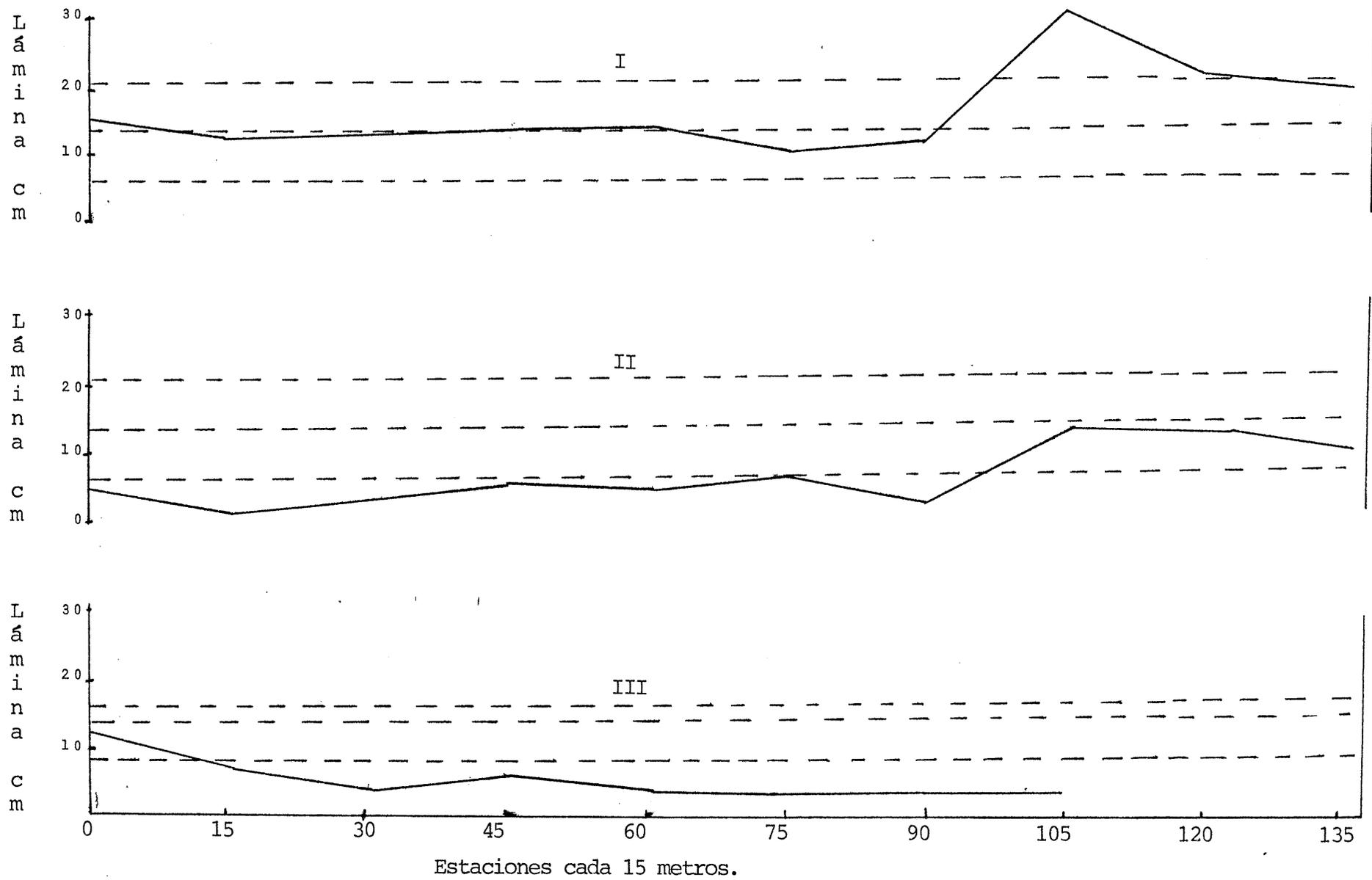


Figura 6A. Lámina de riego aplicada medida (línea continua) y Lámina requerida (línea discontinua) para cada repetición del tratamiento D.

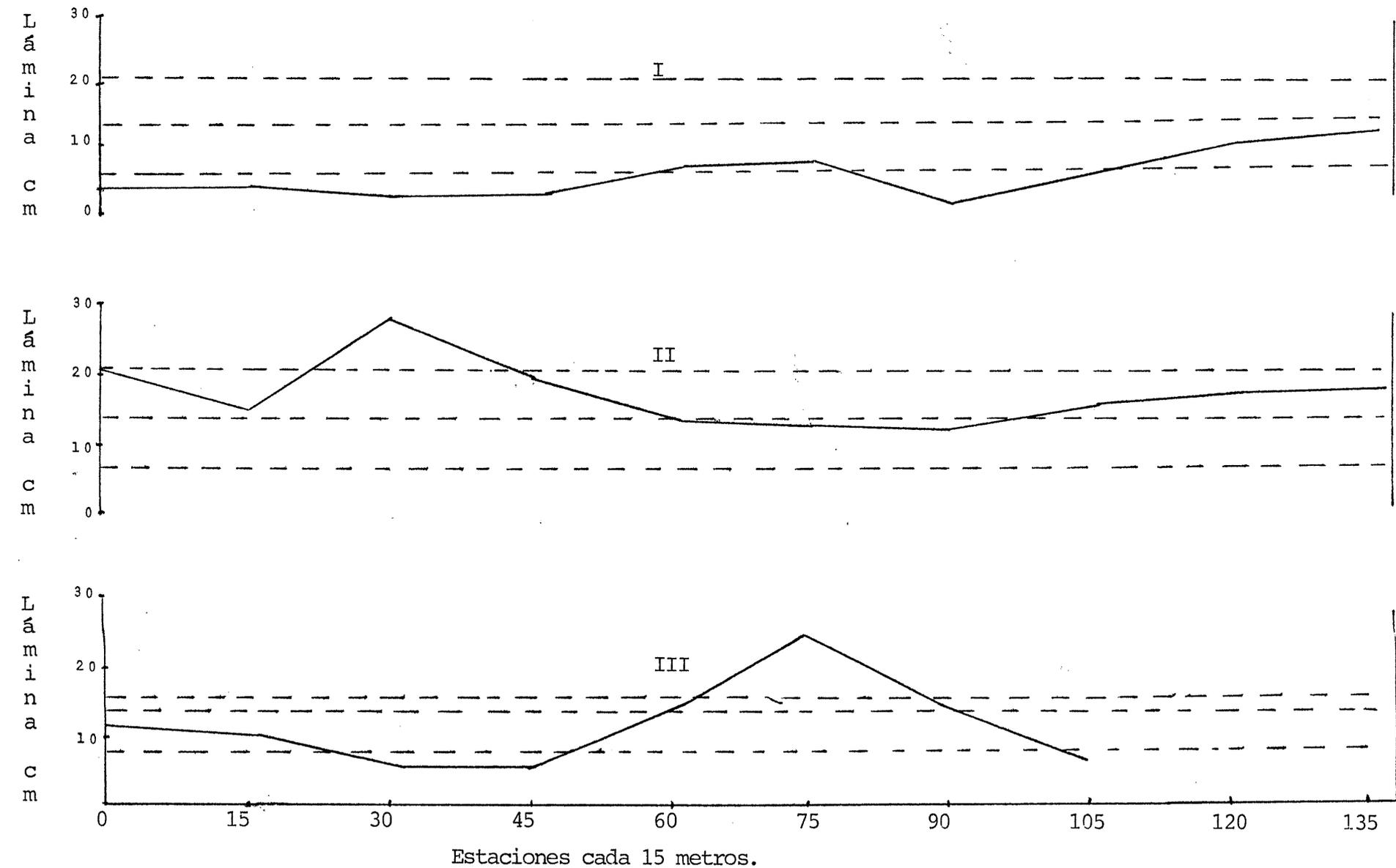


Figura 7A. Lámina de riego aplicada medida (línea continua) y Lámina requerida (línea discontinua) para cada repetición del tratamiento E.

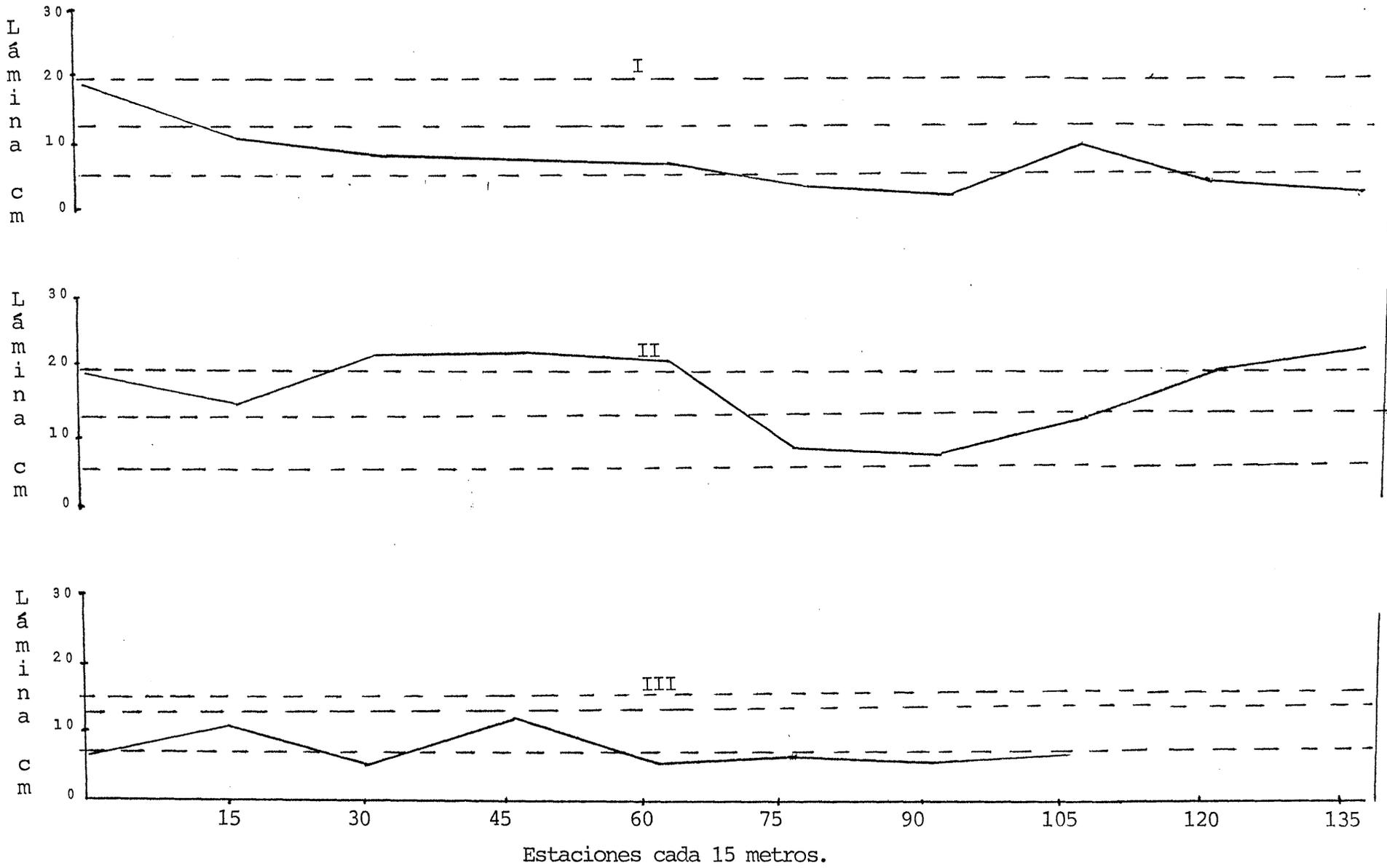
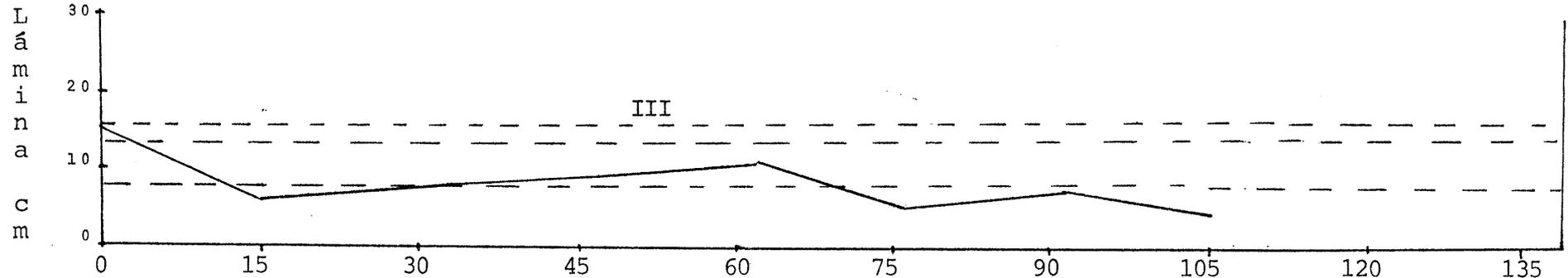
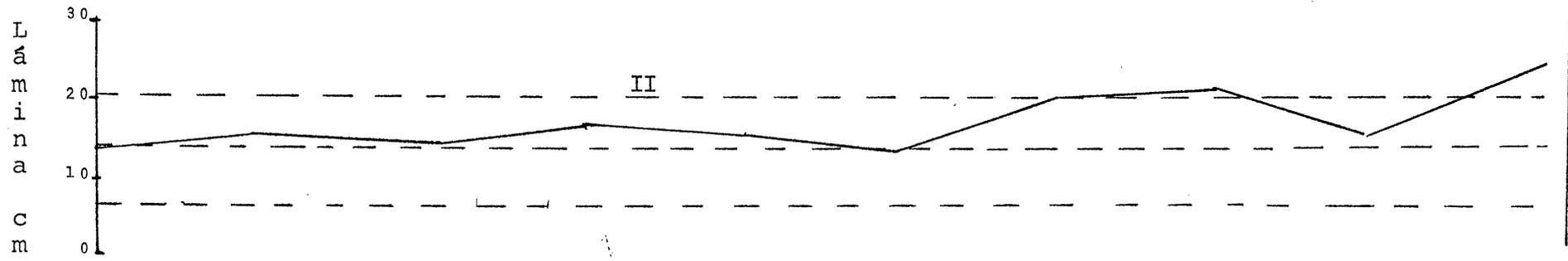
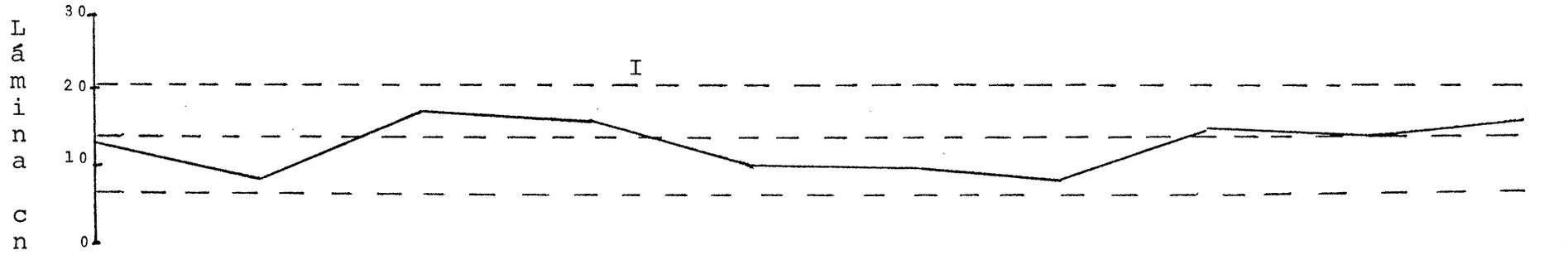


Figura 8A. Lámina de riego aplicada medida (línea continua) y Lámina requerida (línea discontinua) para cada repetición del tratamiento F.



Estaciones cada 15 metros.

Figura 9A. Lámina de riego aplicada medida (línea continua) y Lámina requerida (línea discontinua) para cada repetición del tratamiento G.

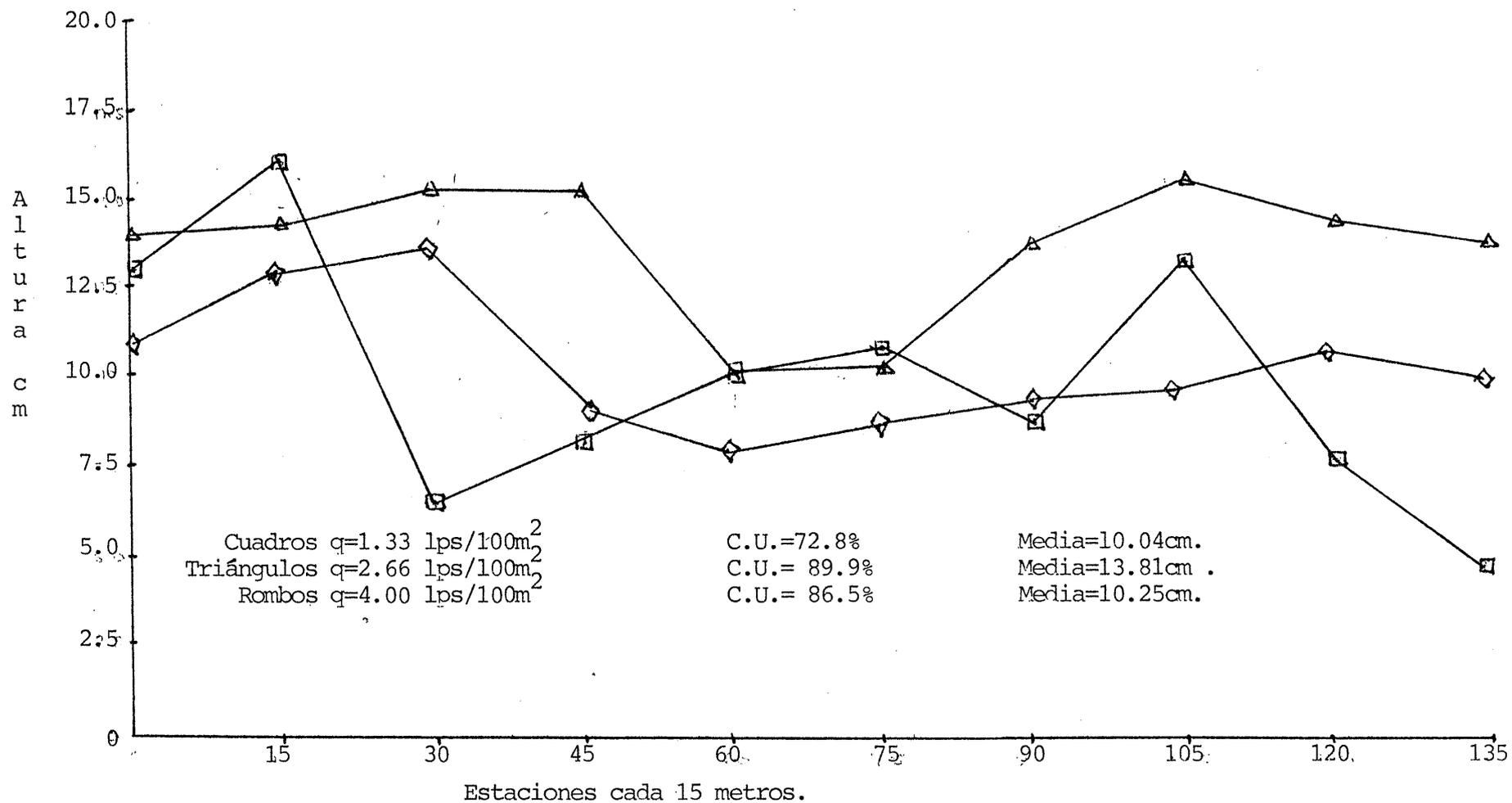


Figura 10A. Altura y uniformidad de planta de algodónero para cada estación de observación en función del gasto unitario.

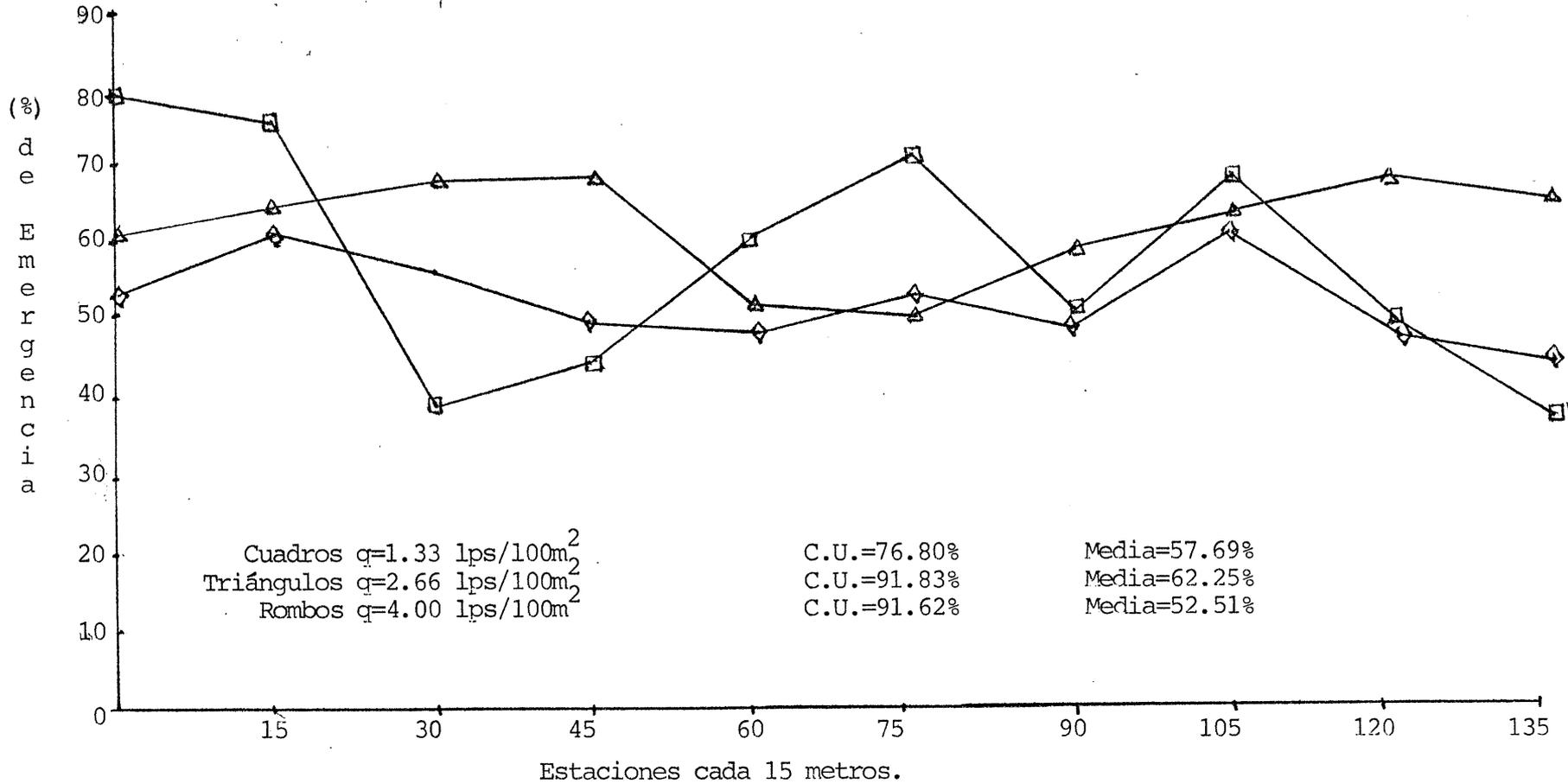


Figura 11A. • Porcentaje de emergencia de algodónero para cada estación de observación en función del gasto unitario.