

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUB-DIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



"EFECTO DEL GRADIENTE DE HUMEDAD DEL  
SUELO SOBRE GENOTIPOS DE SORGO  
PARA GRANO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)  
CON CARACTERISTICA "GLOSSY" Y  
"NO GLOSSY"

POR:

EUGENIO RODRIGUEZ CABRERA

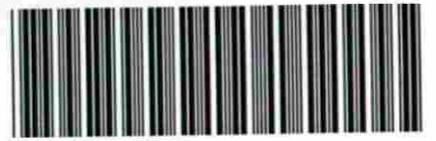
T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
ESPECIALIDAD EN PRODUCCION AGRICOLA

1987.



TM  
SB235  
R6  
c.1



1080063649

Este libro debe ser devuelto, a más tardar, en la última fecha sellada, su retención más allá de la fecha de vencimiento, lo hace acreedor a las multas que fija el reglamento.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



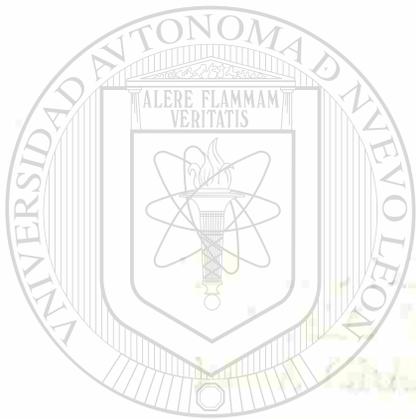
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD

NUEVO LEÓN

SISTEMA

DE POSGRADO



U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

POR:

EUGENIO RODRIGUEZ MARGALE

T E S I S

PRESENTEADA COMO REQUISITO PARA

ORTENER EL GRADO DE

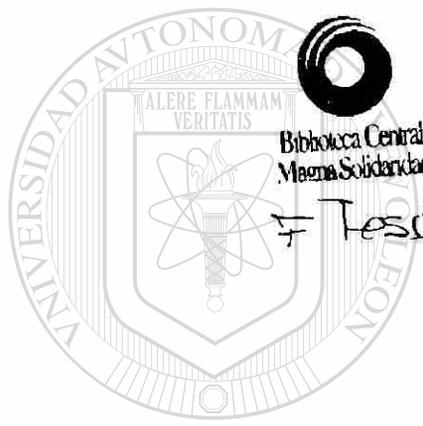
MAESTRO EN CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE PROMOCIÓN DE GRADUADOS

07563 *[Signature]*

TM  
SB 235  
R6

045.633  
FA 1  
1987  
C.5



Biblioteca Central  
Maestra Solidaridad  
F Tesis

B U Raúl Rangel Flores  
UANL  
FONDO  
TESIS MAESTRIA

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN<sup>®</sup>  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
SUB-DIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



"EFECTO DEL GRADIENTE DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE GENOTIPOS DE SORGO  
PARA GRANO (SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH) CON CARACTERISTICA  
"GLOSSY" Y "NO GLOSSY"

Por:

EUGENIO RODRIGUEZ CABRERA

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS  
ESPECIALIDAD EN PRODUCCION AGRICOLA

1 9 8 7



**ESTE TRABAJO SE REALIZO CON EL APOYO ECONOMICO Y TECNICO  
DEL CONVENIO INTERNATIONAL SORGHUM AND MILLET (INTSORMIL)  
Y LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE  
NUEVO LEÓN**

---

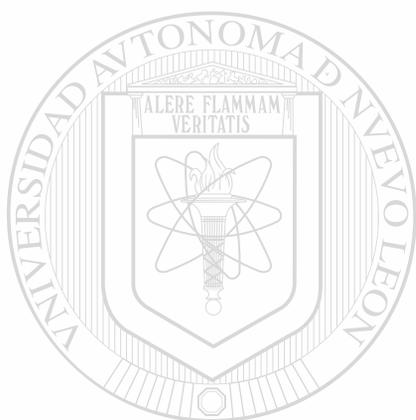
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL CONSEJO PARTICULAR  
INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS, ESPECIALIDAD  
EN PRODUCCION AGRICOLA



CONSEJO PARTICULAR

UANL

M.C. LEONEL ROMERO HERRERA  
Consejero

Ph.D. RATI KANTA MAITI  
Asesor

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Ph.D. RIGOBERTO E. VAZQUEZ  
Asesor

MARIN, N.L.

JUNIO DE 1987.

## DEDICATORIA

Esta tesis representa un cúmulo de esfuerzos y el fin de un paso más en el largo camino por la vida y que quiero dedicar con todo cariño y respeto a:

### A MI ESPOSA:

Carlota Imelda Rufz de Rodríguez

Por su ayuda y permanente respaldo moral. Fuente de inspiración de mis inquietudes de superación, por su comprensión a salir adelante en los momentos difíciles y porque nuestro amor perdure eternamente.

### A MIS HIJOS:

Eugenio Alonso Rodríguez Rufz

Hugo Alberto Rodríguez Rufz

Con el profundo amor y ternura que se merecen y que solamente puede tenerlo un hombre y padre.

---

A un hombre que puso la esperanza en sus hijos y a su inquebrantable esposa

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### MIS PADRES:

Sr. Eugenio Rodríguez Eufracio

Sra. Norma Odilia Cabrera de Rodríguez

Como un pequeño homenaje por el respaldo incondicional que me han ofrecido durante mi vida indicandome el sendero correcto a seguir. A ellos a quienes debo lo que ahora soy.

HOY NO TERMINO AUN,

HOY EMPIEZO OTRA ETAPA DE MI VIDA

## AGRADECIMIENTOS

A la División de Estudios de Postgrado de la Facultad de Agronomía perteneciente a la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL). Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). A la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior (ANUIES). Doy las gracias prestadas para la realización de mis estudios.

Al M.C. Leonel Romero Herrera, mi reconocimiento por sus importantes sugerencias y disponibilidad brindada en la revisión del presente trabajo, por su paciencia y amistad.

Al Ph.D. Ratikanta Maiti, por las sugerencias durante el desarrollo del trabajo de investigación. Por sus conocimientos heredados como maestro.

Al Ph.D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado, por sus acertadas correcciones durante la revisión del presente manuscrito y por su disponibilidad para hacerlo. Por sus conocimientos transmitidos como maestro.

### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Al Ph. D. Ciro G.S. Valdéz Lozano y al MC. César H. Rivera Figueroa. A ellos por su apoyo y motivación acertada a seguir adelante hasta culminar mi objetivo de venir a esta casa de estudios.

Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), por mis años trabajados y ser el motivo e inquietud de continuar estudios superiores.

A TODOS GRACIAS.-

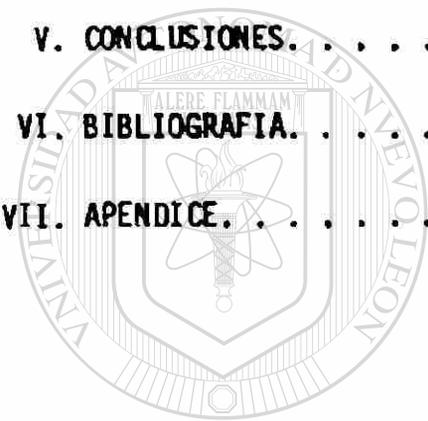
# CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUÁDROS Y FIGURAS. . . . .	
RESUMEN. . . . .	
I. INTRODUCCION. . . . .	1
II. REVISION DE LITERATURA. . . . .	5
2.1. Situación actual del cultivo en México. . . . .	5
2.1.1. El cultivo del sorgo en México. . . . .	5
2.2. Etapas de desarrollo. . . . .	6
2.2.1. Análisis de acumulación de materia seca. . . . .	7
2.3. "Stress" de humedad. . . . .	7
2.3.1. Concepto del "stress" y sequía. . . . .	9
2.3.2. Resistencia a sequía. . . . .	10
2.4. Propiedades sobresalientes del sorgo para resistir la sequía. . . . .	10
2.4.1. Resistencia a la sequía entre el sorgo y otros cultivos. . . . .	12
2.5. Efectos del "stress" de humedad en las funciones de la planta. . . . .	13
2.5.1. Efecto del "stress" de humedad en las etapas de desarrollo. . . . .	14
2.5.2. Efectos del "stress" de humedad sobre el rendimiento y sus componentes del rendimiento.. . . .	15

<b>2.6. Mecanismos que contribuyen a dar resistencia a se-</b>	
<b>quia en sorgo. . . . .</b>	<b>16</b>
2.6.1. Adaptaciones fenológicas. . . . .	17
2.6.2. Adaptaciones bioquímicas. . . . .	18
2.6.3. Adaptaciones fisiológicas. . . . .	18
2.6.4. Adaptaciones morfológicas. . . . .	19
<b>2.7. Morfología y Anatomía de la característica "glossy".</b>	<b>19</b>
2.7.1. Caracterización de las líneas "glossy". . . . .	20
2.7.1.1. Distribución geográfica. . . . .	20
2.7.1.2. Grupo taxonómico. . . . .	20
2.7.1.3. Rasgos morfológicos y agronómicos. . . . .	21
2.7.2. Germoplasma "glossy" del sorgo y su resisten-	
cia a la sequía en la etapa de plántula. . . . .	21
2.7.3. Mecanismos de resistencia a la sequía en geno-	
tipos "glossy". . . . .	22
<b>2.8. Técnicas y estrategias para evaluar la resistencia a</b>	
<b>sequía en sorgo. . . . .</b>	<b>22</b>
2.8.1. Técnica de los gradientes de humedad en el	
suelo por medio del sistema de riego por as-	
persión. . . . .	24
2.8.2. Trabajos desarrollados en sorgo aplicando la	
técnica de los gradientes de humedad. . . . .	26



	Página
4.3. Análisis de varianza. . . . .	66
4.3.1. Análisis de las variables estudiadas. . . . .	66
4.3.1.1. Apreciaciones generales. . . . .	83
4.4. Respuesta de los genotipos al gradiente de humedad. . . . .	85
4.4.1. Interpretaciones generales. . . . .	105
4.5. Correlaciones. . . . .	110
4.6. Variables no analizadas estadísticamente. . . . .	118
V. CONCLUSIONES. . . . .	124
VI. BIBLIOGRAFIA. . . . .	126
VII. APENDICE. . . . .	133



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro	Página
1 Condiciones climáticas durante el periodo de prueba. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L. . . . .	33
2 Origen y características agronómicas de los genotipos bajo estudio. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . .	36
3 Condiciones de humedad en el suelo en la etapa de presem- bra y valores de las constantes hídricas de capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente en diferentes estratos de suelo. Ciclo Tardío, 1985. Ma- rín, N.L. . . . .	42
4 Lámina de agua aplicada (cm) en función de la distancia de la línea de aspersores (cuatro repeticiones). Ciclo tardío 1985. Marín, N.L. . . . .	44
5 Cuadrados medios y su significancia estadística para 12 variables, resultado de un diseño bloques al azar con arreglo en franjas. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L. . . .	67
6 Comparación de medias entre lámina de agua (cm) en 12 va- riables agronómicas estudiadas en sorgo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . .	69
7 Medias de rendimiento económico en (kg/plta) en la inter- acción genotipo-nivel de humedad aplicada más lluvia. Cí- clo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . .	71

8	Comparación de medias entre genotipos de 11 variables agrónó- micas estudiadas en sorgo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. .	73
9	Comparación de medias de rendimiento biológico en (g/plta) en la interacción genotipo-nivel de humedad aplicada más lluvia. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	74
10	Medias de índice de cosecha (%) en la interacción genotipo- nivel de humedad aplicada más lluvia. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	76
11	Comparación de medias de altura total de la planta en (cm) en la interacción genotipo-nivel de humedad aplicada más lluvia. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	78
12	Comparación de medias de la variable paja (g) en la inter- acción genotipo-nivel de humedad aplicada más lluvia. Ciclo tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	82
13	Modelos utilizados para la obtención de valores ajustados de cuatro variables contra lámina total de agua aplicada más lluvia en los 12 genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	87
14	Modelo obtenido de las variables valor potencial (indepem- diente) y susceptible a la sequía (dependiente) de los 12 genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	88

15	Coefficiente de correlación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo de lámina de agua aplicada contra variables agronómicas. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . .	112
16	Coefficientes de correlación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo de rendimiento económico contra variables agronómicas. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . .	114
17	Coefficientes de correlación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo de rendimiento biológico contra 12 variables agronómicas. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . .	116
18	Coefficientes de correlación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo de índice de cosecha contra 12 variables agronómicas. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . .	117
19	Coefficiente de correlación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo de altura de planta contra 12 variables agronómicas. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . .	119 <sup>®</sup>
20	Características de sanidad y cobertura de campo evaluadas en genotipos "glossy" y "no glossy". Ciclo Otoño-Invierno, 1985. Marín, N.L. . . . .	120
1A	Temperaturas medias mensuales (°C) 1979-1985. Ciclo Otoño-Invierno, 1985. Marín, N.L. . . . .	135
2A	Precipitación total mensual (mm) 1979-1985. Ciclo Otoño-Invierno. Marín, N.L. . . . .	136

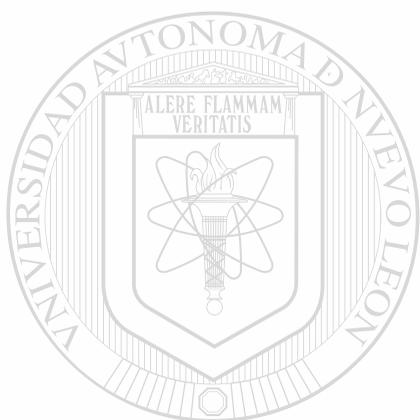
Cuadro	Página
3A Evaporación total en el mes (mm) de 1979-1985. Ciclo Otoño-Invierno, Marín, N.L. . . . . .	137
4A Porcentaje de la humedad disponible para la planta a diferentes estratos en función del espaciamiento de la línea de aspersores durante el desarrollo del cultivo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	138
5A Porcentaje de humedad disponible para la planta a diferentes estratos de suelo, durante el ciclo de cultivo (Promedio de cuatro repeticiones). Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	141
Figura 1 Climográfica de Gausson de la Estación de la FAUANL. Marín, N.L. (1979-1985). . . . .	31
2 Precipitación y evaporación media mensual de la Estación Meteorológica de la FAUANL. Marín, N.L. (1979-1985) . . . . .	34
3 Precipitación total mensual registrada durante el periodo de prueba con respecto al promedio observado de (1979-1984). . . . .	35
4 Disposición del aspersor con respecto a los surcos y profundidad para la determinación del contenido de humedad del suelo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	39

5	Esquema de muestreo del suelo y curvas con igual contenido de humedad. Efecto del gradiente de humedad sobre genotipos de sorgo "glossy" y "no glossy". Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	41
6	Lámina aplicada (cm) a través del sistema de riego por aspersión. Evaluación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	45
7	Croquis del experimento de Evaluación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	48
8	Porcentaje de humedad base, la masa y volumen en función del espaciamiento de la línea de aspersores a través del ciclo del cultivo. Efecto del gradiente de humedad sobre genotipos de sorgo "glossy" y "no glossy" Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	60 <sup>®</sup>
9	Porcentaje de humedad en base a la masa y volumen para la planta a través del perfil del suelo durante el desarrollo de genotipos de sorgo "glossy" y "no glossy" Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	62
10	Acumulación de materia seca durante el ciclo del cultivo del sorgo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	64

11	Relación entre la aplicación de agua de riego a través de la línea de aspersores más lluvia y rendimiento económico	
	Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	89
12	Relación entre el rendimiento económico potencial y la susceptibilidad a la sequía. Datos de 12 genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	91
13	Rendimiento económico relativo al declinar el nivel de suministro de agua. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . .	93
14	Relación entre la aplicación de agua de riego a través de la línea de aspersores más lluvia e índice de cosecha. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	94
15	Relación entre el índice de cosecha potencial y la susceptibilidad a la sequía. Datos de 12 genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	95
16	Índice de cosecha relativo al declinar el nivel de suministro de agua. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	98
17	Relación entre la aplicación de agua de riego a través de la línea de aspersores más lluvia y rendimiento biológico	
	Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . . .	99
18	Relación entre el rendimiento biológico, potencial y la susceptibilidad a la sequía. Datos de 12 genotipos "glo-	

Figura	Página
ssy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . .	101
19 Rendimiento biológico relativo al declinar el nivel en el suministro de agua. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . .	102
20 Relación entre la aplicación de agua de riego a través de la línea de aspersores más lluvia y la variable agronómica paja. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . .	104
21 Relación entre paja potencial y la susceptibilidad a la <u>se</u> quía. Datos de 12 genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N. L. . . . .	106
22 Paja relativa al declinar el nivel de suministro de agua. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . .	107
1A Porcentaje de humedad base a masa y volumen en función de la distancia de la línea de aspersores tomadas al primer día después de emergido el cultivo. Ciclo Tardío, Marín, N.L. . . . .	144
2A Porcentaje de humedad base a masa y volumen en función de la distancia de la línea de aspersores tomadas a los 15 días después de emergido el cultivo. Ciclo Tardío, Marín, N.L. . . . .	145
3A Porcentaje de humedad base a masa y volumen en función de la distancia de la línea de aspersores a los 30 días después de emergido el cultivo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L. . . . .	146

4A Porcentaje de humedad base masa y volumen en función de la distancia de la línea de aspersores tomadas a los 60 días después de emergido el cultivo. Ciclo Tardío, 1985. Marín N.L. . . . . 147



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el ciclo agrícola tardío de 1985 en el Campo Agrícola Experimental Marín de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL), ubicado en el municipio de Marín, N.L. Se estudió el efecto del gradiente de humedad del suelo sobre el crecimiento y desarrollo de genotipos de sorgo para grano [Sorghum bicolor (L.) Moench] con característica "glossy" y "no glossy".

El germoplasma de sorgo puede ser distinguido en dos características morfológicas en estado de plántula "glossy" y "no glossy", las primeras son de un color verde pálido y hojas lustrosas y aquellas de color verde oscuro son "no glossy" o normales. Algunos estudios han indicado que la característica "glossy" contribuye a dar resistencia a la sequía en la etapa de plántula y a mosca del vástago (Aterigona soccata).

Dentro de las técnicas confiables para la evaluación de germoplasma resistente a la sequía, existe la del sistema de riego por aspersión, el cual permite observar el desarrollo del vegetal a través de un amplio rango de condiciones de humedad aprovechable en el suelo.

Existen pocos estudios que señalen si realmente el carácter "glossy" influye a dar una mayor resistencia al "stress" de humedad en la planta en etapas avanzadas de desarrollo, por lo que este trabajo pretendió determinar lo antes mencionado y evaluar la respuesta diferencial con respecto al crecimiento y desarrollo de los genotipos "glossy" y "no glossy" al gradiente de humedad del suelo.

Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño de bloques al azar en

arreglo en franjas. Para seleccionar genotipos resistentes o susceptibles a la sequía, se siguió la metodología aplicada por Seetharama et al. (1982), por medio de modelos de ajuste lineal simple de lámina total de agua suministrada más lluvia (variable independiente) y las características agronómicas (variable dependiente).

El gradiente de humedad aplicado al suelo se siguió a través de muestreos del mismo en diferentes fechas durante el desarrollo del cultivo, determinándose que con un solo riego impuesto por el sistema de aspersión, marcó un diferencial en el nivel de humedad que fluctuó de tres a 14 cm de lámina y que este gradiente se conservó aún y cuando las precipitaciones elevaron de manera uniforme el nivel de humedad.

A través del análisis de la variabilidad obtenida, se encontró diferencias significativas entre: genotipos, niveles de humedad y la interacción genotipo-nivel de humedad para la mayoría de las variables medidas. Los genotipos mostraron variabilidad en su comportamiento al pasar de un nivel húmedo alto a uno bajo. De acuerdo a las comparaciones de medias de las variables analizadas, se consideraron que los materiales "glossy" en general, tuvieron una respuesta superior en: rendimiento económico, rendimiento biológico, altura de la planta, además de que presentaron mayores días a la floración que los testigos que fueron superiores en: índice de cosecha, longitud de panoja y peso de 100 granos.

Al comparar los genotipos "glossy" y "no glossy", los primeros tuvieron una mayor capacidad de acumulación de materia seca al cambiar el suministro de agua en el suelo y en promedio una menor capacidad de transferir sus fotosíntatos a la parte útil de la planta.

Al ubicar a los genotipos como resistentes o susceptibles al "stress" de humedad en la planta, se encontró que: IS-5067 mostró ser el genotipo superior al presentar un mayor valor potencial en rendimiento económico y rendimiento biológico, por lo que fue considerado como resistente a la sequía de acuerdo a la metodología de selección aplicada.

Los genotipos IS-2205, LES-88R y LES-30R, resultaron resistentes a la sequía por presentar una menor reducción en rendimiento económico potencial e índice de cosecha por unidad declinada en el suministro de agua, pero con una baja producción de materia seca, por lo que pueden considerarse como productores de grano en estudios posteriores.

Los genotipos IS-4521, IS-2312 e IS-2176, mostraron alto valor potencial en rendimiento económico y biológico al responder positivamente en condiciones de buena humedad, pero sensibles al cambio de ésta y por lo mismo prometedores en condiciones de riego preferentemente.

IS-4777 e IS-4498 fueron genotipos que no presentaron una buena eficiencia en el suministro de agua debido a que sus rendimientos económico y biológico se abatió al cambiar el nivel de humedad en el suelo, de tal forma que se identificaron como genotipos susceptibles al "stress" de humedad en la planta.

inicia con la floración, en ella se producen, movilizan y acumulan los compuestos del grano.

### 2.2.1. Análisis de acumulación de materia seca

Para el análisis cuantitativo del crecimiento, se utiliza una serie de parámetros que generalmente se obtienen a través del desarrollo del cultivo a ciertos intervalos de tiempo, y sirven para evaluar el comportamiento de una variedad o un genotipo a través de su ciclo de desarrollo, el cálculo se basa en el peso seco y el área foliar, principales resultantes de los procesos fisiológicos determinantes del rendimiento económico final.

Watson (1952) señala que como el rendimiento total de un cultivo es el peso seco por unidad de área, es más lógico basar un análisis de rendimiento sobre los cambios que ocurren en los pesos secos durante el crecimiento que sobre los cambios que ocurren en las características morfológicas. La meta final de un análisis de crecimiento es estimar la fotosíntesis neta y su eficiencia, esta fotosíntesis neta se estima indirectamente por mediciones en los cambios en la producción de materia seca y área foliar de los organismos en función del tiempo.

Goldsworthy (1982) encontró que los pesos secos, entre genotipos de sorgo fueron similares hasta floración; sin embargo, después de este punto hubo diferencias significativas, las cuales fueron atribuidas principalmente a las diferencias en las tasas de crecimiento del cultivo que es uno de los parámetros que constituyen el análisis de crecimiento.

### 2.3. "Stress" de humedad

Boyer (1975) señala que el "stress" de humedad (generalmente llamado

sequía), causa más bajos rendimientos que todos los factores bióticos juntos. Dudal (1976) ha estimado que el 90% de la tierra dedicada a la agricultura tiene diversos problemas; de este porcentaje, el de mayor importancia es el de la sequía, el cual es crónico en un 28% de la tierra y otro 25.4% de tierra es esporádicamente afectada por esta situación.

Wong (1979) señala que la mayor superficie cultivada en México es de temporal, la cual varía en cantidad y distribución de las lluvias, encontrándose así que solo una décima parte de dicha superficie tiene una cantidad de lluvia suficiente y una distribución más o menos uniforme que permite tener la seguridad de un cultivo anual y a veces, hasta dos; el 50% de la superficie de temporal posee precipitaciones mayores de 700 mm anuales mal distribuidos a lo largo del año. El resto de la superficie, comprende áreas con precipitaciones irregulares a través de los años, encontrando algunos años con precipitaciones por debajo de los 500 mm y áreas cuya precipitación es sistemáticamente inferior a los 500 mm y además irregular en su distribución.

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Márquez (1976) indica que agrónomicamente hablando, el factor principal del atraso de las regiones agrícolas de subsistencia de nuestro país, es el desfavorable ambiente; pero concretamente, la insuficiente y mal distribuida precipitación pluvial, conocida como mal temporal, lo que provoca que ocurran períodos de sequía o deficiencia de agua para las plantas de cultivo.

### 2.3.1. Concepto de "stress"\* y sequía

May y Milthorpe, citados por Kramer (1980) llaman a la sequía como un evento meteorológico y ambiental definida sin exactitud como la ausencia o falta de lluvias por un período bastante largo suficiente para causar un déficit en la humedad del suelo y consecuentemente, un daño en las plantas. La duración de tiempo sin lluvias necesarias para causar daño a las plantas depende de: i) la clase de planta; ii) el retenimiento de agua por parte de suelo; iii) características del suelo cultivado y iv) de las condiciones atmosféricas que afectan las tasas de evaporación y transpiración.

Ahora bien, de acuerdo con lo expresado por diversos investigadores en relación al término "sequía", entre ellos Máximov (1964); Kramer y Kozlowski citados por Villarreal (1981), donde señalan que sequía es un suministro de agua significativamente anormal que puede inducir en la planta un déficit de agua suficiente para ocasionar una reducción de su crecimiento debido a que las necesidades de agua exceden las disponibilidades de este elemento.

"Stress" y sequía para muchos investigadores son conceptos diferentes, debido a que el primero se refiere al déficit de agua en la planta causada por la velocidad excesiva de la transpiración, la cual sobrepasa a la absorción, mientras que el segundo término se refiere a un déficit de humedad en el suelo, pero estas deficiencias están gobernadas por las condiciones ambientales y además considerada como un evento puramente meteorológico; por lo tanto, pudiésemos reconocer al "stress" como un efecto de la sequía.

---

\* Puede ser traducido como tensión; sin embargo, para efectos de la presente investigación el término no será traducido.

### 2.3.2. Resistencia a la sequía

Algunas definiciones han sido sugeridas para resistencia a la sequía, una de las definiciones más prácticas es la sugerida por Máximov (1954), al decir que es la habilidad de las plantas a resistir la sequía y recuperarse después de permanecer marchitas con un daño mínimo a la planta y al rendimiento producido.

Muños (1981) define la resistencia a la sequía como la capacidad de una planta para rendir aceptablemente bajo condiciones de sequía y la divide en dos componentes que son:

- 1). Resistencia ontogénica que es debida a la variación en la respuesta de las plantas a los déficits hídricos a través de las etapas de desarrollo.
- 2). Resistencia filogenética, que es debida a las diferencias en su composición genética a nivel de especies, variedades o plantas.

En el mejoramiento genético para resistencia a sequía Hurd (1976) considera que resulta más importante mejorar para rendimiento alto en condiciones adversas que en condiciones favorables. Es así como define la resistencia a la sequía, como la capacidad de la planta para rendir alto en climas adversos de agua limitada.

### 2.4. Propiedades sobresalientes del sorgo para resistir la sequía

El sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench], es una planta con un patrón de fotosíntesis  $C_4$ , es decir que el primer producto de la fotosíntesis es un compuesto de cuatro carbonos. De acuerdo con esta propiedad, el sorgo requiere de un régimen alto de radiación solar (cercano o mayor de  $1.0 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$ ).

Temperaturas diurnas altas (30 a 35°C), las cuales son óptimas para obtener tasas altas de acumulación de materia seca (40 a 60 g/m<sup>2</sup>/dfa). La temperatura media diurna óptima para el sorgo es de 25-28°C, el desarrollo de este cultivo es prácticamente nulo a temperaturas medias diurnas inferiores a 15°C; además, el sorgo posee fotorespiración y realiza fotosíntesis a concentraciones cercanas a cero p.p.m. de CO<sub>2</sub>, esta especie posee además una eficiencia alta en el uso del agua (150 a 350 kg de agua por kilogramo de materia seca). Shibles, citado por Villalpando (1984).

Ibarra (1984) señala que el sorgo es resistente a la sequía; las causas de esta buena propiedad se deben a que tiene buenos órganos de absorción del agua, pues las raíces alcanzan una longitud de hasta dos metros y están muy ramificadas logrando extraer agua de zonas de terreno bastante profundos. Por otra parte, también tienen muy poca transpiración de agua - sólo un 55% - equiparable únicamente con el maíz, su cultivo más afín, lo cual es debido en parte a la poca abundancia de hojas y a estar éstas provistas en su parte superior de unas células motoras que facilitan su rápido enrollamiento al escasear el agua y al mismo tiempo que se cierran sus estomas y forman una cámara de aire húmedo que equilibra la humedad del interior de ésta evitando nuevas pérdidas; mientras dura el período de sequedad, las plantas quedan en su estado de vida latente, volviendo a desarrollarse y a continuar su crecimiento cuando se reanudan las condiciones de humedad. Otro factor que evita la pérdida de humedad, son los tallos y hojas porque tienen una sustancia cerosa que los impermeabiliza.

Arnón (1972) indica que el sorgo se adapta bien a regiones semiáridas, con un promedio de precipitación de 350 a 400 mm además de ser un cultivo tolerante a la sequía, compete muy bien con el maíz en regiones secas y ca-

lientes donde se cultiva éste último.

#### 2.4.1. Resistencia a la sequía del sorgo y otros cultivos

Glover, citado por Arnón (1972), señala que en contraste con plantas de maíz, en el cual esta especie sus estomas no se recuperaron después de un período severo de sequía, en plantas de sorgo sus estomas recuperaron su funcionamiento normal después de una severa sequía. Bajo regiones áridas, los rendimientos del sorgo están estrechamente relacionados a la cantidad de agua en el suelo al momento de la siembra.

Slatyer (1979) menciona que el sorgo tiene un sistema radical más desarrollado, un control de la transpiración más eficiente y una menor reducción de la turgencia de las hojas que el algodón y el cacahuete, al crecer bajo iguales condiciones. Además, no obstante que la transpiración del sorgo es alta bajo condiciones de buena humedad, cuando las plantas de ésta se encuentran en condiciones de deficiencia de humedad, la transpiración se reduce rápidamente.

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Blum (1970a), encontró que los estomas del maíz son más sensibles que los estomas del sorgo al decrecer el potencial hídrico del suelo. El sorgo, al parecer posee la habilidad para mantener una condición relativamente alta de agua en las hojas y una tasa de transpiración menor al incrementarse la tensión hídrica, en comparación con el maíz.

Rosenow et al. (1983) en un estudio de germoplasmas de sorgo y algodón para resistencia al "stress" de humedad, encontraron que ambas especies tienen la habilidad de permanecer largos períodos con cantidades limitantes de agua y todavía dar un buen rendimiento económico en beneficio del agricultor. Numerosos rasgos contribuyen a dar resistencia a ambas especies, el

esfuerzo de los mejoradores ha sido en identificarlos e incorporarlos. Ambas especies están reconocidas como tolerantes a la sequía en las regiones semiáridas al crecer bajo condiciones limitantes de humedad.

Turner (1974) trabajó con maíz, sorgo y tabaco, especies que fueron escogidas por su diferente comportamiento en el uso del agua y su tolerancia a la sequía, y observó que el potencial hídrico crítico para estos cultivos varió de -13 bares en tabaco, hasta -20 bares en sorgo y que en maíz quedó en un nivel intermedio -17 bares. En este estudio quedó claro que las especies  $C_4$  (maíz y sorgo), permanecieron en potenciales hídricos más bajos antes de que ocurriera el cierre estomatal y marchitamiento que la especie  $C_3$  (tabaco).

## 2.5. Efectos del "stress" de humedad en las funciones de la planta

El efecto del "stress" de humedad en el crecimiento y desarrollo del sorgo, ha sido reportado por numerosos autores (Blum, 1970a; Turner, 1979; Jordan y Monk, 1980; Villarreal, 1981 y Seetharama *et al.*, 1983), indican que existen grandes diferencias entre las plantas por su habilidad para resistir a la sequía. Como la sequía se presenta en diferentes etapas de desarrollo, los genotipos están con frecuencia expuestos al agotamiento de las condiciones de humedad del suelo a través del ciclo del cultivo.

Turner (1979) indica que muchos procesos fisiológicos asociados con el crecimiento y desarrollo del vegetal, son influenciados por deficiencias de agua e indica que no está claro como interactúan y cómo se integran para causar una particular reducción en el rendimiento o por qué algunas especies rinden mejor que otras bajo las mismas limitaciones de agua.

Maiti (1981a) señala que el déficit de agua tiene un efecto directo en las funciones de las plantas. Un "stress" moderado no obstruye de manera importante las funciones de la planta, pero cuando el agua disponible en el suelo se agota llegando a ser el potencial más negativo, el "stress" de humedad en la planta influye directamente en el crecimiento y desarrollo del vegetal, las actividades meristemáticas se deterioran y los procesos de crecimiento se detienen.

### 2.5.1. Efecto del "stress" de humedad en las etapas de desarrollo

Maiti (1986) indica que la sequía ocasionada en la etapa de desarrollo de plántula afecta el establecimiento del cultivo, de aquí que impiden el desarrollo de la raíz, la extensión de las hojas y la iniciación del meristemo productivo. Similarmente, si la sequía ocurre en la etapa de diferenciación de la panoja a la floración, afecta el desarrollo normal de la panoja y en consecuencia, el desarrollo de las flores y tamaño del brote vegetativo. La sequía que ocurra en la etapa de floración afecta el proceso normal de la fertilización, formación del grano y tamaño del mismo. ®

### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Lewis et al. (1974) indican que el estado de desarrollo al cual el sorgo es expuesto a un "stress" de agua influyó en el efecto final del rendimiento de grano. Cuando el suelo fue expuesto a una tensión de -12 a -13 bares durante el estado de desarrollo de iniciación floral, el rendimiento de sorgo se redujo un 17%. El mismo "stress" de agua durante el estado de embuche a floración, redujo el rendimiento en un 34% y durante el estado de desarrollo final de grano lechoso a grano suave, hubo reducciones de un 10%.

Robins y Domingo (1977) trabajaron con maíz para observar la acción de la sequía en las diferentes etapas de desarrollo. Al observar a nivel campo,

selecciones de maíz hechas en invernadero para tolerancia a la marchitez permanente, en comparación con los compuestos originales, encontraron que la floración se retrasó por efectos de la sequía y que los sintéticos mostraron mayor recuperación después de la sequía que las variedades originales.

Slatyer (1969) observó que cuando se provocó sequía en sorgo durante la diferenciación floral, con duración de 14, 21 y 28 días, no se impidió la diferenciación, pero la panoja no expandió sino hasta que se dió el riego de recuperación, por lo que la floración se retrasó 10, 24 y 30 días respectivamente. Durante la polinización del sorgo, la sequía puede afectar la viabilidad del polen o bien, dañar al estigma evitando la expansión del tubo polínico.

#### 2.5.2. Efectos del "stress" de humedad sobre el rendimiento y sus componentes del rendimiento.

Blum (1967) realizó un experimento en genotipos de sorgo para observar la respuesta a la sequía en términos del rendimiento y sus componentes del rendimiento, quien evaluó 21 diferentes híbridos para grano bajo condiciones normales y condiciones de "stress" de humedad. Encontró que la mayoría de los híbridos fueron resistentes cuando hubo poca humedad al producir una cantidad de grano aceptable por unidad de área y un mayor número de granos por panícula, aún cuando bajo condiciones normales (no "stress"), los híbridos que tuvieron comportamiento más bajo, al tener buena humedad sus rendimientos fueron mayores que los resistentes en condiciones de "stress" debido a un número relativamente mayor de panículas por unidad de área y un mayor peso de 1000 granos.

Kirshnaiah y Screeramula (1974) desarrollaron un trabajo para observar la tolerancia a la sequía de selecciones de sorgo, en relación a sus características morfológicas y componentes del rendimiento. Este estudio se realizó en 19 selecciones de germoplasmas exóticos, las variables número de hojas totales, mayor producción de materia seca, mayor peso de mil granos y número de granos por panícula, estuvieron asociados con altos rendimientos en condiciones de baja humedad, el peso de las raíces no reportó ninguna relación con el rendimiento, mientras que la longitud de las mismas sí estuvieron correlacionadas con el rendimiento.

Wong (1979) observó el comportamiento que tienen genotipos de sorgo en cuanto a floración, características agronómicas y de eficiencia al someterlos a un período de sequía de 40 días al momento de la floración, ya que dependiendo de su severidad afecta negativamente al rendimiento. Encontró que los días a la floración, ahijamiento, número de granos por planta, rendimiento biológico e índice de área foliar; correlacionaron positivamente con rendimiento económico, tanto en "stress" de humedad como en no "stress". De las variedades analizadas el rendimiento económico y el rendimiento biológico fueron los más afectados por la sequía (20% menos), por otro lado, el efecto negativo de la sequía sobre la acumulación de materia seca fue por el abatimiento que sufrió el peso de la panoja y en menor proporción el peso del tallo y hojas.

## 2.6. Mecanismos que contribuyen a dar resistencia a sequía en sorgo

Algunos autores: Jordan y Monk (1980); Maiti (1980); Seetharama et al. (1982); Turner (1979), han listado varios mecanismos adaptativos encontrados en sorgo, los cuales pueden ser clasificados como: Fenológicos,

Morfológicos, Fisiológicos y Bioquímicos. Para conocer cuáles parámetros describen y explican mejor la respuesta de la planta al "stress" de humedad y cuáles características adaptativas son responsables para dar resistencia a la sequía, es necesario comprender cómo los mecanismos de que dispone el vegetal se ven afectados por el "stress" de humedad.

### 2.6.1. Adaptaciones fenológicas

a) Madurez temprana. La opción más importante para incrementar los rendimientos en las zonas secas del mundo, son el desarrollo de genotipos precoces, además las líneas precoces hacen que el cultivo sea más ampliamente adaptado a través de esa región y ofrece una mejor oportunidad de intercalamiento. Rao *et al.* (1979) señala que en la mayor parte de la península Indú, los híbridos que maduran temprano escapan a los efectos de la sequía y han reemplazado al sorgo tradicional de 130 a 180 días. Esto ha resultado en un aumento notable en la producción del sorgo a pesar de sequías intraestivales en los genotipos de maduración temprana.

b) Plasticidad del desarrollo. Seetharama y Bidinger (1977) indican que muchos materiales de sorgo que crecen en las regiones de los Tropicos semiáridos del mundo no producen macollos e hijuelos, esta carencia es una ventaja en la respuesta a la sequía, otros materiales retrasan su desarrollo normal durante el período de sequía, hasta que las condiciones de humedad sean buenas. Esta plasticidad en la fenología del cultivo durante una etapa intermedia de desarrollo que se encuentre en "stress" de humedad, es útil, ya que si existe una buena probabilidad de lluvia antes de completar el ciclo de desarrollo, puede haber producción de hijuelos que contribuyan al rendimiento final.

### 2.6.2. Adaptaciones bioquímicas

Good y Bell, citados por Seetharama et al. (1982) indican que durante el curso de la evolución de las mesofitas, la mayoría de los cambios que han tenido lugar han sido morfológicos y fenológicos. Entre las plantas superiores hay una gran variabilidad de especies o grupos de especies, es decir, (con patrón de fotosíntesis  $C_4$  vs  $C_3$ ) y esto parece ser la razón principal en las diferencias en el metabolismo de pequeñas moléculas como la capacidad de acumulación de prolina durante el "stress" de humedad y la concentración de ácido abscísico.

El ácido cianhídrico se incrementa en las plantas cuando éstas se encuentran creciendo bajo condiciones de sequía Franzke y Hume, citados por Saucedo (1985) reportaron que las plantas que se encuentran creciendo sobre suelos con 15, 25 y 35% de humedad con respecto a peso de suelo seco producen ácido cianhídrico aproximado a 1200, 500 y 250 ppm respectivamente. Otros investigadores mencionan que el ácido cianhídrico es un 50% mayor en las plantas que crecen bajo condiciones de sequía que las que se encuentran creciendo bajo condiciones normales de humedad.

### 2.6.3. Adaptaciones fisiológicas

Adaptaciones fisiológicas han sido estudiadas por mucho tiempo, algunas investigaciones en este campo han sido desarrolladas por Jordan y Monk (1980); Jordan y Sullivan (1982); Passioura (1977). Generalmente cualquier característica fisiológica simple independiente de otras, es improbable que esté correlacionada directamente con la resistencia a la sequía en el campo. Algunas de las características fisiológicas han sido: potencial de agua en hoja, potencial de los solutos, turgor de la hoja, conductancia estomatal, temperatura de la hoja.

#### 2.6.4. Adaptaciones morfológicas

Estas han sido ampliamente discutidas por diversos investigadores, en ICRISAT (1981a) fueron evaluados genotipos de sorgo para resistencia al marchitamiento y habilidad de recuperación en el estado de plántula, en campo y condiciones semicontroladas. Significativas diferencias se encontraron tanto en el germoplasma de los mejoradores, así como en las líneas élite de los programas internacionales. Características como enrollamiento de la hoja, incremento de ceras epiculares, brillantez de la hoja (carácter glossy) han sido investigados por Henzell et al. (1975); Maiti (1980); Blum (1979c) y Maiti et al. (1984).

#### 2.7. Morfología y Anatomía de la Característica "Glossy"\*

Maiti et al. (1984) señalan que el germoplasma de sorgo en la etapa de plántula puede dividirse en dos tipos morfológicos distintos: "glossy" y "no glossy", los genotipos glossy muestran mucha variabilidad en la morfología y en la anatomía de la plántula y en general, tienen hojas de color verde claro con apariencia brillante, el cual refleja claramente la luz, pareciendo ser más distintiva esta característica en la etapa temprana de desarrollo. El tiempo de la aparición del carácter glossy difiere entre genotipos, en algunos aparece muy temprano aún en la emergencia, mientras que en otros, aparece muy tarde, después de los 20 días. En general, este carácter simple puede ser fácilmente observado en la etapa temprana entre 10 y 12 días después de la emergencia. Los movimientos naturales de la fertilidad del suelo no tienen efecto en la expresión del lustre. Las líneas no glossy (normales) son generalmente de un color verde

---

\* Capítulos VI y VII del Libro "Crecimiento y Desarrollo del Sorgo", R.K. Maiti (1986), que con la autorización del autor se reproduce lo referente a característica "glossy" o brillantez de la hoja.

oscuro y tienen hojas laxas. Dependiendo de la naturaleza del follaje y de los pseudotallos, las líneas pueden ser clasificadas posteriormente en erectas y colgantes. El tamaño de las hojas nos permite distinguir dos grupos morfológicos: hojas anchas y hojas estrechas de cada subclase.

### 2.7.1. Caracterización de las líneas "glossy"

#### 2.7.1.1. Distribución geográfica

Un estudio sistemático de las colecciones de germoplasma a través del mundo, indican que una baja frecuencia de las colecciones con el carácter "glossy" fueron identificadas (sólo 495 de 17,536 colecciones). Los genotipos "glossy" contabilizan menos del 1% del germoplasma de sorgo y son principalmente de la India Peninsular (416 líneas) que equivale al 84%, algunas otras se han originado de diferentes países africanos, tales como: Nigeria, Sudán, Camerun, Etiopía, Kenya, Uganda, Sur de Africa y juegan un importante papel en el mejoramiento del cultivo del sorgo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

#### 2.7.1.2. Grupo taxonómico

La clasificación taxonómica de las 495 líneas glossy catalogadas, sugiere que 395 líneas pertenecen a la Durra. Sin embargo, las líneas glossy aparecen en todas las razas básicas e intermedias, excepto en la bicolor - guinea y en la bicolor-kafir, donde el carácter no glossy es predominante. La raza Durra de la India, es predominante de las partes más secas de la India Central, inherentemente estas razas de sorgo han adquirido tolerancia a la mosca del vástago (Aterigona soccata) y a la sequía, por su existencia durante un largo período de tiempo a través de la selección natural. Esto ha sido reflejado en los genotipos glossy identificados.

### 2.7.1.3. Rasgos morfológicos y agronómicos

Datos de días a floración y altura de la planta fueron medidos durante las estaciones lluviosas y secas. En ICRISAT\* (1981a), han observado que las líneas identificadas como "glossy" mostraron mucha diversidad en ambas estaciones, lo cual indicó que hay mucho campo de acción para la selección por identificación de rasgos deseables. Durante la estación lluviosa un gran número de líneas son fotosensitivas no florecieron. En la estación lluviosa un gran número de líneas son muy tardías a la floración (95 a 165 días) aunque hubo tempranas (50 a 72 días). Similarmente, en la estación post-lluviosa pocas líneas tuvieron comportamiento precoz (47 a 60 días), mientras que otras caen en el grupo de las intermedias (de 61 a 86 días). Aunque en la estación lluviosa muchas líneas son muy altas (2.54 a 5.20 m), unas pocas líneas presentan enanismo de tipo intermedio (.75 a 2.54 m) y en época de seca, los materiales se ubican en grupos de enanas a altura media (1.05 a 2.00 m).

### 2.7.2. Germoplasma "glossy" del sorgo y su resistencia a la sequía en la etapa de plántula

Durante el proceso de estandarización de las técnicas de prueba para la sequía en estado de plántula, se observó que la mayoría de las líneas tolerantes fueron glossy y éstas se recuperaron más rápido después de romper el "stress" de humedad bajo condiciones de campo. Un conjunto de genotipos glossy y no glossy fueron probados para resistencia a sequía en plántula, bajo el agotamiento de la humedad del suelo en el campo. Los resultados mostraron que hubo diferencias significativas entre los genotipos en todos los parámetros medidos, es decir, registros visuales para la marchi-

---

\*Instituto Internacional para la Investigación en Cultivos para los Trópicos Semiáridos.

tez, registros de recuperación y de altura de la planta. Los genotipos glossy no mostraron mucha divergencia en la resistencia a la sequía, pero las no glossy mostraron diferencias significativas entre ellas mismas Maiti (1980).

En un experimento de campo, se observó que el 87% de las líneas que caen en el mejor grupo de resistencia a la sequía, tuvieron superficie de las hojas glossy, mientras que casi el 100% de los materiales susceptibles fueron no glossy. Fue observado también que el crecimiento de las plántulas en general, se retrasa bajo "stress" de humedad tanto en líneas glossy como en no glossy; sin embargo, la tasa de acumulación de materia seca fue menor en glossy, lo cual indica que las plántulas de hojas brillantes aparentemente están mejor adaptadas en situaciones de sequía.

### 2.7.3. Mecanismos de resistencia a la sequía en genotipos "glossy"

Observaciones preliminares indican que las líneas glossy difieren de las no glossy en la estructura de sus ceras epicuticulares, se ha encontrado que las hojas glossy poseen cera lisa con cristales, mientras las no glossy muestran ausencia de cera lisa y la presencia de cristales pequeños en forma de agujas, las líneas glossy durante la etapa de plántula muestran una mayor eficiencia del uso del agua y menos pérdida de ésta por transpiración. Los rasgos morfológicos simples glossy parecen mostrar resistencia tanto a factores físicos como bióticos, como por ejemplo: a sequía y a varios insectos. Este rasgo importante puede desarrollarse para formar cultivares resistentes.

La utilización de las líneas glossy en el mejoramiento del cultivo del sorgo, de acuerdo a los estudios realizados por ICRISAT y algunos informes del exterior, muestran que estos materiales han jugado un papel im

portante. Se ha mencionado que la falta de humedad adecuada y el peligro de los insectos, son las mayores barreras en la producción del cultivo del sorgo en los Trópicos Semiáridos del Mundo. Por largo tiempo, los fisiólogos y los mejoradores han estado buscando un caracter simple por el cual se pueda predecir la resistencia a la sequía, Quarrie, citado por Maiti (1981a). Al mismo tiempo, con estos científicos, los entomólogos están trabajando juntos para identificar rasgos morfológicos simples relacionados con la resistencia a los insectos. Hay evidencias que los rasgos morfológicos simples como tricomas y el caracter glossy de la hoja están relacionados con resistencia a la sequía y a varios insectos. Consecuentemente, puede concluirse que la incorporación de los caracteres glossy y tricomas dentro de las líneas puede contribuir al mejoramiento genético del cultivo del sorgo

## 2.8. Técnicas y Estrategias para Evaluar la Resistencia a Sequía en el Cultivo del Sorgo

Recientes avances en comprender mejor el mecanismo utilizado por las especies para la resistencia a la sequía, han sido identificadas por grupos interdisciplinarios dedicados a las ciencias vegetales, estos logros se han debido: primero a que la resistencia o susceptibilidad a la sequía con todas sus variantes, ha sido sistemáticamente analizada en todos sus niveles de organizaciones biológicas. Segundo, a que los mejoradores han usado extensivamente el germoplasma esparcido en el mundo con fuente a resistencia y al uso de técnicas nuevas de mejoramiento disponibles hoy en día, tales como sensores remotos, termómetros de rayos infrarrojos para la medición de "stress" en planta y suelo, modelos matemáticos de predicción.

En recientes años, nuevas técnicas de campo tales como el sistema de gradiente de humedad por medio del riego por aspersión, han contribuido a una mayor eficiencia en el esfuerzo de los científicos para seleccionar los materiales más sobresalientes con fuentes de resistencia a sequía.

### 2.8.1. Técnica del gradiente de humedad en el suelo por medio del sistema de riego por aspersión.

La línea de aspersores de riego (LA) propuesto por Hanks et al. (1976) es útil para mantener un gradiente de "stress" de humedad con un mínimo costo y terreno y con mayor grado de precisión. Una sola hilera de aspersores produce un gradiente en el patrón de aplicación de agua, por lo que se puede colocar una serie de hileras de prueba de diferentes genotipos a ángulos rectos a la línea de aspersores, cada hilera está expuesta a un gradiente uniforme del agua desde cero a cualquier máximo deseado.

En ICRISAT (1982b) esta técnica ha sido utilizada con buenos resultados en la selección de genotipos resistentes a la sequía. Las diferencias genotípicas en respuesta a la disminución en el suministro del agua puede detectarse cuando el rendimiento es graficado contra el agua aplicada a través de la línea de aspersores. La interacción y las pendientes indican respectivamente producción potencial y susceptibilidad de la planta al decaer el suministro de agua. Se seleccionan los genotipos con intersecciones más altas y grados más bajos de pendiente.

Hanks et al. (1976) desarrollaron el sistema del gradiente de humedad, donde la línea de aspersores está al centro de la parcela y corre paralelo a la dirección de los surcos, el largo de la parcela puede ser incrementada agregando más aspersores. Hay dos repeticiones por cada lado de la lí-

nea. Dentro de las limitaciones de esta técnica, es cuando hay alteraciones del viento que afecta el patrón de riego de aquí, que la operación del sistema es mejor si se maneja durante períodos de calma del aire y opera el sistema si la dirección del viento es paralela a los surcos.

Se debe manipular cuando el viento es menor de tres kilómetros por hora en ángulo recto a los aspersores y hasta ocho km/hr, si el viento corre paralelo a los surcos. Debe de tenerse cuidado en la selección del aspersor, boquillas, presión y espacio donde la presión y el espacio son muy importantes para que los resultados sean satisfactorios, el tiempo de riego debe manejarse con cuidado, debe tenerse esmero en las medidas de la distribución actual del agua y de los resultados al cuantificar el perfil de humedecimiento.

Watts et al. (1979) señalan que el gradiente de humedad aplicado por el riego de aspersión, ofrece a los mejoradores un ambiente de desarrollo de un amplio rango de variaciones de agua aplicada en un área de ocho veces menor que la que normalmente se requiere cuando las parcelas reciben diferentes cantidades de humedad para crear variación de "stress" de humedad en la planta. El gradiente puede proveer un amplio rango de períodos de duración y nivel de "stress". El sistema puede ser desarrollado para compararse con cualquier cantidad de humedad aprovechable en el suelo; desde suelo seco hasta suelo muy húmedo.

Una vez aplicada la técnica de la línea de aspersores y obtenidos los resultados, se pueden analizar parámetros estadísticos como coeficientes de regresión y parámetros de estabilidad, para seleccionar materiales resistentes a la sequía y/o estabilidad de los genotipos, todo esto es posible en una pequeña área de terreno con un alto grado de confiabilidad y

con mínimo costo ICRISAT (1979).

### 2.8.2. Trabajos desarrollados en sorgo y otras especies, aplicando la técnica del gradiente de humedad.

Seetharama *et al.* (1982) desarrollaron un experimento durante la estación post-lluviosa, con 18 variedades y líneas de sorgo con dos repeticiones una a cada lado de la línea de aspersores (LA), cada surco fue cosechado para estimaciones de rendimiento de grano y biomasa total. Regresiones de rendimiento final contra agua aplicada a través de la línea de aspersores más lluvia que cayó hasta madurez fisiológica de cada genotipo. El rendimiento de los surcos cercanos a la (LA), fue la intersección de la línea de regresión y la susceptibilidad a la sequía fue la pendiente de la línea de regresión. De los modelos obtenidos de los datos originales, fueron regresionados con el rendimiento potencial que es la intersección de la línea, de aquí que los genotipos expuestos arriba del promedio del rendimiento potencial y con pendientes menores que los valores predichos de la regresión, fueron seleccionados como genotipos resistentes a la sequía, similarmente los genotipos abajo de la regresión y con valores menores del promedio del rendimiento potencial, fueron identificados como genotipos susceptibles.

Al analizar los resultados, se encontró que los genotipos interactúan de manera diferente al gradiente de humedad originado por la (LA), se manejan parámetros de estabilidad usando a cada surco como un ambiente diferente. Los coeficientes de regresión indicaron estabilidad y las variables agronómicas estuvieron altamente correlacionadas con la pendiente ( $r=0.976$  P menor 0.001). De aquí que con los datos colectados en un pequeña área fue posible seleccionar genotipos resistentes a la sequía y estables al va

riar el déficit de humedad del suelo.

Dennis et al. (1982) señalan que el conocimiento de la relación evapotranspiración-rendimiento (ET-R) es fundamental en la evaluación de estrategias para el manejo de agua limitada. Trabajaron en sorgo, aplicando déficits de humedad por medio de líneas de aspersores para establecer tratamientos que resultaran en varias formas de niveles de (ET-R) durante cada etapa de crecimiento. La relación entre (ET-R) fue lineal para todos los genotipos probados. Las pendientes poco pronunciadas fueron asociadas a genotipos vigorosos o estables a través de toda la estación de crecimiento, las pendientes fuertemente pronunciadas, fueron atribuidas a que los riegos fueron restringidos al ir variando el gradiente de humedad.

Dennis et al. (1982a) evaluaron la respuesta de tres híbridos de sorgo para grano en un amplio rango de tiempo e intensidades de "stress" de humedad. Para crear los déficits de humedad fue usado el sistema de riego por aspersión. Reducciones en los rendimientos de (41 a 45%) fue el resultado de la gradual intensidad de humedad. Los genotipos probados crearon diferencias en las cuales, el riego fue limitado durante uno o dos estados de desarrollo.

El rendimiento de grano tendió a estar linealmente correlacionado con la lámina neta de agua aplicada y de las variaciones en el porcentaje de humedad en el suelo. Estos resultados indicaron una mayor confiabilidad de los datos al someter a los genotipos a un tiempo óptimo de aplicaciones de agua limitada y de seleccionar los mejores genotipos con la habilidad de mantener buen rendimiento bajo "stress" de humedad.

O'Neill et al. (1983) observaron la respuesta de híbridos de sorgo a

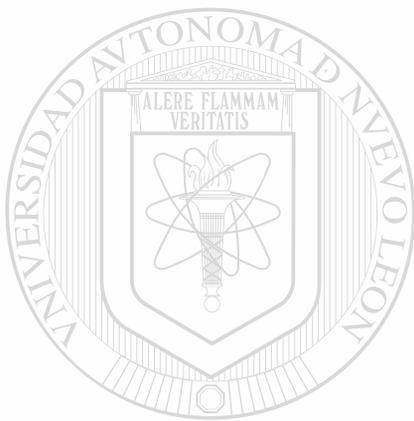
la sequía bajo el sistema de gradiente de humedad por medio del riego por aspersión. Este experimento fue diseñado para evaluar 50 híbridos que fueron plantados perpendicularmente a la (LA). Las características agronómicas evaluadas fueron: largo de la panícula, días a floración, altura de la planta y diámetro de la panoja. Todas las evaluaciones fueron hechas en puntos de alto, medio y bajo déficit de humedad.

Coefficientes de correlación establecieron relaciones entre características largo de la panícula y pedúnculo que bajo "stress" estuvo correlacionado positivamente con la distancia del aspersor. Altas correlaciones negativas fueron obtenidas entre los días a floración y la producción de panojas bajo niveles críticos de humedad.

Sullivan et al. (1979) desarrollaron un experimento para comprobar la efectividad de la aplicación de diferentes déficits de humedad en el suelo por medio de la (LA) y observar el comportamiento en las respuestas fisiológicas del maíz al "stress" de humedad. Los materiales usados fueron líneas experimentales e híbridos comerciales, cuyos resultados mostraron diferencias altamente significativas a la respuesta fotosintética, biomasa total, estabilidad del rendimiento y efectos sobre los componentes del rendimiento, todo esto al aplicarse diferentes patrones de humedad en el suelo.

ICRISAT (1984c) se usó el sistema de gradiente de humedad impuesto por la (LA), para evaluar el establecimiento de las plántulas de mijo perla [Pennisetum americanum (L.) Leke]. Los gradientes de humedad fueron aplicados de siete a diez días después de la emergencia y las plántulas fueron cosechadas a los 30 días después de la emergencia. El porcentaje de recuperación y crecimiento fue lineal al incrementarse la humedad, esto ori-

ginó que los métodos de evaluación al usar dos niveles de humedad: alto y bajo fueran efectivos. Cuando fue impuesta una severa sequía, los coeficientes de variación fueron muy altos debido a la variabilidad que presentaron los genotipos.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Características generales del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en el ciclo agrícola tardío de 1985 en la Estación Experimental de Marín de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizada en el Km. 17 de la carretera Zuazua-Marín, en el municipio de Marín, N.L.; siendo sus coordenadas geográficas de 25°53' Latitud Norte y 100°03' Longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich y con una altura sobre el nivel del mar de 367.0 m.

Según la Carta Edafológica de CETENAL (1983), el tipo de suelo es un Feozem Calcárico más Regosol Calcárico con clase textural media, son suelos con capa rica en materia orgánica y nutrientes que toleran exceso de agua, con drenaje dan fertilidad moderada, permeables, con material calcárico en la superficie, suelos variables predominantes de color café amarillento entre migajones y francos, en la mayoría del área presenta suelos profundos (mayores de un metro) y con un pH de 7.8 considerado moderadamente alcalino.

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1973), el municipio de Marín, N.L. se encuentra con un tipo característico:  $BS_1(h')hx'(e')$ .

Las temperaturas medias mensuales de acuerdo a los datos de siete años de la Estación Climatológica de la FAUANL (Cuadro 1A), tienen una variación de 16.7°C, habiéndose presentado la más baja en enero, con un valor de 12.7°C y la más alta en los meses de julio y agosto con 29.4°C.

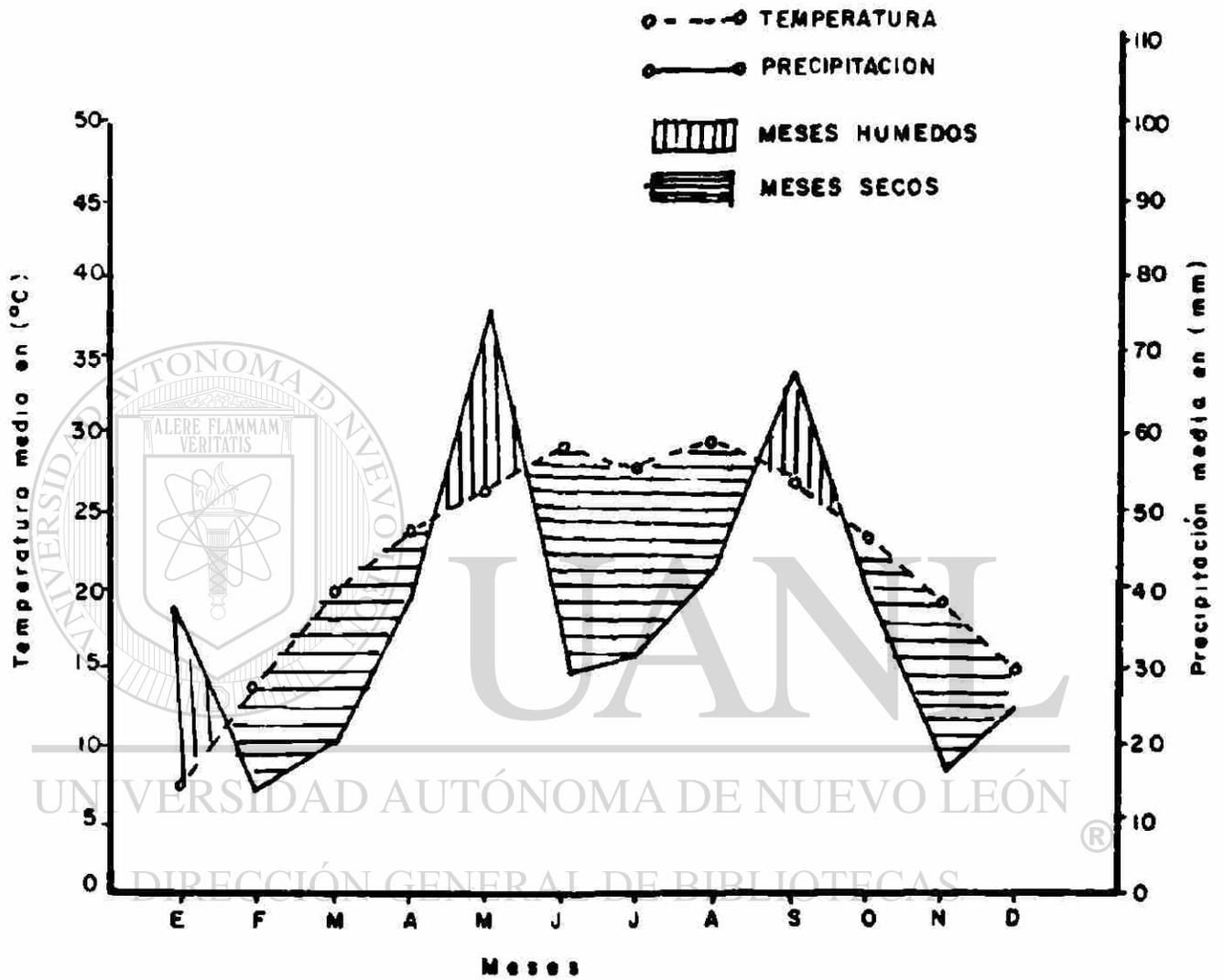


FIGURA 1. Climográfica de Gausson de la Estación de la FAUANL Marín, N.L. (1979-1985).

La precipitación promedio anual es de 492 mm (Cuadro 2A), donde el período más lluvioso se presenta en los meses de mayo, agosto y septiembre, en los que se registran 243.3 mm o sea el 49.5% de la lluvia anual y en los otros nueve meses que son los más secos, se registran 248.3 mm o sea, el 50.5% del total anual.

El período de heladas abarca del mes de noviembre hasta marzo, siendo en promedio anual de tres a cuatro meses y el más severo en el mes de enero. Las granizadas ocurren con una intensidad promedio de un día al año, por lo general, es en la época de lluvias. La nubosidad se presenta en promedio de 90 a 110 días al año, siendo también en los meses de mayor precipitación pluvial. Con la información de precipitación y temperatura, se define el climograma que se presenta en la Figura 1.

La evaporación anual máxima (Cuadro 3A) fue de 2391.8 mm en 1980 y la media anual es de 1994.7 mm, siendo la media mensual máxima de 225.5 mm en el mes de agosto y la mínima mensual media en enero con un valor de 65.4 mm (Figura 2).

Los vientos se registran con una intensidad promedio de alrededor de 20 km/hr provenientes de masas de aire marítimo tropical del norte y noroeste.

Algunas condiciones climáticas presentes durante el desarrollo del experimento se observan en el Cuadro 1 y la Figura 3, donde se aprecia la comparación de la precipitación registrada en el ciclo agrícola tardío de 1985 con respecto al promedio de seis años anteriores en el mismo período del año en Marín, N.L.

CUADRO 1. Condiciones climáticas durante el período de prueba. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

Características del Ambiente	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total Ciclo
Temperatura media máxima (°C)	36.6	34.1	29.5	25.5	19.0	144.7
Temperatura media mínima (°C)	23.6	23.5	19.5	16.5	7.5	90.6
Temperatura media mensual (°C)	30.1	20.6	25.0	21.0	13.3	110.0
Humedad relativa promedio/día (%)	65.0	69.0	72.5	75.6	73.5	355.6
Precipitación total (mm)	28.1	118.9	113.6	5.1	6.4	272.1
Evaporación total mensual (mm)	220.7	253.2	281.7	205.6	144.3	84.9

FUENTE: Departamento de Meteorología y Climatología de la Facultad de Agronomía de la UANL. Marín, N.L.

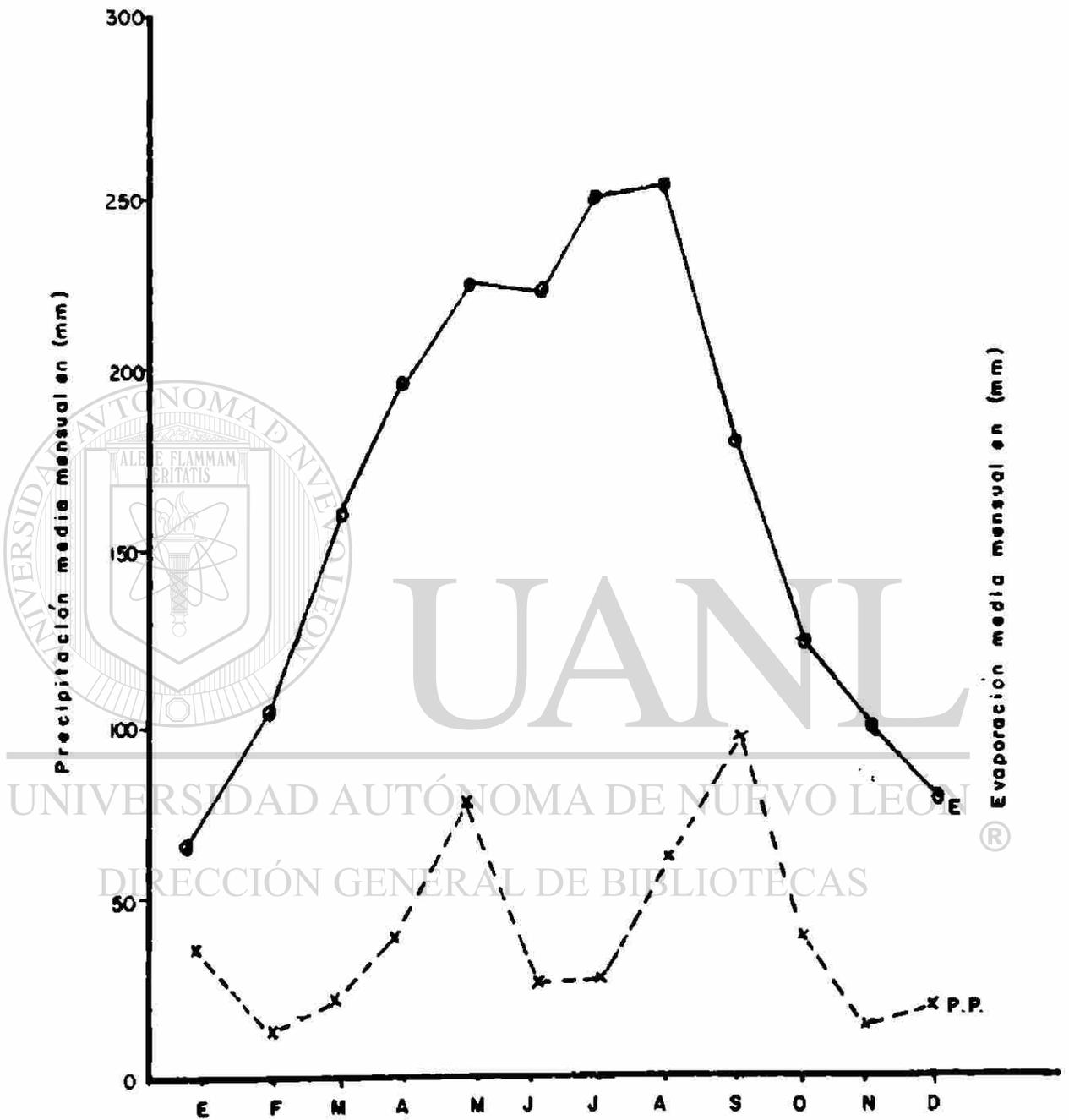


FIGURA 2. Precipitación y evaporación media mensual de la Estación Meteorológica de la FAUANL Marín, N.L. (1979-1985).

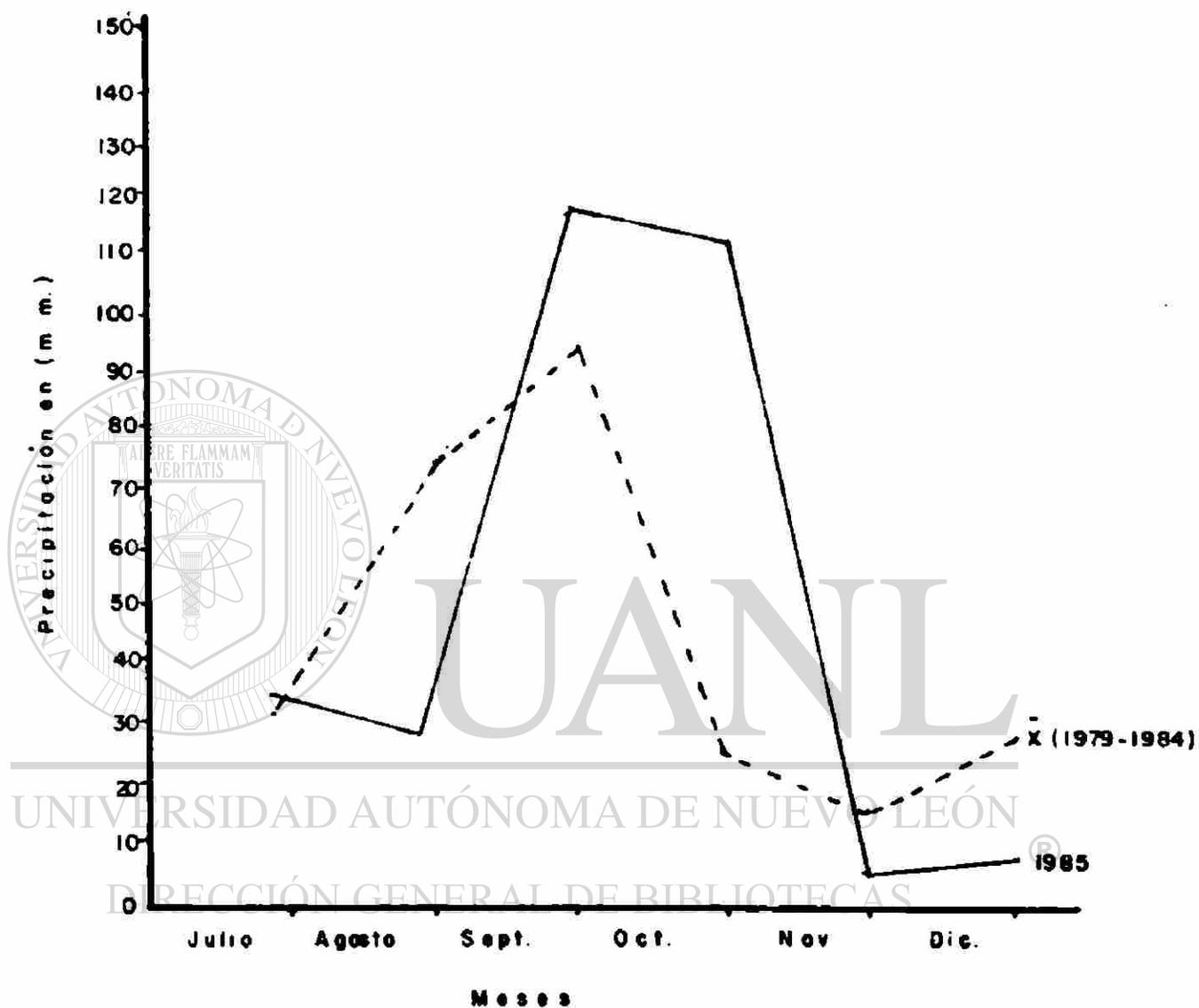


FIGURA 3. Precipitación total mensual registrada durante el período de prueba con respecto al promedio observado de (1979-1984).

## 3.2. Materiales

### 3.2.1. Material genético

Se evaluaron 12 genotipos, 10 con característica "glossy" introducidos de ICRISAT del programa de tolerancia a la sequía y dos genotipos "no glossy" del Programa de Sorgo del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la FAUANL.

Las características más relevantes de dichos genotipos se presentan en el Cuadro 2.

### 3.2.2. Material no genético

En la preparación del terreno para la siembra, se utilizó: tractor, arado de discos, rastra de discos, rayadores para el trazo de surcos. Asimismo, fue utilizado un arado de tracción animal para realizar la escarda y aporque, para la determinación del contenido de humedad del suelo se usaron barrenas tipo Veihmeyer y frascos de aluminio para recoger las muestras del suelo.

Fue instalada al momento de la siembra una pequeña estación climatológica adyacente al experimento para una mayor confiabilidad en la toma de datos con tales instrumentos: termómetro tipo "Six-Bellani" para el registro de temperaturas máximas y mínimas, pluviómetro para registrar la precipitación y un evaporímetro de tanque tipo "A" para el registro de la evaporación del agua.

El riego fue dado por el sistema de riego por aspersión, cuyas especificaciones principales fueron:

CUADRO 2 . Origen y características agronómicas de los genotipos bajo estudio. Ciclo Tardío. 1985. Marín, N.L.

No. de Trat.	Genotipo	Origen	Altura (cm)	Días a Floración	Longitud de excersión	Tipo de panoja	Longitud de nanoja
1	IS-4498	Shallnhehir, India	150	70	4	6	2
2	IS-2205	Jaglor, India	150	75	3	6	3
3	IS-2314	Shemshen WH Q2-2-90 Sudan	150	81	4	6	2
4	IS-4521	Rao Saheb Halna, India	101-150	75	4	6	2
5	IS-4777	Gundoli Panchala, India	101-150	62	4	4E	2
6	IS-5469	Hinyar Jola, India	101-150	77	4	7	3
7	IS-2312	Safra Sahadasal Q2-2-88, Sudán	101-150	79	4	7	3
8	IS-5067	White Cholam, India	101-150	78	3	6	2
9	IS-2176	M-47-3 Maldandi Jowar, India	150	77	4	5	1
10	IS-4663	Tamarí Maldandi Shelgaun, India	101-150	77	4	6	2
11	LES-30R	PMMFS UANL	140	72	1	5	2
12	LES-88R	PMMFS UANL	101	68	1	4E	1

Excersión: 1 = Más de 10 cm; 2 = entre 2 y 10 cm; 3 = menos de 2 cm, pero la lígula abajo de la base de la panoja; 4 = panoja cubierta por la vaina de la hoja.

Tipo de panoja: 4E = Ramificaciones primarias erectas y semilibres; 5 = elíptica semicompacta; 6 = elíptica compacta y 7 = oval compacta.

Longitud de panoja: 1 = grande (mayor de 25 cm); 2 = media (entre 15 y 25 cm) y 3 = pequeña (menor de 15 cm).

Aspersor: Rain Bird  
 Presión: 35 PSI igual a  $2.46 \text{ kg/cm}^2$   
 Separación de aspersores: 9 metros  
 Diámetro de humedecimiento: 88 pies = 26.82 m  
 Boquillas:  $5/32'' = 3.97 \text{ mm}$   
 Diámetro de entradas:  $3/4'' = 19.05 \text{ mm}$   
 Gasto del aspersor: 4.3 galones/minuto

### 3.3. Métodos

#### 3.3.1. Condiciones de humedad

A los genotipos les fue aplicado solamente un riego para promover la germinación no realizándose otro por lo que restó del ciclo. Este riego fue impuesto a través de un sistema de riego por aspersión para crear un gradiente de humedad correspondiente de un mayor contenido de agua en los surcos cercanos a la línea de aspersores (LA) y a medida que los surcos se distancian de la (LA) menor fue la humedad caída, esto se presenta en la Figura 4.

##### 3.3.1.1. Determinación de la humedad del suelo

Las mediciones de la humedad del suelo se llevaron a cabo por el método gravimétrico, para determinar la curva de abatimiento de la humedad en el suelo. Los muestreos fueron obtenidos de estratos de suelo de 0-30, 30-60, y 60-90 cm de profundidad (Figura 4). Los porcentajes de humedad fueron determinados mediante el secado del suelo en una estufa a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  por 24 horas, los puntos donde fueron tomadas las muestras de suelo correspondieron a los lugares donde se colocaron los botes

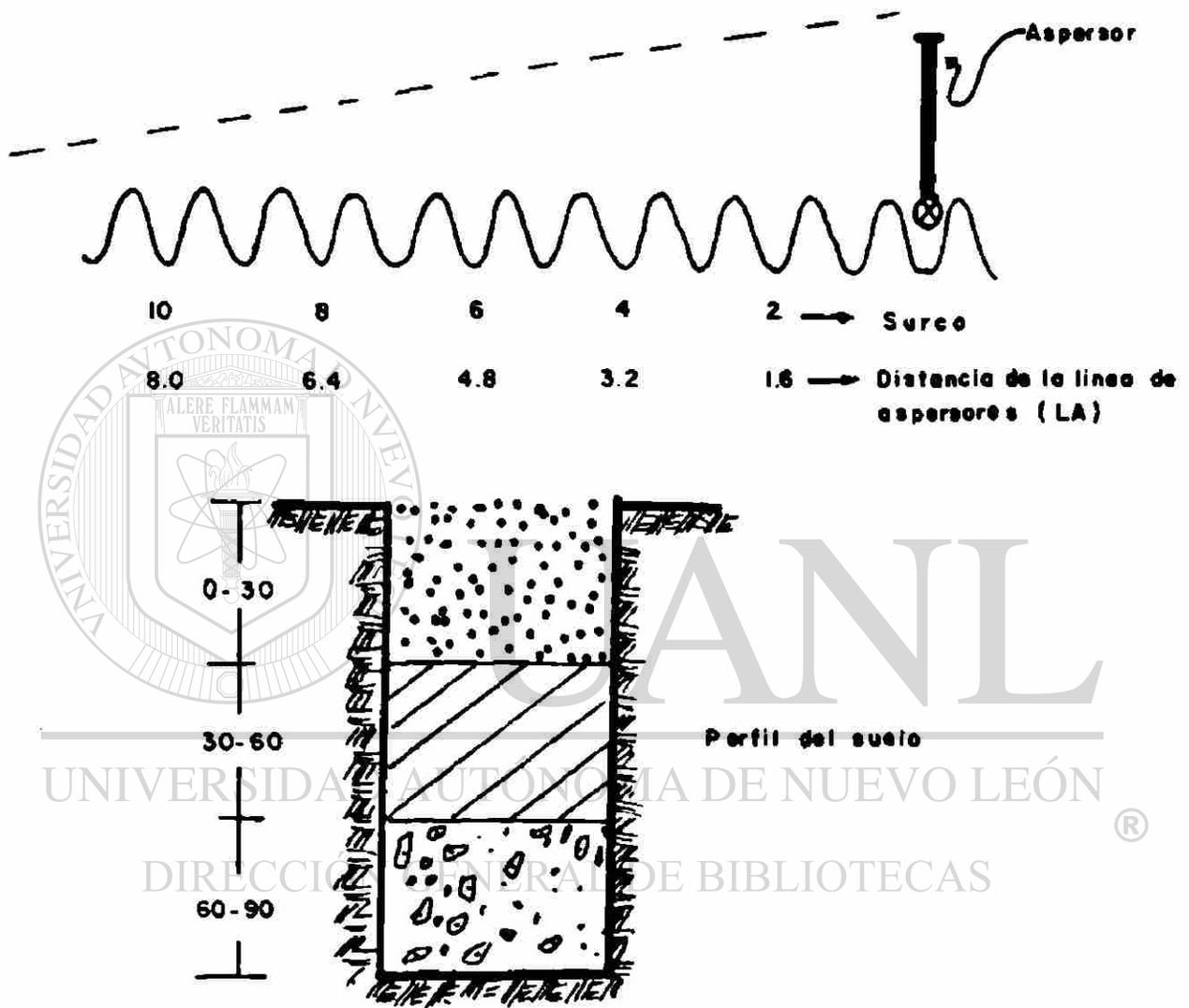


FIGURA 4. Disposición del aspersor con respecto a los surcos y profundidad para la determinación del contenido de humedad del suelo Ciclo tardío 1985. Marín, N.L.

captadores que sirvieron para determinar la lámina de agua al momento del riego (Figura 5). Tomadas las muestras de suelo, se introdujeron en botes con tapa hermética, de ahí fueron llevados a secar en estufa hasta peso constante, el contenido de humedad se determinó mediante la relación siguiente:

$$\% H = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$$

Donde:

%H = por ciento de humedad

PSH = peso del suelo húmedo

PSS = peso del suelo seco

Para la transformación de los datos de por ciento de humedad en el suelo a por ciento de humedad aprovechable base la masa, se obtuvieron los valores de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) por el método de la olla de presión y de la membrana de presión respectivamente (Cuadro 3).

Para obtener el por ciento de humedad en base a volumen, el valor del por ciento de humedad base en la masa es multiplicado por el valor de la densidad aparente para el estrato considerado.

Se realizaron muestreos del suelo al primer día a los 30, 60 y 90 días después de emergido el cultivo (DDEC), estos seguimientos de la humedad del suelo fueron tomados a diferentes estratos de suelo, en los puntos previamente indicados, como se aprecia en la Figura 5. Esta información de la humedad del suelo se presenta en humedad aprovechable para la planta con respecto a las constantes hídricas de CC y PMP.

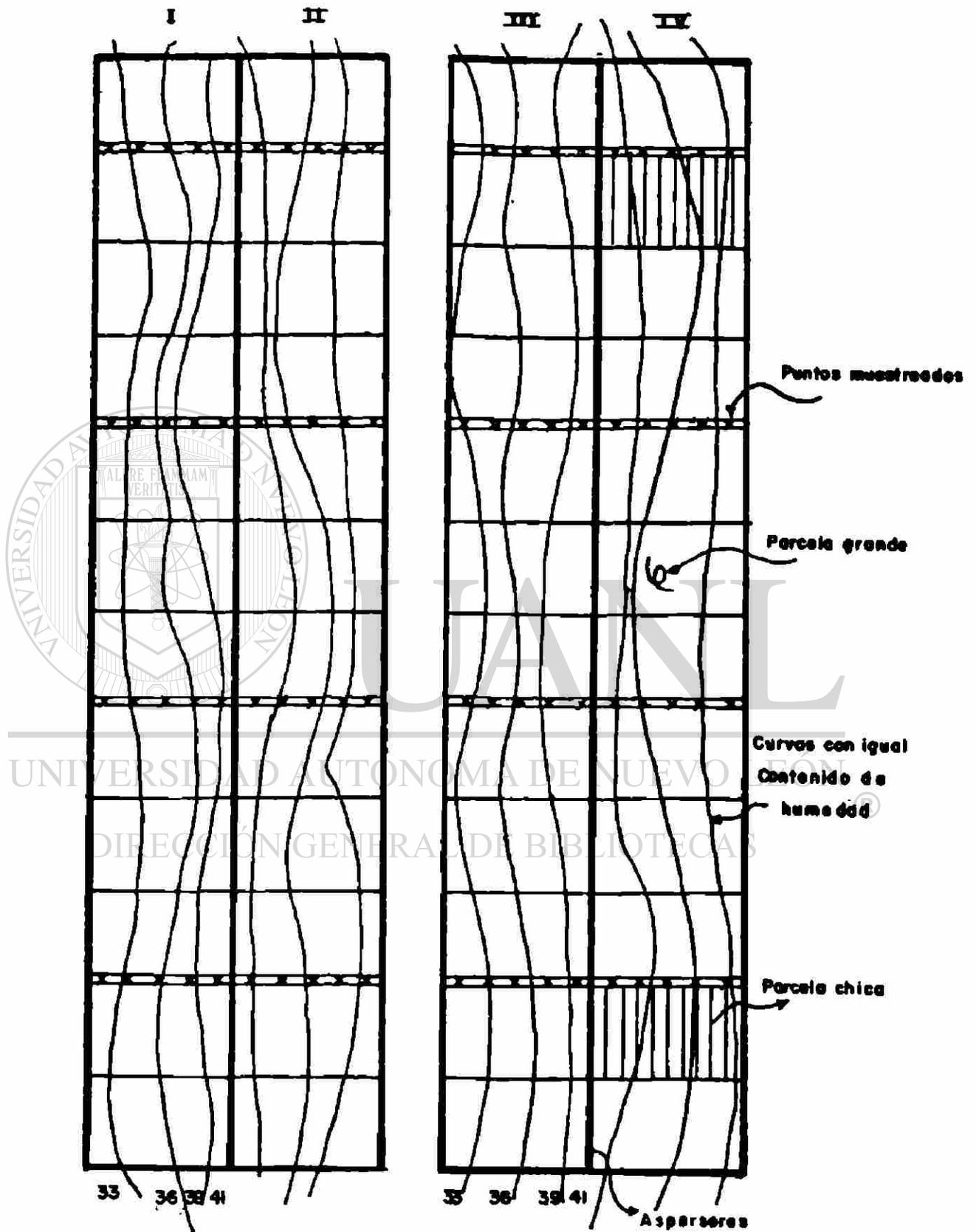


FIGURA 5. Esquema de muestreo del suelo y curvas con igual contenido de humedad. Efecto del gradiente de humedad sobre genotipos de sorgo "glossy" y "no glossy" Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

CUADRO 3 . Condiciones de humedad en el suelo en la etapa de presiembra y valores de las constantes hídricas de capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente en diferentes estratos de suelo. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

Estrato	Humedad (%)	Capacidad de Campo (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Densidad Aparente
0-30	15.2	29.20	14.20	1.33
30-60	15.2	29.83	15.24	1.30
60-90	15.4	29.49	14.51	1.29
$\bar{x}$	15.3	29.51	14.62	1.31

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Con la información antes referida, se construyeron gráficas para observar el contenido de humedad en cada fecha muestreada y gráficas donde aparece el contenido de humedad aprovechable sobre el espaciamiento de la LA a través del ciclo del cultivo.

Para la obtención de un buen establecimiento del cultivo, se aplicó una lámina de 14 cm (en los surcos cercanos a la LA), con el propósito de llevar el suelo a CC, esto en base a un muestreo de suelo previo a la siembra (Cuadro 3). Para calcular la cantidad de agua necesaria, se determinó mediante la relación siguiente:

$$LM = \frac{(PCC - PMP) \times Da \times Pr}{100}$$

Donde:

LM = lámina máxima (cm)

PCC = por ciento de capacidad de campo

PMP = por ciento de marchitez permanente

Da = densidad aparente

Pr = profundidad media radicular (cm)

Previo al riego, fueron colocados botes captadores en todo el experimento con el objeto de medir la cantidad diferencial de agua aplicada por la LA, después del riego se procedió a medir la cantidad de agua aplicada en centímetros de precipitación, transformando a centímetros la lámina. En el Cuadro 4 y la Figura 6 se aprecia que a medida que se aleja de la LA, el contenido de humedad expresado en lámina aplicada disminuyó en las cuatro repeticiones.

CUADRO 4. Lámina de agua aplicada (cm) en función de la distancia de la línea de aspersores (cuatro repeticiones). Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

Distancia del Aspersor (m)	Puntos de Muestreo (hileras)	Lado norte del Aspersor		Lado sur del Aspersor	
		I	III	II	IV
1.6	1	12.9	13.0	12.5	9.5
	2	12.4	12.7	11.5	9.4
	3	13.3	12.1	10.5	10.0
	4	13.8	12.4	11.4	10.6
	5	12.2	11.5	10.2	9.3
	6	10.3	11.3	9.8	9.3
	X	12.5	12.2	11.0	9.7
3.2	1	11.4	12.0	11.5	7.6
	2	11.5	11.4	9.6	7.9
	3	11.5	11.3	8.8	8.4
	4	12.4	10.5	9.0	8.8
	5	11.0	10.6	8.5	7.4
	6	9.8	10.2	8.4	7.6
	X	11.3	11.0	10.9	8.0
4.8	1	10.0	11.3	9.0	5.3
	2	10.2	10.7	8.1	6.3
	3	10.1	10.9	7.7	6.8
	4	11.6	10.2	7.7	6.7
	5	10.3	10.9	7.0	6.6
	6	8.7	9.3	7.0	6.5
	X	10.2	10.6	7.6	6.4
6.4	1	9.1	9.7	7.3	4.4
	2	9.2	9.8	6.3	5.7
	3	8.3	8.9	6.1	5.5
	4	10.5	8.9	5.8	5.7
	5	8.9	8.0	6.0	5.9
	6	7.9	8.2	5.9	5.6
	X	9.0	8.9	6.2	5.5
	1	5.8	6.0	4.2	3.0
	2	5.7	6.5	3.4	3.6
	3	5.1	5.7	3.1	3.0
	4	6.2	5.5	3.2	3.5
	5	5.5	5.3	3.3	3.0
	6	5.1	5.1	3.2	2.0
	X	5.7	5.7	3.4	3.0

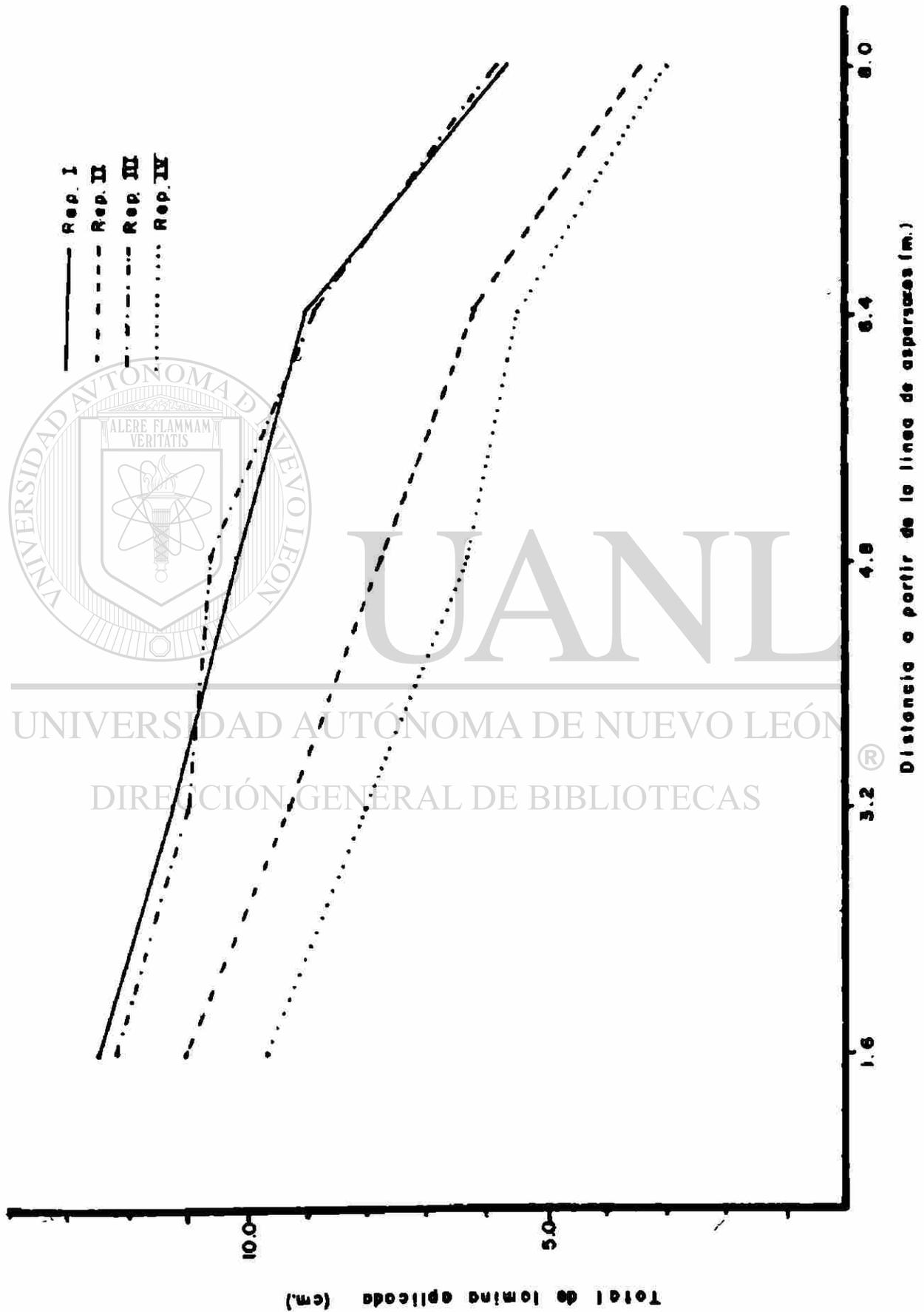


FIGURA 6. Lámina aplicada (cm) a través del sistema de riego por aspersión. Evaluación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío 1985. Marfn, N.L.

A la cantidad de agua recibida por concepto del riego aplicado, que originó un gradiente en el patrón de aplicación de agua desde casi cero a un máximo deseado, le fue sumada la cantidad de precipitación caída hasta la etapa de madurez fisiológica que fue constante para todos los gradientes.

### 3.3.2. Establecimiento de los tratamientos de humedad

Los gradientes de humedad en el suelo se identificaron por medio de curvas isoyetas de igual precipitación y por los muestreos del suelo para obtener la humedad disponible en un momento dado del desarrollo del cultivo.

La medición de las características agronómicas a analizar, se llevaron a cabo considerando a cada surco como una parcela independiente o unidad experimental. En la Figura 5 se aprecia la parcela grande (genotipos) y las parcelas chicas (niveles de humedad), dispuestos paralelamente a la LA, se esquematizan también las curvas con igual contenido de agua, en base al total de agua aplicada por el sistema más la lluvia en centímetros de lámina. Por otro lado, en función de las curvas de igual contenido de humedad, se agruparon los datos colectados en los surcos comprendidos en ese nivel, de ahí que se obtuvieron promedios de diferente tamaño de parcela, dependiendo de lo ancho de la isoyeta.

### 3.3.3. Técnica experimental

#### 3.3.3.1. Diseño experimental

Los genotipos fueron distribuidos en el terreno de acuerdo a un diseño de bloques al azar con arreglo factorial en franjas. El área de terreno total ocupada por el experimento fue de 3067.0 m<sup>2</sup> sobre la cual se traza-

ron las parcelas experimentales, cada surco fue considerado como una unidad experimental con las características siguientes: formadas de un surco de seis metros de largo con una separación entre ellos de 0.80 m y una distancia entre plantas de 0.10 m originando una densidad de población de 125 mil plantas por hectárea. El croquis del experimento y la distribución de los tratamientos se observa en la Figura 7.

### 3.3.3.2. Manejo del experimento

La siembra se efectuó el 13 de agosto dentro del ciclo tardío, ésta se llevó a cabo en forma manual. La densidad de siembra fue de 12 kg/ha y la emergencia de las plantas se presentó entre los días 22 y 23 de agosto, la emergencia no fue uniforme atribuido esto a la poca humedad que recibieron los surcos de la orilla por efecto del gradiente de humedad. Cuando las plántulas alcanzaron aproximadamente los 15 cm de altura, se realizó el primer paso de cultivadora para aporcar tierra a la planta. A los 16 días después de la emergencia se efectuó el aciaramiento, esto fue a los días cinco y seis de septiembre, el segundo cultivo realizado con tracción animal fue a los 36 días después de la emergencia.

Se hicieron observaciones de sanidad del cultivo durante el desarrollo del mismo, donde se detectó la presencia del gusano cogollero (*Spodoptera* spp.) sin consecuencia al cultivo y de mosca midge (*Contarinia sorghicola*) que fue controlada en su mayor parte, con tres aplicaciones de insecticida Diazinón 25E de ingrediente activo.

Como los materiales presentaron diferentes fechas de madurez fisiológica, éstos fueron cosechados a partir del primero de diciembre, la cosecha se realizó en forma individual para cada unidad experimental (surco)

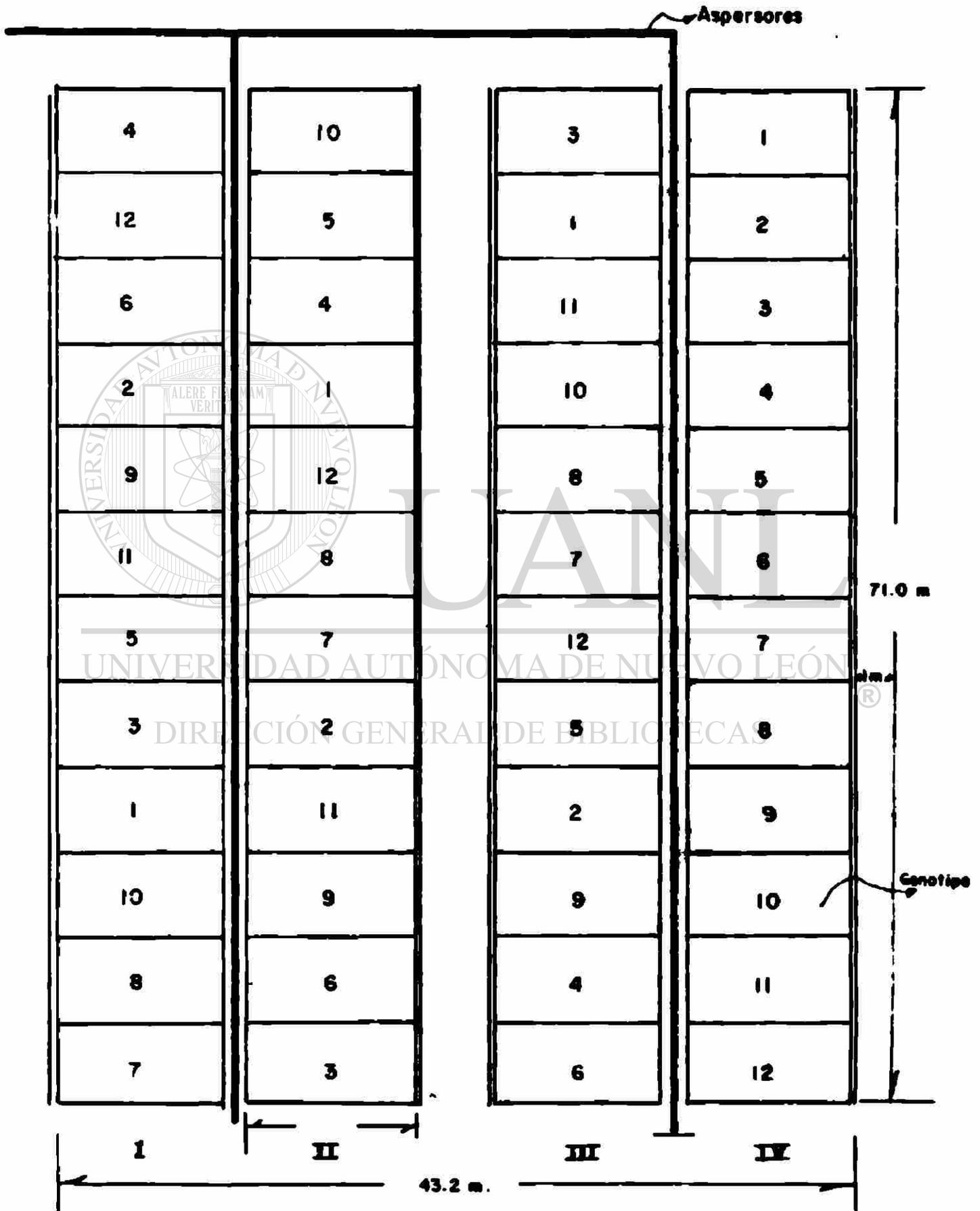


FIGURA 7. Croquis del experimento de Evaluación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

independientemente de la condición de humedad a la cual estuvieron sometidos, se realizó tomando 10 plantas con competencia completa dentro de la parcela útil y manteniéndolas en forma individual en sacos de papel. Estas 10 plantas cosechadas individualmente sirvieron para medirles características agronómicas de post-cosecha.

### 3.3.3.3. Toma de datos

Las variables consideradas se basaron conforme al instructivo CIA-FAUANL (1982) y fueron las siguientes:

#### De siembra a diferenciación floral - ( $EC_1$ )

Definida desde la siembra hasta que ocurre el cambio de etapa vegetativa a reproductiva.

##### 1. Días a emergencia (DE)

Fue considerado como un dato general, tomado a partir de la fecha del riego de siembra hasta cuando más del 50% de las plantas emergieron.

#### De diferenciación floral a floración - ( $EC_2$ )

Definida desde el inicio de la etapa reproductiva hasta cuando el 50% de las plantas presentan el 50% de sus panículas en ántesis.

##### 1. Rendimiento biológico a diferenciación floral (RBDF)

Fueron tomadas cuatro plantas por parcela (surco) en cada una de las cuatro repeticiones, procurando que estuvieran en competencia completa y libre de enfermedades. Se llevaron a peso constante y se obtuvo el rendimiento promedio por planta por parcela en gramos por planta.

2. **Altura a diferenciación floral (ADF) cm**

Distancia de la base de la plántula a la punta de la hoja mayor.

3. **Número de hojas a diferenciación floral (NHDF)**

El número de hojas liguladas totales al momento de la medición.

**De floración a madurez fisiológica - ( $EC_3$ )**

Definida desde que el 50% de las plantas de la parcela útil tuvo el 50% de sus panículas en antesis, hasta cuando el 50% de las plantas de la parcela útil presenta el 50% de la panoja un punto negro situado en la base del grano (región hilar).

1. **Rendimiento biológico a floración (RBF) g/plta**

Fueron tomadas tres plantas por unidad experimental (surco) en cada una de las cuatro repeticiones. Se llevaron a peso constante y se obtuvo el rendimiento promedio por planta por parcela.

2. **Altura de la planta (ALT) cm**

Se obtuvo de tres plantas con competencia completa elegidas al azar dentro de la parcela útil (surco). La medición fue desde la base del suelo hasta el ápice de la panoja.

3. **Número de hojas a floración (NHF)**

Todas las hojas que la planta produjo hasta el momento del conteo.

4. **Incremento en altura (IA) cm**

Diferenciación de la altura en floración y la altura de los 15 días después de la emergencia.

5. **Días a floración (DF)**

Días transcurridos desde la fecha de emergencia, hasta cuando el

el 50% de las plantas de la parcela útil tuvieron el 50% de sus panículas en ántesis.

**6. Días a madurez fisiológica (DMF)**

Días transcurridos desde la fecha de emergencia hasta que el 50% de las plantas de la parcela útil presentaron 50% de la panoja un punto negro localizado en la base del grano.

**7. Longitud de panoja (LP) cm**

Se obtuvo de la longitud existentes desde la base (inicio de las ramificaciones) hasta el ápice de la panoja.

**8. Sanidad (SAN) %**

Porcentaje de plantas dañadas por plagas respecto al total de la parcela útil.

**9. Cobertura de campo (COC) %**

Porcentaje del área del campo cubierta por el material verde. Se registró como una estimación visual.

**10. Rendimiento biológico (RB) g/plta.**

Se estimó de 10 plantas con competencia completa de la parcela útil al momento de la cosecha.

**11. Rendimiento económico (RE) g/plta.**

De la parcela central o parcela útil, se contaron las plantas que estuvieron en competencia completa. Después de un secado natural se procedió a separar las panojas del resto de las plantas, se trillaron y se limpió el grano de ahí se tomó el peso del grano de las panojas consideradas. Esta variable se ajustó al 12% de humedad.

12. Peso de 100 granos (P 100 G) g

Se determinó mediante el conteo de 100 semillas y se obtuvo su peso al 12% de humedad.

13. Índice de cosecha (IC) %

Cociente entre el rendimiento económico sobre el rendimiento biológico.

14. Paja (P) g

Diferencia del rendimiento biológico y del rendimiento económico.

15. Relación grano - paja (RGP) %

Cociente entre el rendimiento económico y la diferencia del rendimiento biológico y rendimiento económico.

3.3.4. Análisis estadístico

Los tratamientos fueron distribuidos en un experimento factorial sobre un diseño en bloques al azar en arreglo en franjas y cuatro repeticiones.

La parcela grande correspondió a los genotipos, de tal forma que cada repetición se compuso de 12 genotipos grandes. La parcela chica correspondió a los niveles de humedad. Al trabajar con cuatro niveles, dió un total de 48 parcelas chicas por repetición, por lo que cada parcela grande tuvo cuatro parcelas chicas. La parcela chica fue el nivel de humedad y la cantidad de surcos estuvo en función de las curvas isoyetas de igual contenido de humedad anteriormente explicadas. Por lo que fueron 12 parcelas grandes, cuatro parcelas chicas y cuatro repeticiones que arrojó un total de 144 unidades experimentales, como se puede apreciar en la Figura

5. Toda la toma de datos agronómicos se realizó para cuatro repeticiones, pero como se perdió un tratamiento en la repetición cuatro al meter la información para analizar en la computadora, ésta consideró sólo tres repeticiones.

### 3.3.4.1. Modelo experimental

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación, se basó en un diseño bloques al azar con arreglo en franjas. Este diseño fue analizado mediante el siguiente modelo estadístico Steel y Torrie (1960):

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + E(a)_{ij} + L_k + E(b)_{ik} + (TL)_{jk} + E(c)_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = es el valor de la observación de la  $i$ -ésima repetición, en el  $j$ -ésimo genotipo con la  $k$ -ésima lámina de agua, de la variable en estudio.

$\mu$  = media general

$B_i$  = es el efecto del  $i$ -ésimo bloque (repetición)

$T_j$  = es el efecto del  $j$ -ésimo tratamiento (genotipo)

$L_k$  = es el efecto de la  $k$ -ésima lámina de agua

$E(a)_{ij}$  = es el error (a) del  $i$ -ésimo bloque en el  $j$ -ésimo tratamiento

$E(b)_{ik}$  = es el error (b) del  $i$ -ésimo bloque en la  $k$ -ésima lámina de agua.

$E(c)_{ijk}$  = es el error (c) del  $i$ -ésimo bloque en el  $j$ -ésimo tratamiento en la  $k$ -ésima lámina de agua.

$(TL)_{jk}$  = es el efecto de la interacción en el  $j$ -ésimo tratamiento de la  $k$ -ésima lámina de agua

$i = 1, 2, 3, 4$ , (bloques)

$j = 1, 2, \dots, 12$  (genotipos)

$k = 1, 2, 3, 4$ , (láminas de humedad)

### 3.3.4.2. Ajuste de la respuesta de los genotipos al gradiente de humedad

Se determinaron modelos de ajuste lineal de lámina de agua total aplicada más la lluvia como variable independiente y a las características agronómicas como variables dependientes. Estos modelos fueron más que todo lineales y simples observándose claramente una tendencia definida al declinar el suministro de agua.

Los modelos de regresión obtenidos de los datos originales fueron multiplicados por la lámina de agua máxima aplicada más lluvia que fue de 41 cm y que correspondió a los surcos cercanos a la LA, que es el valor de la intersección de la línea de regresión, este valor máximo obtenido disminuyó conforme el suministro de agua bajó hasta llegar a un mínimo que se obtuvo al multiplicar de la ecuación de predicción, el valor de la pendiente (susceptibilidad a la sequía) por el rango de unidades de lámina de agua, en el caso particular la lámina total aplicada más lluvia fue de 41 cm y la lámina mínima de 20 cm, con 12 grados diferentes de humedad.

Para seleccionar genotipos resistentes o susceptibles a la sequía, se desarrolló otro modelo obtenido de acuerdo a valores potenciales y a las pendientes de cada uno de los 12 genotipos, de aquí que el nuevo modelo presentó como variable independiente al valor máximo dado por la lámi-

na máxima aplicada y como variable dependiente a la pendiente de la línea de regresión. Con el nuevo modelo se trazaron las nuevas líneas de regresión que pasa por los puntos medios de valor potencial y de la pendiente, donde los genotipos expuestos arriba del promedio del valor potencial y con pendientes menores que los valores predichos de la regresión fueron seleccionados como genotipos resistentes. Similarmente, los genotipos abajo de la línea de regresión y sobre el lado izquierdo del valor medio potencial fueron identificados como genotipos susceptibles. Para lograr esto se siguió la metodología aplicada por Seetharama *et al.* (1982).

La forma del modelo de ajuste utilizado fue:

$$Y = B_0 + B_1 X_i + E_i$$

Y = valor teórico de la ordenada de la línea de regresión, j-ésima observación de la variable dependiente.

$B_1$  = i-ésima observación de la variable independiente.

$B_0$  = intersección de la línea de regresión y el eje, Y (valor potencial)

$B_1$  = pendiente de la línea de regresión (susceptibilidad a la sequía)

$E_i$  = error aleatorio de la i-ésima observación.

#### 3.3.4.3. Correlaciones

Con el propósito de conocer el grado de asociación entre pares de caracteres agronómicos, se procedió a estimar una medida definida de la estrechez de la relación entre dos variables que es el coeficiente de correlación. Se procedió a estimar los coeficientes de correlación por genotipo con sus variables agronómicas aplicando la ecuación siguiente:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

Donde:

$\sum xy$  = producto de las desviaciones

$\sum xy$  = suma de productos

$\sum x^2$  = suma de los cuadrados de las desviaciones de X;

$\sum y^2$  = suma de los cuadrados de las desviaciones de Y;

#### 3.3.4.4. Proceso de computo

El análisis estadístico se realizó por computadora. Para el caso de los análisis de regresión lineal y análisis de correlación, se utilizó el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales, en la Computadora del Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía de la UANL. ®

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Los análisis de varianza para el diseño en bloques al azar en arreglo en franjas se hicieron utilizando el paquete estadístico SPSS, sistema de análisis estadístico, implementado en el computador del Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Economía de la UANL.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Gradiente de humedad en el suelo a través del tiempo

Al experimento le fue aplicado sólo un riego para promover la germinación y establecimiento del cultivo, aplicando una lámina de 13 hasta 3 cm de los surcos más cercanos a los más alejados de la línea de aspersores respectivamente.

Para calcular la cantidad de agua necesaria, fue preciso conocer el contenido de la humedad del suelo antes del riego y las constantes hídricas de Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP). Después del riego, se procedió a medir la cantidad de agua aplicada por los aspersores y obtenidos los resultados, se transformaron de centímetros de agua recibida por los botes captadores a centímetros de agua en lámina. En el Cuadro 4 y la Figura 6 se aprecia que a medida que se aleja de la línea de aspersores (LA), el agua aplicada disminuyó en las cuatro repeticiones, las repeticiones I y III que se encontraban al lado norte de la LA recibieron mayor contenido de agua debido a que cuando se operó el sistema hubo alteraciones del viento dirección norte, por lo que afectó el patrón de humedecimiento, favoreciendo a las repeticiones del lado norte de los aspersores.

El presente experimento presentó alteraciones debido a las lluvias ocurridas durante el desarrollo del cultivo; en la Figura 3 se puede observar la comparación que se hace de la media de siete años de lluvias, con las precipitaciones recibidas en el ciclo de prueba, cabe señalar que el promedio de precipitación anual de siete años fue de 492 mm contra 550 mm durante 1985 y de esta cantidad de lluvia, el 50% cayó durante los

mejes en que el experimento se desarrolló, de esto se deduce que fue un año llovedor en comparación al promedio de los siete anteriores, lo cual favoreció a que los niveles de humedad no se abatieran por debajo del punto crítico de marchitamiento que fue lo pretendido para que los genotipos mostraran su máximo potencial de resistencia al "stress" de humedad.

El lote donde fue ubicado el experimento se muestreo en diferentes fechas con el objeto de seguir el movimiento del agua en el suelo y su efecto de "stress" de humedad en la planta, para esto, se levantaron muestreos de suelo al primero, 15, 30, 60 y 90 días después de la emergencia del cultivo (DDEC).

En la Figura 5, las "X" indican puntos de muestreo que fueron evaluados en los seis momentos indicados anteriormente. La información se concentró para una misma separación de la LA por repetición y por fecha, así se tiene que el surco dos separado de la LA, a 1.6 m fue promediado al otro punto muestreado dada la misma separación para una misma repetición. Los Cuadros del 4 al 5 del Apéndice, presentan el porcentaje de humedad aprovechable base la masa, con estos resultados se graficaron los diferentes niveles de humedad del suelo a diferentes distancias a partir de la LA, por fechas y por repetición, como se puede apreciar en las Figuras 1 al 4 del Apéndice.

El muestreo al primer DDEC (Figura 1A) presenta que la tendencia de la humedad cerca de la LA fue a llegar a CC y a medida que la distancia fue mayor a partir de la LA, la humedad bajó hasta casi el nivel de PMP, donde a partir de estos dos extremos se presentó el gradiente de humedad que fue definitivo en el marcaje de la humedad del suelo para lo que restó

del ciclo. En la Figura 8 se observa el contenido de la humedad aprovechable base a volumen en función del distanciamiento de la LA a través del ciclo de desarrollo del cultivo.

A los 15 DDEC, en promedio el abatimiento de la humedad aprovechable varió de un 54.2 a 20%, siendo esta cantidad de agua insuficiente para un buen crecimiento y desarrollo de los genotipos de sorgo en la fase de establecimiento del cultivo según Maiti (1984).

El muestreo siguiente fue hasta los 35 DDEC, ya que cuando los materiales en general se encontraban en unos 25 DDEC, se registraron dos lluvias continuas con 75.5 y 20.9 mm (Cuadro 1), por lo que el levantamiento de las muestras de suelo se realizó 12 días después de las lluvias, en la Figura 8 se aprecia que en el período de 15 a 35 DDEC, la humedad alcanzó su mínimo nivel y donde los surcos del 7 al 10 retirados de la LA estuvieron apenas por encima del nivel de PMP. Precipitaciones altas en el período antes mencionado, elevaron el nivel de humedad de tal forma que el gradiente generado se vio incrementado pero guardando sus diferencias.

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Los días 19 y 21 de octubre que correspondieron en general a unos 60 DDEC se registraron precipitaciones por 99.1 mm, por lo que el muestreo de suelo fue tomado hasta los 68 DDEC. La humedad aprovechable (Figura 8) se observa incrementada en un 35% en los surcos cercanos de la LA, y en los surcos retirados de la LA en un 20% en promedio, respecto al muestreo anterior debido a las lluvias registradas antes del muestreo y que coincidió en que los materiales se encontraron en general en la etapa de floración.

Durante el período comprendido de los 68 a 90 DDEC, la humedad osci-

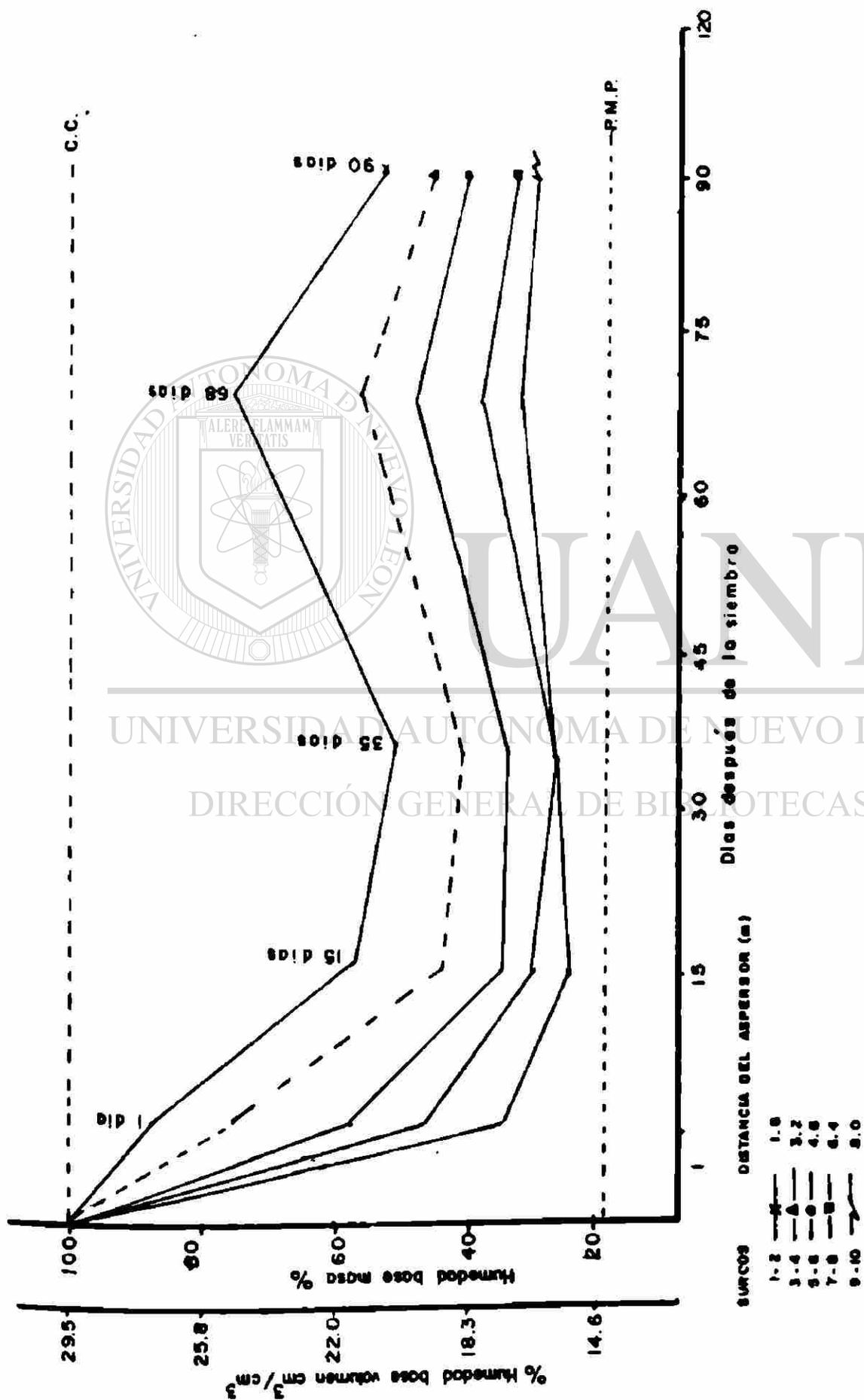


FIGURA 8. Porcentaje de humedad base, la masa y volumen en función del espaciamiento de la línea de aspersores a través del ciclo del cultivo. Efecto del gradiente de humedad sobre genotipos de sorgo "glossy" y "no glossy". Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L.

16 de un 53.0 hasta un 22.0% de humedad aprovechable para los surcos más cercanos y para los más retirados de la LA respectivamente.

De acuerdo al Cuadro 5 y la Figura 9, donde se presentan los resultados al promediar las humedades por estrato de suelo y días muestreados independientemente de la distancia a partir de la LA. Se visualiza que el mayor contenido de humedad se obtuvo al primer día después de la emergencia originado por el riego de germinación, asimismo se observa que hubo una mayor humedad al estrato de suelo de 0-30, siguiéndole en orden 30-60 y 60-90 cm de profundidad. El siguiente muestreo a los 15 DDEC, la humedad siguió siendo mayor en el estrato superior, ahora bien, la deflexión de la humedad a los 15 DDEC en todo el perfil 0-90 cm, con respecto a la humedad al primer DDEC, cayó en promedio un 28%. Los niveles más bajos de humedad se presentaron en el período comprendido de los 15 DDEC a los 35 DDEC. El siguiente muestreo que fue a los 68 DDEC, se aprecia un incremento de humedad ocasionado esto por fuertes lluvias previas al muestreo. De todo lo anterior, se puede decir que el estrato de 0-30 cm fue el que presentó siempre un mayor contenido de humedad que el perfil 30-90 cm debido quizás a la distribución e intensidad de lluvias durante el desarrollo del cultivo, como se aprecia en la Figura 8.

Con lo anteriormente expuesto y al observar las Figuras 8 y 9, se puede decir que el gradiente de humedad impuesto con un solo riego por aspersión conservó sus diferencias a través de todo el ciclo, aún y cuando las lluvias elevaron los niveles de humedad, éstos siguieron la misma tendencia de mayor humedad cerca de la LA, a una menor humedad lejos de la LA, se observa que los dos primeros metros a partir de los aspersores, se mantuvieron sobre el 50% de humedad aprovechable, por otro lado, de seis a ocho metros retirados de los aspersores, estuvieron por encima del nivel

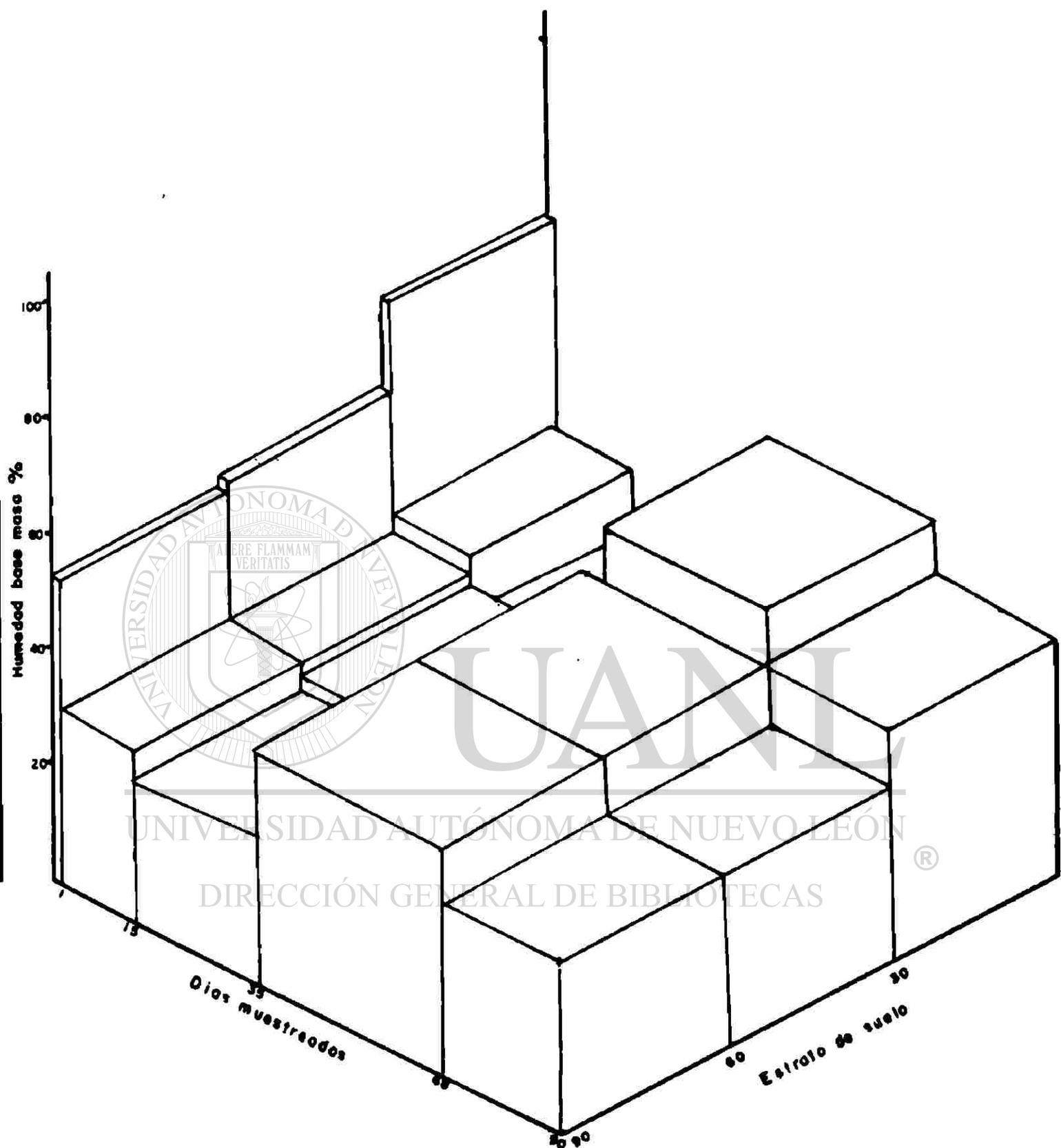


FIGURA 9. Porcentaje de humedad en base a la masa y volúmen para la planta a través del perfil del suelo durante el desarrollo de genotipos de sorgo "glossy" y "no glossy", Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L.

de PMP y nunca arriba del 50 . de humedad aprovechable, por lo que la deflexión de la humedad fue severa en dos períodos de desarrollo del experimento; el primero durante el período de los 10 a los 25 DDEC y el segundo de los 35 a los 60 DDEC.

#### 4.2. Acumulación de Materia Seca

En la Figura 10 se alcanzan a distinguir las tres etapas de crecimiento señaladas por Bartel y Martin (1938). La etapa EC<sub>1</sub>, tuvo en el presente trabajo una duración desde la emergencia de 23 a 35 días para todos los genotipos evaluados y concuerda en forma general con el período vegetativo que culmina con el cambio de actividad vegetativa a reproductiva según Vanderlip y Reeves, citados por Maiti (1982). La etapa EC<sub>2</sub> abarcó desde los 24 a 33 días hasta aproximadamente los 52 a 75 días para genotipos glossy y no glossy respectivamente. La etapa EC<sub>3</sub> presentó en la mayoría de los materiales una duración de 52 a 75 días hasta los 92 y 117 días aproximadamente.

Al comparar las curvas de acumulación de materia seca de genotipos glossy contra no glossy, se nota claramente en los primeros una menor velocidad de acumulación durante la fase prefloral y una mayor velocidad después de floración.

Los genotipos glossy IS-4498, IS-2205 e IS-4777, junto con los genotipos no glossy LES-30R y LES-88R fueron los que tuvieron una menor acumulación de materia seca durante todo el ciclo del cultivo, por otro lado, los materiales IS-5067 e IS-4521, tuvieron un crecimiento lento hasta diferenciación floral como la mayoría de los genotipos evaluados, pero a partir de ese punto no presentan con claridad a la curva signoide, sino que mues-

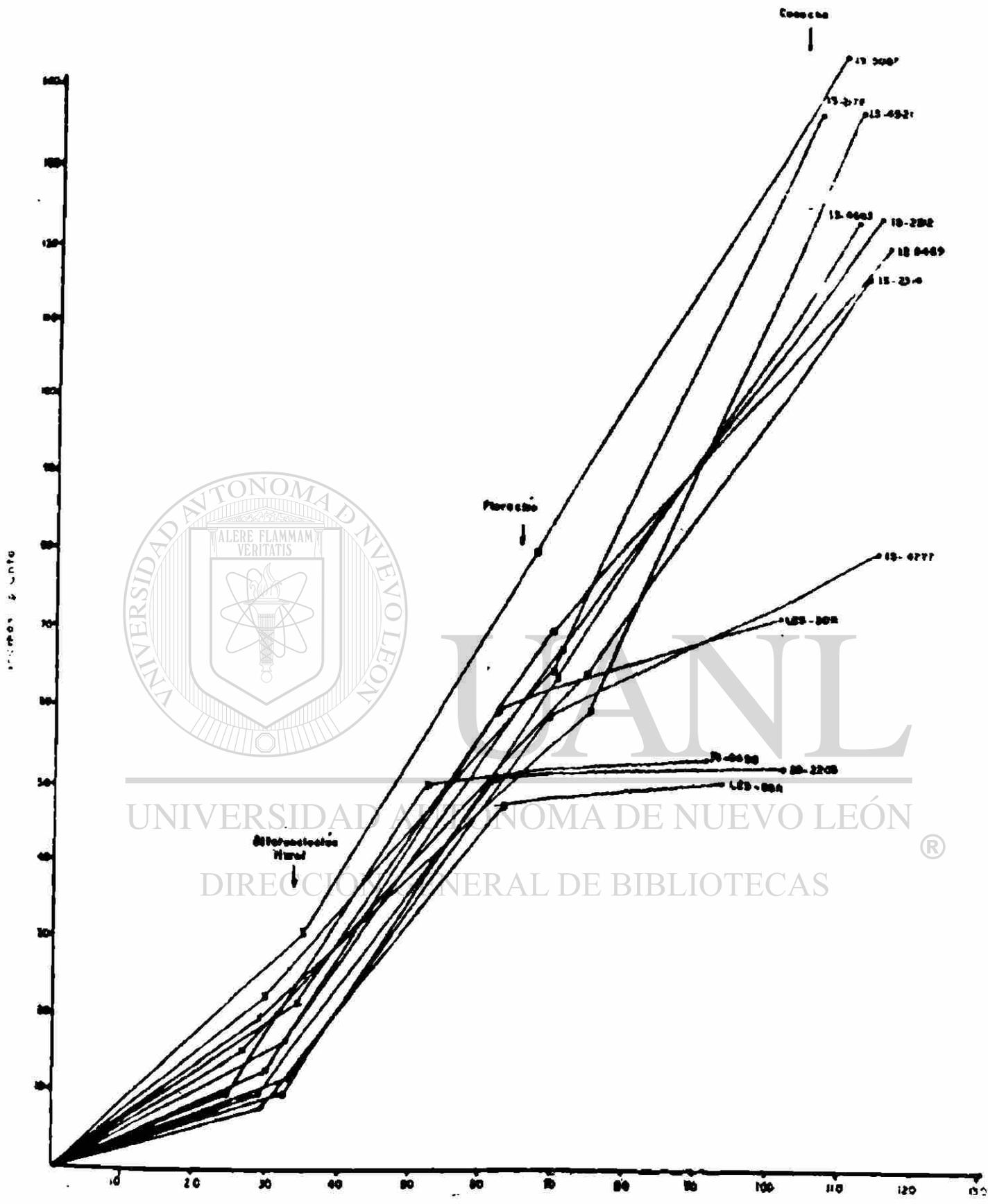


FIGURA 10. Acumulación de materia seca durante el ciclo del cultivo del sorgo. Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L.

tran un crecimiento más bien lineal, lo cual puede atribuirse a las características propias del genotipo, este mismo comportamiento lo presentan los genotipos IS-2176, IS-5469, IS-2312 e IS-4663.

Después del primer muestreo de plantas se presentaron lluvias fuertes que vinieron a favorecer el cultivo en general asociada esto a una alta y rápida acumulación de materia seca, pero con desequilibrio entre el crecimiento reproductivo y vegetativo que dió como resultado que una parte de los materiales mostraran poco rendimiento económico, pero con una mayor acumulación de materia seca como: IS-5067, IS-4521, IS-2176, IS-5469 e IS-4663, donde estos materiales mostraron también valores bajos de índice de cosecha, por otro lado, los materiales que presentaron crecimiento lento y baja acumulación de materia seca, mostraron valores altos de índice de cosecha, pero sus rendimientos promedio de grano se consideraron bajos.

---

Resultados similares encontró Castillo (1980) en donde destaca el comportamiento promedio de los híbridos en que participó la línea 3-232 de sorgo para grano y que presentó alta acumulación de materia seca, pero con bajo índice de cosecha y otro caso de la línea I-10R con un crecimiento lento durante todo el ciclo; sin embargo, a pesar de presentar un índice de cosecha alto, los rendimientos promedios fueron de los más bajos. Goldsworthy (1970) concluyó que los pesos secos de los genotipos fueron similares hasta floración; sin embargo, después de este período hubo marcadas diferencias en madurez fisiológica, atribuidas principalmente a las tasas de crecimiento de los genotipos en ese período, de floración a llenado de grano.

### 4.3. Análisis de Varianza

En el Cuadro 5 se observa que para la fuente de variación, genotipos, las variables: rendimiento biológico (RB), altura de la planta (ALT), días a madurez fisiológica (DMF), índice de cosecha (IC), paja (P), incremento en altura (IA) y días a floración (DF), resultaron ser altamente significativas; por otro lado, las variables peso de 100 granos (P100G) y longitud de panoja (LP) mostraron diferencias significativas, asimismo, las variables rendimiento económico (RE) y rendimiento biológico a floración (RBF) presentaron no diferencias significativas.

Para la fuente de variación, niveles de humedad las variables RG, RB, ATL, DF, DMF, P100G Y P mostraron diferencias altamente significativas y las variables LP, IC e IA presentaron diferencias significativas.

En lo referente a la interacción genotipo-niveles de humedad, sólo las variables RB y P mostraron diferencias altamente significativas y ALT presentó diferencia significativa. Considerando al RE y RB como criterios importantes en la selección de genotipos para el aprovechamiento eficiente del agua, y donde aún y cuando estas variables no presentaron diferencias significativas en la interacción, se desarrollaron comparaciones de medias para detectar diferencias por si el análisis de varianza no fue tan sensible en separar grupos diferentes.

#### 4.3.1. Análisis de las variables estudiadas

##### Rendimiento económico

En el Cuadro 5 del análisis de varianza, no se encontró diferencia entre genotipos para la variable en cuestión, expresada en un rango de 8.8 a 14.0 g/plta aún y cuando no hubo diferencia, los genotipos IS-5469, IS-2312,

Cuadro 5. Cuadrados medios y su significancia estadística para 12 variables, resultado de un diseño bloques al azar con arreglo en franjas. Ciclo tardío, 1985. Marín, N.L.

FACTOR DE VARIACION	G.L.	RE	RB	ALT	DF	DMF	P100G	LP	IC
Bloques	2	76.53	7039.70	2114.93	182.69	43.58	0.17 <sup>ns</sup>	103.37	118.27
Genotipos (A)	11	42.03 <sup>ns</sup>	26444.90**	10768.12**	630.49**	745.01**	1.21*	106.55*	294.18**
Lámina Agua (B)	3	477.14**	23302.53**	7103.52**	536.89**	577.42**	2.89**	135.22*	257.24*
Int. (A x B)	33	3.38 <sup>ns</sup>	552.59**	99.37*	39.63 <sup>ns</sup>	5.83 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	8.72 <sup>ns</sup>	13.66 <sup>ns</sup>
$\bar{Y}$		11.73	107.22	133.98	65.75	108.96	2.93	16.77	16.42
C.V.		20.6	10.2	6.8	29.2	2.1	6.2	17.5	23.6

	RBF	P	RGP	IA
Bloques	1420.73	6652.62	272.68	1780.34
Genotipos (A)	1016.09 <sup>ns</sup>	25762.13**	1449.32**	9141.22**
Lámina Agua (B)	10089.84**	15782.45**	60.03 <sup>ns</sup>	851.75*
Int. (A x B)	58.81 <sup>ns</sup>	551.07**	29.39 <sup>ns</sup>	108.73 <sup>ns</sup>
$\bar{Y}$	47.07	94.46	17.15	94.41
C.V.	19.2	12.5	39.8	9.7

\* Significativo (P = 0.05)

\*\* Altamente significativo (P = 0.01) <sup>®</sup>

ns No significativo

IS-5067 fueron los que presentaron mayores valores de RE.

El comportamiento de esta variable en la fuente de variación niveles de humedad, manifestó diferencias altamente significativas. En el Cuadro 6 se muestra la comparación de medias donde las láminas aplicadas de 41 a 39 cm se obtuvieron los mayores resultados en rendimiento económico con 15.7 y 13.6 g/plta. respectivamente y estadísticamente iguales al 0.05%, los más bajos rendimientos fueron obtenidos con la menor lámina de agua aplicada que fue de 33 cm con un rendimiento de grano de 7.5 g/plta. En términos de rendimiento de grano, se encuentra que los genotipos tuvieron un comportamiento diferencial a los gradientes de humedad, ya que hubo reducciones en el rendimiento de un 47% al cambiar la condición de humedad, esta reducción que se observó en los materiales, se considera que fue principalmente por el efecto de la condición de "stress" a que estuvieron sometidos los genotipos en dos periodos de sequía y mayormente en sus primeras etapas de desarrollo.

Los abatimientos en el rendimiento causados por las condiciones de humedad a través de las etapas de desarrollo, apoyan varios autores, entre ellos Maiti (1982); Sullivan et al. (1982); Turner (1974); Stout (1978) y Sullivan (1979).

El que las diferencias entre genotipos no haya resultado significativa pudo deberse a que el efecto causado por la sequía sobre los materiales probados, si bien el abatimiento de la humedad aprovechable fue bajo 23%, siempre se mantuvo por encima del nivel crítico de PMP, por las lluvias que fueron medianamente altas y bien distribuidas sobre todo las primeras que cayeron cuando el suelo se encontraba casi en nivel de PMP, que fue aproximadamente a los 25 DDEC y otras lluvias oportunas que cayeron a los 58 y 60 DDEC,

Cuadro 6. Comparación de medias entre lámina de agua (cm) en 12 variables agronómicas estudiadas en sorgo. Ciclo tardío, 1985 Marín, N.L.

NIVELES DE HUMEDAD (CM)	RE	RB	ALT	DF	DMF	F100G	LP	IC	RBF	P	RGP	IA
1-33	7.5 c	78.1 d	118.7 d	70.2 d	79.8 d	2.58 c	14.8 b	13.1 c	28.8 d	70.9 d	15.4 b	42.6 c
2-36	10.0 b	94.8 c	126.6 c	67.5 c	110.5a	2.84 b	16.0 b	15.4 bc	38.4 c	84.2 c	17.3ab	81.0 bc
3-39	13.6a	120.3 b	140.3 b	63.8 b	106.7 b	3.09a	16.9 b	18.2ab	54.6 b	104.8 b	18.6a	104.2ab
4-41	15.7a	135.3a	150.3a	61.5a	104.8 c	3.22a	19.4a	18.9a	66.5a	117.9a	17.3ab	124.6a
DMS	0.70	2.85	1.91	1.05	0.39	0.05	0.64	0.89	1.55	2.28	0.81	2.03

1/ Letras iguales indican que las medias son estadísticamente iguales a un nivel de significancia del 0.05

DMS Diferencia mínima significativa al 0.05

cuando los genotipos en general estaban entrando en la fase de floración, considerada como la etapa más crítica a la falta de humedad en la planta por diversos autores como Wong (1979); Slatyer, citado por Castillo (1980), también es posible que el efecto de la sequía sobre los genotipos de sorgo se haya debido en parte a que el sorgo posee mayor resistencia a la sequía que otras especies como lo mencionan Boyer y Mc Pherson (1975); Ibarra (1984); Dogget (1970); Arnon (1972).

El análisis de varianza reportó no diferencia significativa en la interacción genotipo-lámina, para la variable en cuestión; sin embargo, se procedió a calcular su comparación de medias para observar si algún genotipo interactuó al cambiar el nivel de humedad en el suelo. En el Cuadro 7 se aprecia la interacción en la que todos los genotipos fueron estadísticamente iguales en los cuatro niveles de humedad, pero al interactuar se detectó que IS-2205, IS-2314, IS-5469, IS-2312, IS-5067, IS-2176 y LES-30R tuvieron una mayor expresión en el RE, con la máxima lámina aplicada que fue de 41 cm y de éstos, IS-5469 fue el mejor con 20.8 g/plta. La línea LES-88R junto con IS-4498 presentaron los valores más bajos de RE a la interacción y estadísticamente iguales. De los resultados obtenidos de la interacción en la variable en cuestión, se puede inferir que aún y cuando el análisis de varianza reportó no significancia fue posible detectar genotipos que respondieron al cambio en el suministro del agua, debido quizás a que para la fuente de variación genotipos, no hubo significancia, pero para niveles sí hubo diferencias y que al interactuar con los genotipos se identificarán algunas diferencias.

#### Rendimiento biológico

Esta variable fue alta y significativamente diferente entre genotipos

Cuadro 7. Medias de rendimiento económico en (gr/plta) en la interacción genotipo-nivel de humedad aplicada más lluvia. Ciclo tardío, 1985 Marín, N.L.

GENOTIPO	NIVEL DE HUMEDAD			
	1	2	3	4
IS-4498	a 4.6 X <sup>1</sup>	a 7.2 X	a 11.6 X	a 11.6 X
IS-2205	a 6.2 Y	a 6.7 XY	a 12.2 XY	a 16.4 X
IS-2314	a 7.1 Y	a 11.1 XY	a 11.8 XY	a 15.9 X
IS-4521	a 7.5 X	a 9.6 X	a 12.2 X	a 13.8 X
IS-4777	a 7.2 X	a 7.8 X	a 12.8 X	a 13.9 X
IS-5469	a 10.1 Y	a 11.4 Y	a 16.4 X	a 20.8 X
IS-2312	a 9.0 Y	a 13.3 XY	a 16.4 X	a 17.0 X
IS-5067	a 7.9 Y	a 13.4 XY	a 16.0 X	a 16.8 X
IS-2176	a 8.8 Y	a 9.6 XY	a 16.1 XY	a 17.2 X
IS-4663	a 6.3 X	a 8.8 X	a 10.6 X	a 14.1 X
LES-30R	a 9.3 Y	a 11.3 X	a 15.6 X	a 16.9 X
LES-88R	a 6.6 X	a 8.0 X	a 12.0 X	a 13.8 X

1/ Letras iguales indican que las medias son estadísticamente iguales a un nivel del .05

Genotipo: Las letras son a, b, c, d, e, f

Lámina Agua: x, y, z

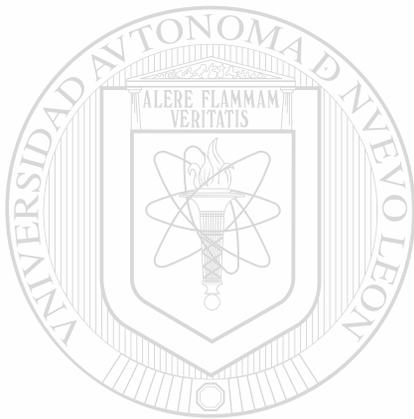
Niveles de Humedad: 1, 2, 3, 4 son 33, 36, 39, 41 cm de lámina aplicada respectivamente

como se puede apreciar en el Cuadro 8, donde los genotipos IS-2176, IS-5067, IS-2312 e IS-4521 fueron los que tuvieron mayor peso seco y estadísticamente iguales con 154.6; 160.0; 142.8 y 153.3 g/plta respectivamente. Por otro lado, los genotipos IS-4498 y LES-88R con 32.0 y 43.5 g/plta fueron los que presentaron la menor acumulación de materia seca.

La expresión del rendimiento biológico en la fuente de variación niveles de humedad, mostró una alta significancia estadística (Cuadro 6), ya que las láminas de 41 y 39 cm con 135.3 y 120.8 g/plta. fueron estadísticamente iguales y superiores a la lámina 36 cm con 94.8 y a la lámina 33 cm con 78.1 g/plta. De acuerdo a estos resultados, hubo efecto por los gradientes de humedad en la variable en cuestión con un rango de 78.7 a 135.3 g/plta.

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas en la interacción humedades por genotipos, esto indica que los genotipos mostraron variabilidad en su comportamiento al pasar de un nivel de agua al to a uno más bajo, asimismo, se puede observar en el Cuadro 9 qué lámina de agua fue la mejor para cada genotipo y qué genotipos fue el de mejor comportamiento para cada nivel de humedad.

Se nota en el cuadro antes mencionado que todos los genotipos evaluados mostraron su mayor expresión en el mayor nivel de humedad y que interacturaron de manera diferente en los niveles de humedad aplicados, el genotipo IS-5067 fue el que interactuó mejor al dar un mayor contenido de materia seca, 203.4 g/plta con la lámina máxima de 41 cm, un grupo de cinco genotipos IS-2314, IS-4521, IS-5469, IS-2312 e IS-2176 mostraron también alta acumulación de materia seca respondiendo positivamente a los cambios en el suministro de agua aplicada y de éstos, IS-2176 fue el que presentó una



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES

Cuadro 8. Comparación de medias entre genotipos de 11 variables agromorfológicas estudiadas en sereno. Cielo tal  
dfo. 1985 María, N.L.

GENOTIPO	RA	ALT	BR	DMB	PIOCG	LP	IC	F	MDP	EA	ME
18-4490	32.0 <sup>1e</sup>	145.4ab	51.9 <sup>d</sup>	92.3 <sup>d</sup>	2.61 <sup>bc</sup>	19.2ab	24.8a	23.3 <sup>d</sup>	36.8a	107.3ab	8.8a
18-2205	64.4 <sup>cd</sup>	158.4a	62.0 <sup>a</sup>	103.0 <sup>c</sup>	3.17 <sup>ab</sup>	19.6ab	22.9ab	53.5 <sup>e</sup>	20.9 <sup>b</sup>	121.2a	10.9a
18-2314	125.6 <sup>b</sup>	110.7 <sup>b</sup>	74.7a	113.6ab	2.59 <sup>c</sup>	16.6abc	11.3 <sup>c</sup>	117.7 <sup>b</sup>	10.0 <sup>b</sup>	72.6 <sup>bcd</sup>	11.4a
18-4521	153.3a	166.9a	69.8ab	111.7ab	2.94 <sup>abc</sup>	16.3abc	11.8 <sup>c</sup>	139.1 <sup>ab</sup>	7.3 <sup>b</sup>	133.0a	10.8a
18-4777	90.5 <sup>e</sup>	167.4ab	60.9ab	116.1ab	3.11 <sup>ab</sup>	14.5 <sup>cd</sup>	19.3ab	69.5 <sup>c</sup>	15.5 <sup>b</sup>	106.3ab	10.5a
18-5869	136.5 <sup>b</sup>	151.2ab	68.5ab	119.6a	2.86 <sup>abc</sup>	10.6 <sup>d</sup>	12.7 <sup>c</sup>	120.7 <sup>c</sup>	12.0 <sup>b</sup>	102.8abc	14.7a
18-2312	142.8ab	163.0a	72.4a	115.3a	2.37 <sup>c</sup>	13.6 <sup>cd</sup>	13.8 <sup>c</sup>	128.5 <sup>ab</sup>	11.3 <sup>b</sup>	120.0a	13.9a
18-5067	160.0a	131.4ab	64.1 <sup>bc</sup>	100.0 <sup>bc</sup>	3.29 <sup>a</sup>	15.7 <sup>bcd</sup>	16.7 <sup>bc</sup>	146.4a	8.9 <sup>b</sup>	89.3abc	13.5a
18-2176	154.3a	155.1ab	67.5 <sup>bc</sup>	114.2a	3.19 <sup>ab</sup>	16.2 <sup>bc</sup>	11.8 <sup>c</sup>	141.5 <sup>ab</sup>	10.0 <sup>b</sup>	93.6 <sup>bc</sup>	12.9a
18-4663	126.3 <sup>b</sup>	155.4ab	70.0ab	110.1a	2.61 <sup>bc</sup>	17.3abc	13.1 <sup>c</sup>	117.4 <sup>b</sup>	8.9 <sup>b</sup>	88.3abc	10.0a
18-404	57.6 <sup>de</sup>	99.3 <sup>b</sup>	67.2 <sup>c</sup>	103.3 <sup>c</sup>	3.20 <sup>ab</sup>	20.0ab	18.0 <sup>ab</sup>	42.0 <sup>cd</sup>	33.8a	60.2 <sup>cd</sup>	13.3a
18-08R	43.3 <sup>de</sup>	63.4 <sup>c</sup>	51.8 <sup>d</sup>	90.3 <sup>d</sup>	3.26 <sup>a</sup>	20.8a	22.8ab	33.9 <sup>cd</sup>	32.0a	35.7 <sup>d</sup>	10.1a
DMS	9.71	15.85	1.64	1.93	0.18	1.70	2.59	7.87	4.10	13.70	3.02

1/ Letras iguales indican que las medias son estadísticamente iguales a un nivel de significancia del 0.05

DMS Diferencia mínima significativa al 0.05

Cuadro 9. Comparación de medias de rendimiento biológico en (gr/plta) en la interacción genotipo-nivel de humedad aplicada más lluvia. Ciclo tardío, 1985 Marín, N.L.

GENOTIPO	NIVEL DE HUMEDAD			
	1	2	3	4
IS-4498	c 19.9 X <sup>1</sup>	d 26.4 X	f 37.5 X	e 44.2 X
IS-2205	bc 43.0 Y	d 61.3 XY	ef 69.6 XY	de 83.7 X
IS-2314	a 90.3 Y	a 117.0 Y	cd 123.4 Y	ab 171.7 X
IS-4521	a 117.6 Y	a 146.7 XY	abc 167.3 X	ab 181.5 X
IS-4777	ab 76.9 Y	bc 78.4 XY	de 94.9 XY	cd 111.7 X
IS-5469	a 114.3 Y	ab 125.9 XY	bcd 145.0 XY	ab 160.8 X
IS-2312	a 88.2 Y	ab 123.6 Y	ab 180.2 X	ab 179.2 X
IS-5067	a 111.6 Y	ab 126.7 Y	a 198.2 X	a 203.4 X
IS-2176	a 112.1 Z	a 139.4 YZ	ab 176.3 XY	ab 189.3 X
IS-4663	a 114.8 X	ab 116.1 X	bcd 132.1 X	bc 142.2 X
LES-30R	bc 33.8 Y	cd 42.2 Y	ef 64.2 X	de 90.0 X
LES-88R	c 18.7 Y	cd 34.2 XY	ef 55.2 X	de 65.9 X

1/ Letras iguales indican que las medias son estadísticamente iguales a un nivel del .05

Genotipo: Las letras son a, b, c, de, f

Lámina de Agua: x, y, z

Niveles de Humedad: 1, 2, 3, 4 son 33, 36, 39 y 41 cm. de lámina respectivamente.

mayor variabilidad en su comportamiento al pasar de una condición húmeda a otra, por otro lado, los genotipos IS-4498, IS-2205, IS-4777, LES-30R y LES-88R presentaron valores bajos de biomasa aún y cuando interactuaron con los niveles de humedad a excepción de IS-4498 que tuvo un comportamiento estadísticamente igual al interactuar con los niveles de humedad.

#### Índice de cosecha

En las comparaciones de medias para esta variable (Cuadro 8) se aprecia que los genotipos IS-2205, IS-4498, IS-4777, LES-80R y LES-88R fueron sobresalientes con 22.9; 24.8; 19.3; 18.0 y 22.8% respectivamente.

En el Cuadro 6 se observa que el IC muestra significancia estadística para el factor humedades y presenta dos grupos estadísticos diferentes, siendo el primero los niveles 41 y 39 cm con 18.9 y 18.2% y el segundo grupo con 15.4 y 13.1% en los niveles de 36 y 33 cm de humedad dada.

Para esta variable se observa que los testigos LES-30R y LES-88R aparecen estadísticamente superiores a la mayoría de los materiales glossy, a excepción de IS-2205 e IS-4498, por lo que tuvieron una mayor capacidad de translocación de peso seco al grano. Para esta variable no hubo interacción genotipo por humedades, ya que su valor de "F" fue elevado pero sin alcanzar a ser significativo; esto pudo deberse en parte a que para el cálculo de este índice se utilizó el rendimiento económico, el cual no mostró significancia entre genotipos ni en la interacción del análisis de varianza, más sin embargo, considerando a esta variable como criterio importante en la selección de genotipos resistentes o susceptibles a la sequía, se procedió a calcular la comparación de medias de la interacción (Cuadro 10), donde se observa que aún y cuando el análisis de varianza no detectó significancia, la comparación de medias separó genotipos y niveles estadísticamente dife-

Cuadro 10. Medias de índice de cosecha (%) en la interacción genotipo-nivel de humedad aplicada más lluvia. Ciclo tardío, 1985 Marín, N.L.

GENOTIPO	NIVELES DE HUMEDAD			
	1	2	3	4
IS-4498	a 16.3 Y <sup>1</sup>	ab 21.3 XY	a 28.7 XY	a 33.0 X
IS-2205	a 17.3 X	a 24.0 X	ab 24.3 X	ab 26.0 X
IS-2314	a 9.7 X	ab 13.0 X	b 12.0 X	c 10.3 X
IS-4521	a 9.0 X	b 9.0 X	b 14.0 X	bc 15.0 X
IS-4777	a 19.0 X	ab 17.0 X	ab 21.7 X	abc 19.7 X
IS-5469	a 10.7 X	ab 11.3 X	b 12.3 X	bc 16.3 X
IS-2312	a 11.0 X	ab 14.3 X	ab 15.0 X	bc 15.0 X
IS-5067	a 11.0 X	ab 14.0 X	ab 17.0 X	bc 16.7 X
IS-2176	a 9.0 X	b 9.3 X	ab 14.7 X	bc 14.3 X
IS-4663	a 11.0 X	ab 12.7 X	b 13.0 X	bc 15.7 X
LES-30R	a 15.3 X	ab 17.0 X	ab 20.3 X	abc 19.3 X
LES-88R	a 18.0 X	ab 22.0 X	ab 25.7 X	ab 25.7 X

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

<sup>1/</sup> Letras iguales indican que las medias son estadísticamente iguales a un nivel del 0.05

Genotipo: Las letras son a, bc

Lámina de Riego: x, y, z

Niveles de Humedad: 1, 2, 3, 4 son 33, 36, 39, 41 cm. de lámina respectivamente.

rentes. Al observar la humedad 33 cm, los genotipos evaluados tuvieron un comportamiento similar, no siendo así la interacción de los genotipos con los niveles de 36, 39 y 41 cm de lámina aplicada, y dentro del nivel 36 cm de humedad, IS-2205 fue el que interactuó mejor con 24.0%, en los niveles 39 y 41 cm, la línea IS-4498 presentó los valores más altos con 29 y 33% respectivamente y los valores más bajos fueron para IS-2314 con 10% en el nivel de 41 cm de lámina; por otro lado, IS-2205, LES-30R y LES-88R presentaron altos valores de IC en los diferentes niveles de agua aplicada e iguales estadísticamente en los cuatro niveles.

#### Altura de la planta

El análisis de varianza mostró alta significancia entre genotipos para esta característica, en el Cuadro 8 se observa que IS-4663, IS-2176, IS-5067 IS-2312, IS-2205 mostraron valores altos y estadísticamente diferentes del siguiente grupo que lo componen IS-2314, LES-30R y LES-88R.

El análisis también mostró alta significancia entre niveles de humedad. En el Cuadro 6 se aprecia que los cuatro niveles de humedad fueron significativamente diferentes unos de otros, el nivel más alto de humedad correspondió a una altura de planta de 150.3 cm y el nivel más bajo con una altura de 118.7 cm.

La interacción genotipo-lámina reportó alta significancia y se aprecia en el Cuadro 11. La comparación de medias donde se ve el comportamiento que tuvieron los genotipos al interactuar con los diferentes niveles de humedad.

#### Peso de 100 granos

En la comparación de medias de genotipos (Cuadro 8), un grupo de ocho líneas mostraron los valores más altos de la variable en cuestión, sobresa-

Cuadro 11. Comparación de medias de altura total de la planta en (cm) en la interacción genotipo-nivel de humedad aplicada más lluvia. Ciclo tardío, 1985 Marín, N.L.

GENOTIPO	NIVELES DE HUMEDAD			
	1	2	3	4
IS-4498	ab 129.3 Y <sup>1</sup>	ab 137.5 Y	ab 146.8 XY	a 167.9 X
IS-2205	a 139.7 Y	a 151.8 XY	a 167.9 X	a 175.1 X
IS-2314	ab 98.5 Y	ab 104.1 XY	ab 120.6 X	ab 128.6 X
IS-4521	a 154.0 Y	a 156.6 Y	a 173.2 XY	a 183.9 X
IS-4777	a 135.5 X	ab 138.3 XY	a 152.1 XY	a 163.5 X
IS-5469	ab 134.8 Y	a 145.3 XY	a 161.1 XY	a 163.4 X
IS-2312	a 143.3 Y	a 152.9 XY	a 177.3 X	a 178.4 X
IS-5067	ab 107.4 Z	ab 123.5 YZ	ab 138.5 XY	a 155.9 X
IS-2176	ab 112.0 Y	ab 134.5 XY	ab 144.0 X	ab 149.9 X
IS-4663	ab 132.8 X	ab 131.9 X	ab 130.4 X	ab 146.6 X
LES-30R	ab 91.8 XY	ab 84.9 Y	ab 103.3 XY	ab 117.2 X
LES-88R	b 54.4 X	b 58.1 X	b 68.5 X	b 72.7 X

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

1/ Letras iguales indican que las medias son estadísticamente iguales a un nivel del .05

Genotipo: Las letras son a, b, c, d, e, f

Lámina de Riego: x, y, z

Niveles de Humedad: 1, 2, 3, 4 son 33, 36, 39 y 41 cm de lámina aplicada respectivamente.

liendo entre ellos: IS-5067 y LES-88R, un grupo menor y estadísticamente igual lo formaron los materiales IS-2205, IS-4777, IS-2176 y LES-30R. Por otro lado, las líneas que mostraron una menor expresión para esta característica fueron IS-2314 e IS-2312.

Los niveles de humedad afectaron también el peso de 100 granos, como se puede apreciar en el Cuadro 6, donde la comparación de medias se modifica al cambiar de una situación húmeda a otra, ya sea mayor o menor aparecen tres grupos estadísticamente diferentes, los niveles 41 y 39 cm con 3.22 y 3.09 gramos de peso fueron iguales, pero significativamente diferentes a los niveles de 36 y 33 cm con 2.84 y 2.58 gramos respectivamente.

#### Días a floración

En el Cuadro 8 se aprecian diferencias significativas entre medias de tratamientos, donde se encuentra un grupo de seis genotipos: IS-2314, IS-4521, IS-4777, IS-5469, IS-2312 e IS-4663, con 75, 70, 70, 70, 72 y 69 días respectivamente, siendo igual estadísticamente y representando al grupo con mayores días a la floración. Otro grupo IS-4498, LES-30R, IS-2205 y LES-88R, con 52, 62, 52 y 53 días y presentaron un menor tiempo a la floración donde cabe destacar que este grupo de líneas estadísticamente con floración más temprana fueron también los que presentaron en general una menor acumulación de materia seca.

Los niveles de humedad mostraron diferencias altamente significativas para esta variable, el Cuadro 6 presenta que los cuatro niveles de humedad fueron estadísticamente diferentes. La floración en general se atrasó por efecto del "stress" de humedad a que estuvieron sometidos los genotipos durante los períodos de los 10 a 25 días después de emergido el cultivo y de

los 35 a los 60 DDEC, esto explicado en el apartado del efecto de la humedad durante el desarrollo del experimento. Resultados similares encontraron Seetharama y Bidinger (1977) al señalar que los genotipos del sorgo retrasan su desarrollo normal durante el período de sequía hasta que las condiciones de humedad sean buenas, lo que llaman como plasticidad del desarrollo.

#### Días a madurez fisiológica

Se distinguen cuatro grupos de materiales genéticos de acuerdo al tiempo que tardaron en llegar a madurez fisiológica (Cuadro 8), IS-4663, IS-2312, IS-5469, IS-4777, IS-4521 e IS-2314, fueron los más tardíos, siendo estadísticamente iguales, este período de más tiempo dió como resultado que estos genotipos presentaran en general una mayor acumulación de materia seca. Los materiales más precoces fueron: LES-30R, LES-88R y la línea glossy IS-4498, con 105, 96 y 92 días respectivamente.

La comparación de medias entre lámina de agua aplicada muestra que donde hubo mayor humedad, los días a madurez fisiológica también fueron mayores e inversamente donde el nivel de humedad fue menor, los días a madurez fueron menores.

Cabe destacar por los resultados obtenidos, que con sólo un riego fue suficiente para marcar los gradientes de humedad en el suelo y se determinante para que se presentaran diferencias significativas entre las características agronómicas estudiadas.

#### Longitud de panoja

Los resultados obtenidos muestran cuatro grupos estadísticamente diferentes en cuanto al tamaño promedio de la panoja, siendo el primer grupo

el que abarcó una mayor cantidad de genotipos con un total de ocho, con un rango de 20.6 y 16.2 cm de longitud. En general, el tamaño promedio de las panojas en los 12 genotipos evaluados fueron de tamaño medio de acuerdo al Instructivo CIA-FAUANL (1982), excepto en IS-5469, que fue diferente y de menor tamaño con una media de 10.4 cm de longitud. Asimismo, la longitud se vió modificada por los niveles de humedad y se aprecia en el Cuadro 6 que hubo dos grupos diferentes estadísticamente, el promedio con lámina de 41 cm y longitud promedio de 19.4 cm, y el segundo grupo que abarcó de la lámina de 33 hasta 39 cm y con una longitud de panoja promedio de 14.8 a 16.9 cm.

#### Paja

Para esta característica se encontró alta significancia entre genotipos, siendo el grupo mayor las líneas glossy: IS-2176, IS-5067, IS-2312, IS-4521, con 141.5; 146.4; 128.6 y 139.1 gramos respectivamente y los de menor cantidad de paja y estadísticamente iguales fueron: LES-88R, LES-30R, IS-4777, IS-2205 e IS-4498, con 33.9; 42.0; 69.5; 53.5 y 23.3 gramos respectivamente. Este mismo comportamiento lo presentó la variable rendimiento biológico para la mayoría de los genotipos evaluados.

Los niveles de humedad mostraron diferencias unos de otros, así tenemos que el nivel de mayor humedad 41 cm, dió 117.9 gramos por planta, el nivel de humedad de 39 cm con 104.8 g, el 36 con 84.2 g y el nivel menor de humedad 33 cm con 70.9 g. Esta misma tendencia de a mayor nivel de humedad, mayor es el valor de materia seca, peso de 100 granos, longitud de panoja e índice de cosecha.

El análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas para el factor interacción en el Cuadro 12 se aprecian sus valores, así te

Cuadro 12. Comparación de medias de la variable paja (gr) en la interacción genotipo-nivel de humedad aplicada más lluvia. Ciclo tardío, 1985 Marín, N.L.

GENOTIPO	NIVELES DE HUMEDAD			
	1	2	3	4
IS-4498	de 15.3 X <sup>1</sup>	b 19.2 X	d 26.0 X	f 32.5 X
IS-2205	cde 36.8 X	b 52.6 X	cd 57.2 X	ef 67.3 X
IS-2314	b 97.3 Y	a 105.9 Y	bc 111.6 Y	abc 155.8 X
IS-4521	a 110.1 Y	a 137.0 XY	ab 152.1 X	abc 157.2 X
IS-4777	bcd 54.4 Y	b 56.3 Y	c 69.4 XY	de 97.8 X
IS-5469	a 104.5 Y	a 114.2 XY	b 123.6 XY	bcd 140.6 X
IS-2312	abc 79.2 Y	a 110.4 Y	a 163.8 X	abc 160.8 X
IS-5067	a 103.8 Y	a 113.3 Y	a 182.2 X	a 186.5 X
IS-2176	a 103.3 Y	a 129.8 Y	a 160.7 X	ab 172.0 X
IS-4663	a 108.5 X	a 114.6 X	b 121.5 X	cd 125.0 X
LES-30R	de 24.6 Y	b 30.8 Y	d 45.5 XY	ef 67.0 X
LES-88R	e 13.3 Y	b 26.2 XY	d 44.1 XY	f 52.1 X

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

1/ Letras iguales indican que las medias son estadísticamente iguales a un nivel del 0.05

Genotipo: Las letras son a, b, c, d

Lámina de Riego: x, y, z

Nivel de Humedad: 1, 2, 3, 4 son 33, 36, 39, 41 cm de lámina aplicada respectivamente

nemos que los genotipos glossy mostraron mayor paja por planta en los cuatro niveles de humedad al interactuar.

#### 4.3.1.1. .Apreciaciones generales

Al observar las variables analizadas en conjunto y basandose en la primera hipótesis experimental planteada, se puede inferir que dicha hipótesis es aceptada como posible, ya que para la mayoría de las características agronómicas se encontró diferencias entre genotipos, niveles de humedad. Y para la fuente de variación genotipo por nivel de humedad aplicado, sólo en RB, ALT y P hubo diferencias, pero al considerar al RE e IC como criterios importantes en la selección de genotipos resistentes o susceptibles a la sequía, aún y cuando el análisis de varianza no detectó significancia se calcularon medias de tratamientos para diferencias grupos estadísticos.

Al analizar las variables agronómicas en conjunto, se puede inferir que el grupo de materiales glossy tuvieron un comportamiento superior en RB, RE, ALT y P, además de presentar mayores días a la floración que los testigos; LES-30R y LES-88R que fueron superiores en IC, LP y P100G.

Si se argumenta que el rendimiento económico final del sorgo, es el resultado de una serie de procesos fisiológicos, y al observar al índice de cosecha que fue superior en los testigos antes mencionados y que se considera importante, pues muestra una alta relación con el rendimiento de grano, lo que debería de repercutir en una mayor producción final, esto atribuye que ocurra cuando se comparan estructuras genotípicas ya establecidas, ya que cuando se comparan materiales ya establecidos con genotipos introducidos como es el caso del presente experimento, destaca la ventaja

de la eficiencia fisiológica que poseen los materiales ya adaptados a la región, pues tienen menores días a la floración, menor peso seco total, pero una mayor capacidad en los estimadores de la eficiencia fisiológica, lo que les da ventaja en la producción final.

Las diferencias de los genotipos en RE varió en un rango de 8.8 a 14.0 g/plta, siendo IS-5469, IS-2312 e IS-5067 los que mostraron mayor rendimiento de grano, por otro lado, también en términos de RE, se encontró que los genotipos tuvieron un comportamiento diferencial al suministro de agua aplicada, ya que hubo reducciones de un 47% al cambio de ésta.

Al hacer la comparación de medias para la interacción genotipo-lámina, se observó que: IS-2205, IS-2314, IS-5469, IS-2312, IS-5067, IS-2176 y LES-30R tuvieron una mayor expresión en el rendimiento biológico cuando fue aplicada la máxima lámina, siendo ésta de 41 cm.

Con respecto al índice de cosecha, los genotipos IS-2205, IS-4498, LES-30R y LES-88R fueron sobresalientes al resto de los materiales evaluados; asimismo, al interactuar con los niveles de humedad, se observó que LES-88R e IS-2205 presentaron los valores más altos en los niveles de humedad aplicados, pero estadísticamente iguales ambos en los cuatro niveles.

En rendimiento biológico, los genotipos glossy IS-2176, IS-5067, IS-2312 e IS-4521, mostraron una mayor acumulación de materia seca y en la interacción todos los materiales obtuvieron su mayor expresión con la lámina máxima, pero IS-5067, IS-2314, IS-4521 e IS-5469, fueron sobresalientes del resto.

En altura de la planta, los materiales glossy tuvieron un comportamiento muy superior a los testigos, siendo entre éstos: IS-2205, IS-4521 e

IS-2312.

De todo lo anteriormente expuesto, se infiere que los genotipos mostraron variabilidad en su comportamiento al pasar de un nivel húmedo alto a otro más bajo y que la mayoría de los materiales glossy tendieron a producir una mayor cantidad de acumulación de materia seca y de rendimiento de grano como: IS-2176, IS-5067, IS-2312 e IS-5469, mostrando una mayor recuperación en general los glossy a los cambios de humedad en el suelo a través del ciclo del cultivo después de un "stress" de humedad bajo las condiciones de campo en dos períodos de desarrollo a que estuvieron sometidos.

Los materiales IS-2205, IS-4498, LES-30R y LES-88R mostraron valores altos de índice de cosecha y fueron los más precoces a la floración que el resto de los genotipos; por otro lado, los genotipo IS-2205 y LES-88R para la característica en cuestión, mostraron ser materiales que no interactúan fuertemente con los niveles de humedad aplicados.

#### 4.4. Respuesta de los Genotipos al Gradiente de Humedad

En este estudio, fueron calculadas ecuaciones de regresión de características agronómicas contra lámina total de agua aplicada a través de la línea de aspersores más lluvia caída hasta la etapa de madurez fisiológica. Estas ecuaciones fueron más que todo lineales, observándose claramente una tendencia definida al declinar el suministro de agua.

Uno de los objetivos principales de este estudio fue el de determinar el comportamiento diferencial de genotipos glossy y no glossy a resistir mayormente a la sequía al cambiar el suministro de agua en el suelo a través del ciclo, de aquí, que por medio de los análisis de regresión se pre-

tenda seleccionar aquellos genotipos que tuvieran un comportamiento mejor y/o estable. Para tratar de lograr lo anteriormente expuesto, se siguió la metodología aplicada por Seetharama et al. (1982).

Para ubicar a los genotipos como resistentes o susceptibles a la sequía, se partió de los valores ajustados de los datos reales contenidos en el Cuadro 13, para de ahí desarrollar otro modelo obtenido de los valores potenciales ( $B_0$ ) y de las pendientes ( $B_1$ ) de cada uno de los 12 genotipos, donde la variable independiente fue el valor máximo dado por la lámina total aplicada más lluvia (LTA) y como variable dependiente, dada por la pendiente de la línea de regresión donde esos 12 pares de datos arrojaron otro nuevo modelo con su significancia estadística como se aprecia en el Cuadro 14.

Para hacer una comprensión directa de la susceptibilidad o resistencia a la sequía independiente del rendimiento potencial o del peso seco total, las variables fueron expresadas como el valor relativo al declinar el nivel en el suministro de agua.

#### Rendimiento económico

En la Figura 11, se puede apreciar en general que existe un comportamiento diferencial al declinar el suministro de agua, la línea LES-30R es la que muestra el mayor rendimiento económico potencial, pero también su caída es muy pronunciada, IS-5067 dentro de los genotipos glossy tuvo el mayor rendimiento potencial, pero en promedio su pendiente (caída de la línea de regresión), es igual que el resto. El genotipo IS-4521 abatió completamente su RE al declinar al mínimo la LTA; por otro lado, LES-88R mostró poco RE, pero fue un genotipo muy estable al cambio de humedad.



Cuadro 13. Modelos utilizados para la obtención de valores ajustados de cuatro variables contra lámina total de agua aplicada más lluvia en los 12 Genotipos "Alonsoy" y "no Glossy" de sorgo. Ciclo sag 4to. 1985 Marín, M.L.

GEN I/	RENDIMIENTO ECONOMICO				RENDIMIENTO BIOLÓGICO					
	BC REGRESION	MODELO	R <sup>2</sup>	CV	SC REGRESION	MODELO	R <sup>2</sup>	CV		
1	146.900	-24.14231 +	0.6983316 X	93.2	13.1	174.900	1.176924 +	0.9002198 X	66.4	12.0
2	244.600	-30.93077 +	1.129341 X	80.2	24.9	2044.500	-60.13645 +	3.331648 X	90.7	7.3
3	128.500	-23.62353 +	0.9479021 X	78.0	19	3507.800	-54.311598 +	4.952798 X	75.0	8.6
4	113.700	-39.46811 +	1.376667 X	91.8	13.9	17173.800	-456.5972 +	16.91833 X	46.0	7.1
5	71.000	-19.91273 +	0.8036363 X	89.2	10.7	1981.800	-72.95818 +	4.24544 X	76.0	10.0
6	101.200	-23.36364 +	0.9590910 X	53.5	25	8814.800	-198.6928 +	8.931819 X	93.6	8.3
7	186.000	-42.64364 +	1.505455 X	94.3	10	10569.500	-276.6370 +	11.31879 X	92.0	8.4
8	187.600	-41.57818 +	1.507273 X	88.0	13.9	8749.300	-216.8055 +	10.29818 X	80.0	10.5
9	190.300	-35.72509 +	1.315455 X	79.7	19.6	14299.200	-271.2036 +	11.48091 X	96.0	3.5
10	137.100	-20.53514 +	1.083126 X	81.6	18.9	243.385	25.96300 +	2.683770 X	33.4	10.4
11	433.200	-57.95273 +	1.984546 X	86.0	22.9	2846.800	-114.7509 +	3.087273 X	62.7	20.9
12	1.8MS	7.290910 +	0.1290909 X	4.0	17.3	1327.000	-79.64546 +	3.474546 X	51.6	29.1
INDICE DE COSECHA										
PAJA										
	BC REGRESION	MODELO	R <sup>2</sup>	CV	BC REGRESION	MODELO	R <sup>2</sup>	CV		
1	433.800	-33.4999 +	0.5439 X	91.3	9.1	1.308	25.18077 +	0.00156477 X	16.0	15.7
2	168.300	-12.65385 +	0.9615384 X	69.3	12.2	879.600	-29.78076 +	2.198351 X	72.1	11.2
3	31.100	-10.80806 +	0.5979021 X	61.6	16.8	1977.700	-19.13693 +	3.71881 X	74.6	7.3
4	62.000	-25.25000 +	1.016667 X	83.0	12.3	10712.200	-344.5583 +	13.36167 X	46.2	6.0
5	12.4MS	5.163037 +	0.3263636 X	17.7	14.1	1032.400	-44.80908 +	3.063636 X	58.4	14.1
6	15.3MS	27.41818 -	0.3727273 X	10.8	27.3	6816.200	-171.3491 +	7.871818 X	88.1	8.6
7	103.700	-20.30303 +	1.121212 X	97.3	4.8	7727.500	-229.3255 +	9.678182 X	90.3	9.3
8	109.400	-27.47879 +	1.151515 X	89.4	9	6358.000	-174.8370 +	8.776789 X	72.3	12.1
9	23.600	-4.32771 +	0.6636363 X	50.8	12.2	11350.000	-234.3673 +	10.15818 X	46.4	2.9
10	20.2MS	-2.234837 +	0.4160187 X	34.6	16.2	297.8MS	54.97372 +	1.591566 X	23.9	12.4
11	281.300	-39.67272 +	1.627273 X	81.1	15.3	420.6MS	-10.15091 +	0.281821 X	23.0	5.4
12	42.000	67.45454 -	0.6181817 X	26.3	14.8	968.500	-73.63637 +	2.967273 X	45.3	18.0

I/ Genotipos significativos al 0.05 no Alcanzando significativo al 0.05 NS No significativo.

Cuadro 14. Modelo obtenido de las variables valor potencial (independiente) y susceptibilidad a la sequía (dependiente) de los 12 genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo tardío, 1985 Marín, N.L.

GEN	RENDIMIENTO ECONOMICO		INDICE DE COSECHA		RENDIMIENTO BIOLOGICO		PAJA	
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>
1	12.6880	-0.8983	29.8000	-1.5439	41.3651	-0.9802	28.5222	-0.0815
2	17.0005	-1.1593	26.7677	-0.9615	77.2772	-3.3516	60.3495	-2.1983
3	15.4384	-0.9479	13.7050	-0.5979	148.7532	-4.9528	133.3380	-3.7189
4	16.9836	-1.3767	16.4347	-1.0167	237.0531	-16.9183	203.2714	-13.3617
5	13.0349	-0.8036	18.9560	-0.3364	101.0663	-4.2445	80.7985	-3.0636
6	15.9595	-0.9591	12.1375	+0.3727	168.3310	-8.9518	151.3947	-7.8718
7	19.0778	-1.5054	17.6662	-1.1212	187.4338	-11.3188	167.4807	-9.6782
8	20.2211	-1.5073	19.7327	-1.1515	205.4207	-10.2982	185.0938	-8.7788
9	18.2023	-1.3154	14.6803	-0.4636	199.5133	-11.4809	182.1189	-10.1582
10	15.8720	-1.0831	14.8212	-0.4160	136.0808	-2.6858	120.3933	-1.5956
11	23.4118	-1.9845	27.0466	-1.6273	93.8284	-5.0873	62.0205	-1.9554
12	12.5840	-0.1291	22.1083	+0.6182	62.6090	-3.4745	48.0229	-2.9673
$\bar{X}$	16.706	-1.139	19.488	-0.687	138.228	-6.979	118.567	-5.452
MOD	1.036530	-0.1302317X	0.5639605	-0.06419597X	2.505354	-0.06861202	2.114347	-0.06381818
SCR	1.947**		1.51938NS		205.477**		164.660**	
R <sup>2</sup>	0.834		0.287		0.829		0.810	

B<sub>0</sub> = Rendimiento Potencial      B<sub>1</sub> = Pendiente      Mod = Nuevo Modelo

SCR = Suma de Cuadrados de Regresión      R<sup>2</sup> = Coeficiente de Determinación

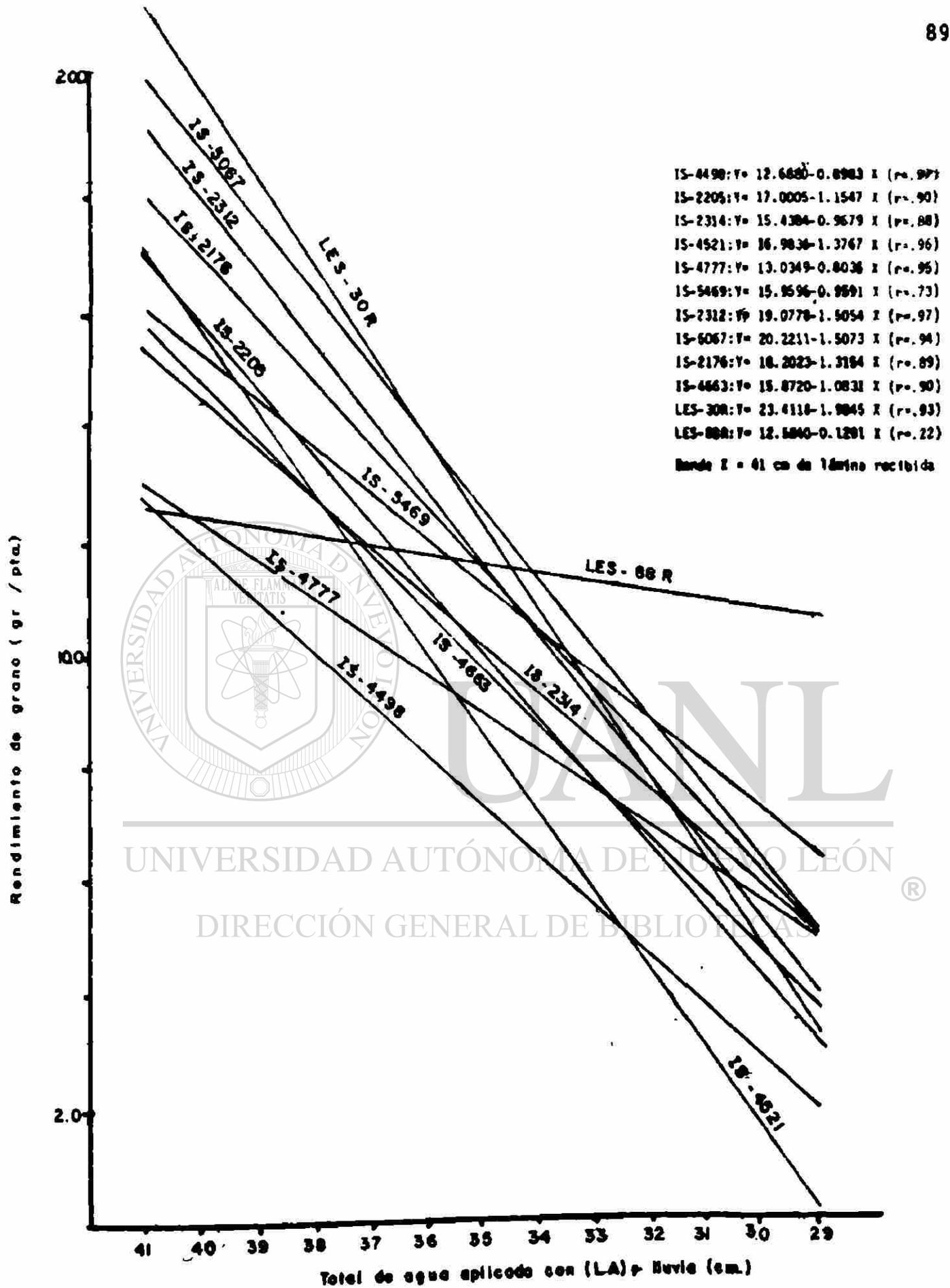


FIGURA 11. Relación entre la aplicación de agua de riego a través de la línea de aspersores más lluvia y rendimiento económico. Ciclo tardío 1985. Marín, N.L.

Al ajustar el rendimiento económico potencial contra la susceptibilidad a la sequía, en la Figura 12 se aprecian sus puntos dispersos con sus medias a través de la línea ajustada de regresión y de acuerdo con la metodología propuesta por Seetharama et al. (1982), se puede inferir que los genotipos IS-2205, IS-2176, IS-5067, IS-4521, IS-2312 y la línea LES-30R fueron los que tuvieron un mayor rendimiento potencial, destacando entre éstos, LES-30R, pero fue también el de mayor sensibilidad al cambio de humedad. Por lo anterior, los genotipos antes mencionados se seleccionan como los de mayor rendimiento económico potencial bajo condiciones de buena humedad, pero sensibles al cambio de ésta y de esos cinco: IS-2176 e IS-5067 aún cuando tuvieron menor rendimiento con la máxima lámina aplicada, fueron más estables y por lo tanto, los más resistentes a la sequía, los cuales serían para evaluar en ciclos posteriores como líneas prometedoras con buen rendimiento bajo condiciones de temporal, ya que son genotipos que presentaron una menor reducción en el rendimiento económico por unidad de crementada en el suministro de agua.

Similarmente, los genotipos que resultaron estar abajo de la línea ajustada y sobre el lado izquierdo de la línea punteada vertical como IS-4498 e IS-4777, se identificaron como susceptibles a la sequía.

La línea experimental LES-88R presentó el menor rendimiento económico potencial y además, no fue por los cambios en el suministro de agua aplicada, por lo que sería importante evaluar este genotipo con diferentes niveles de humedad para ver si presenta el mismo comportamiento. Las líneas IS-2314, IS-5469, IS-4663 y LES-88R tuvieron un comportamiento pobre, pero parecen que mostraron cierta estabilidad al cambiar el nivel de humedad.

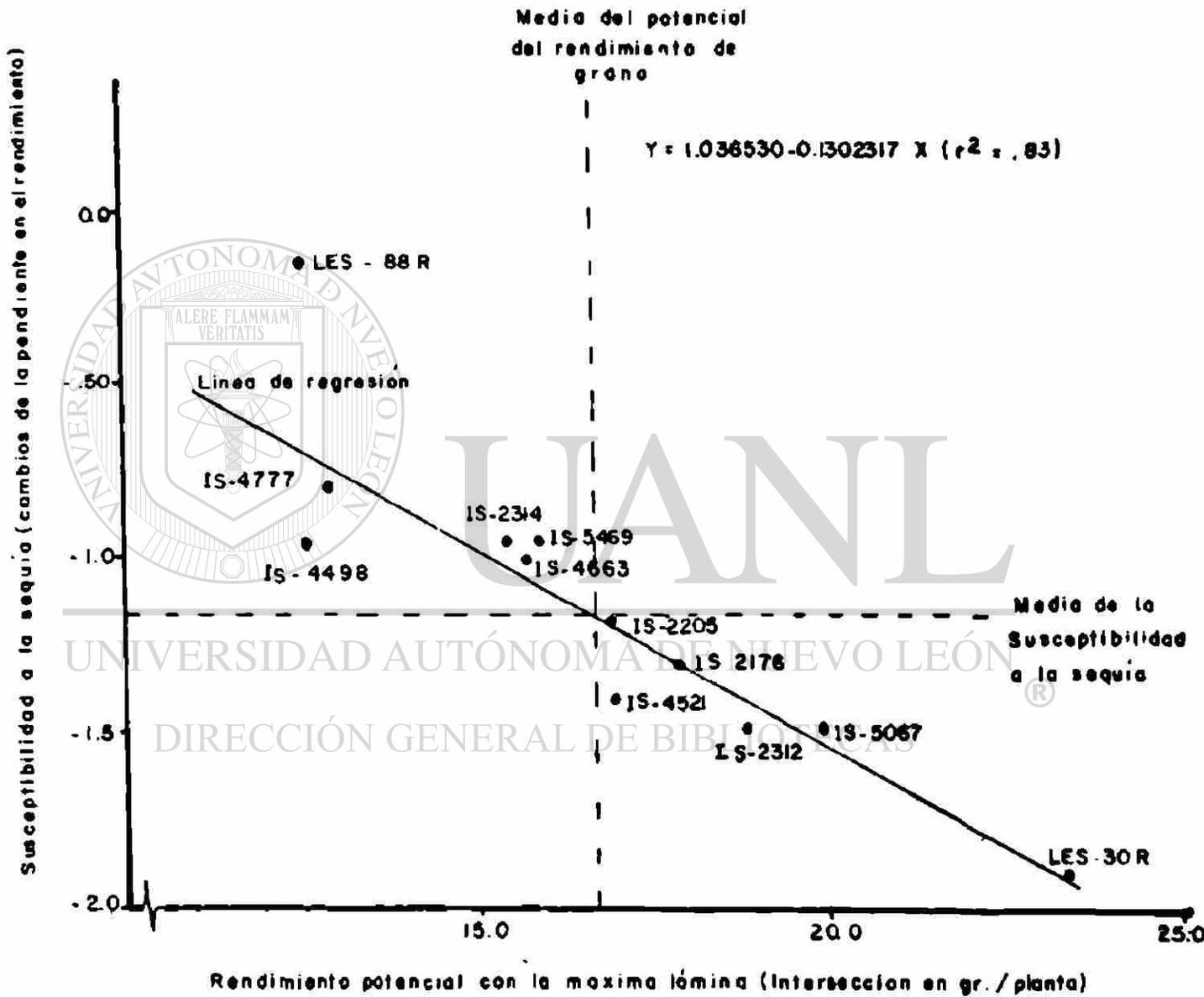


FIGURA 12. Relación entre el rendimiento económico potencial y la susceptibilidad a la sequía. Datos de 12 genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

Al observar los resultados obtenidos para la variable en cuestión en la Figura 13, se tiene que al hacer una comprensión directa de la susceptibilidad independiente del rendimiento potencial y de que los genotipos estuvieron expresados sobre una base relativa como fracciones partiendo del 100%, los materiales glossy y no glossy presentaron su rendimiento relativo al cambio en el suministro de agua, donde el genotipo IS-2314 que se consideró que tuvo un rendimiento pobre y estable, en esta figura al suministrarle la mitad de LTA, se decrementa tan solo un 34% de su producción, mientras que el genotipo IS-4521 identificado como uno de los de mayor rendimiento potencial en la misma figura al suministrarle la mitad de la LTA, su rendimiento se reduce un 48% debido a que su sensibilidad a los cambios de la humedad es mayor. La línea LES-88R aún y cuando presentó rendimiento potencial, sus cambios relativos en el rendimiento al suministro de agua fueron muy bajos, prueba de la estabilidad de dicho material.

#### Índice de cosecha

Al observar la Figura 14, se aprecia que existen tendencias diversas de los genotipos, así como en valores potenciales, como el caso de IS-4498, con una caída pronunciada al suministro de la LTA, o de genotipos con comportamiento estable como IS-4777, IS-4663 e IS-2176 ó con una tendencia a un mayor índice de cosecha a medida que el suministro de agua decrece como IS-5469 y LES-88R. Al concentrar los valores potenciales y sus pendientes de cada genotipo y obtener una nueva línea de ajuste, se ve en la Figura 15, el comportamiento de los datos, con un coeficiente de determinación bajo, debido a la dispersión de los datos, principalmente los puntos de los genotipos IS-5469 y LES-88R, donde sus modelos que fue

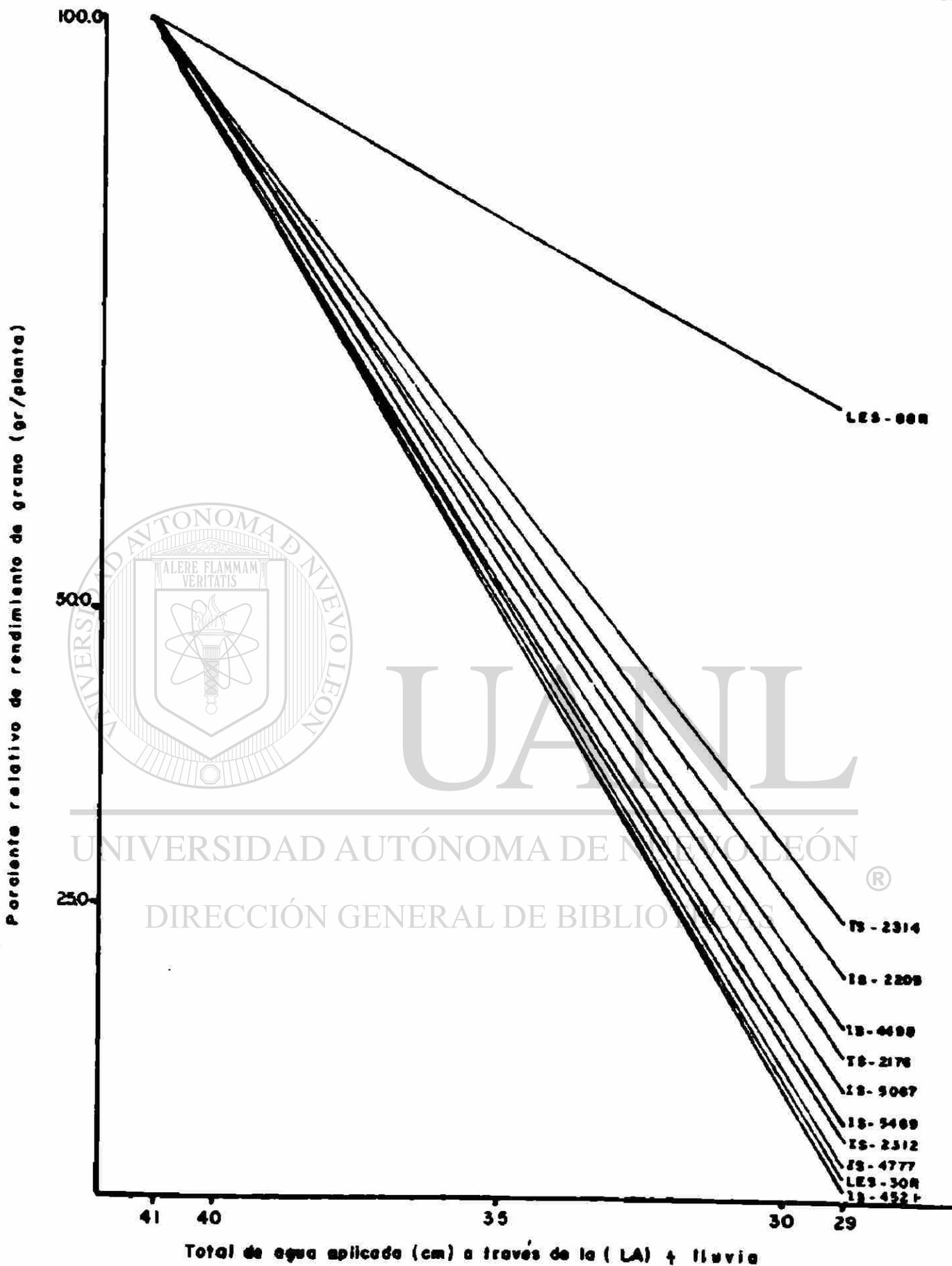


FIGURA 13. Rendimiento económico relativo al declinar el nivel de suministro de agua. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

- IS-4498:  $Y = 29.8000 - 1.5439 X$  (r = .96)
- IS-2205:  $Y = 26.7677 - 0.9615 X$  (r = .83)
- IS-2314:  $Y = 13.7050 - 0.5979 X$  (r = .79)
- IS-4521:  $Y = 16.4347 - 1.0167 X$  (r = .51)
- IS-4777:  $Y = 18.9560 - 0.3364 X$  (r = .42)
- IS-5469:  $Y = 12.1375 + 0.3727 X$  (r = .32)
- IS-2312:  $Y = 17.6662 - 1.1212 X$  (r = .99)
- IS-5067:  $Y = 19.7327 - 1.1515 X$  (r = .54)
- IS-2176:  $Y = 14.6803 - 0.4636 X$  (r = .71)
- IS-4663:  $Y = 14.8212 - 0.4160 X$  (r = .59)
- LES-30R:  $Y = 27.0466 - 1.6273 X$  (r = .90)
- LES-88R:  $Y = 22.1083 + 0.6182 X$  (r = .61)

Donde X = 41 cm de lámina recibida

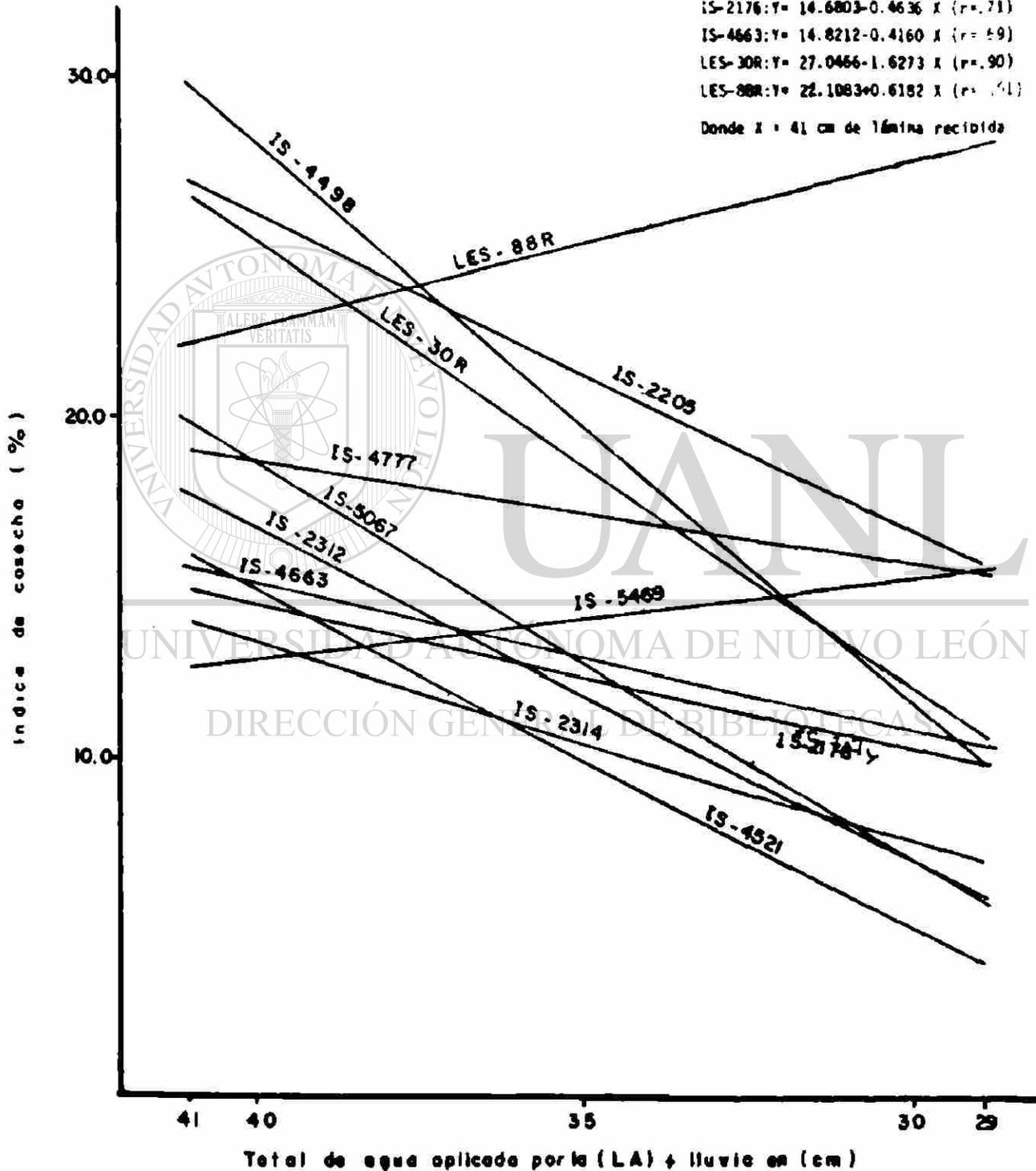


FIGURA 14. Relación entre la aplicación de agua de riego a través de la línea de aspersores más lluvia e índice de cosecha. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

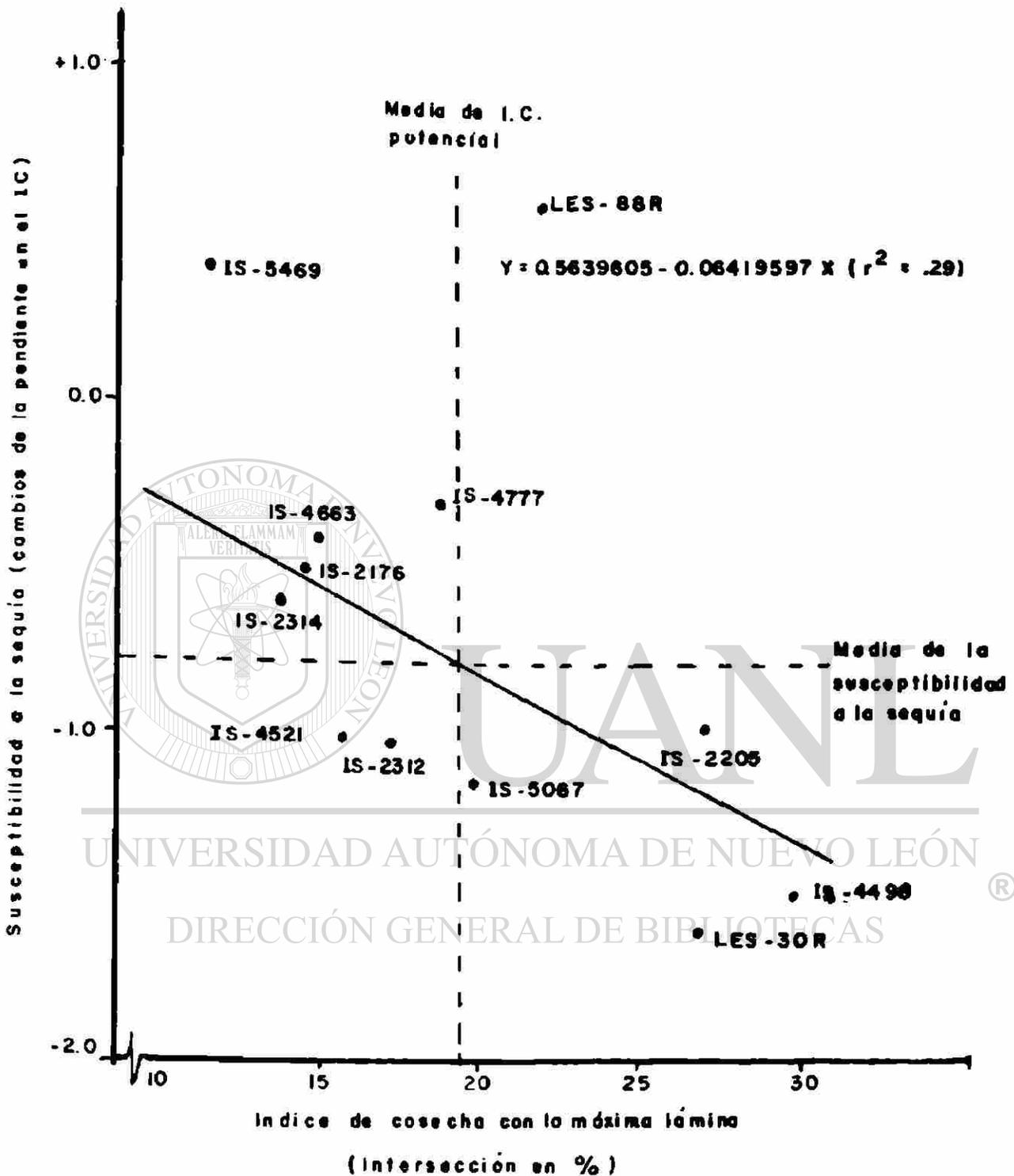


FIGURA 15. Relación entre el índice de cosecha potencial y la susceptibilidad a la sequía. Datos de 12 genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

ron obtenidos de los datos reales al ser multiplicados sus valores potenciales ( $\beta_0$ ), por la lámina máxima aplicada 41 cm y su cambio en la pendiente ( $\beta_1$ ) que determina la inclinación de la recta, generó puntos muy dispersos de la línea de ajuste.

Dentro del grupo de genotipos resistentes a la sequía en el sentido de expresar un valor alto de índice de cosecha, se seleccionan: IS-2205 y LES-88R, el otro grupo que podrían ser aquellos con una capacidad alta de transferir sus fotosintatos a la parte útil de la planta y que presentaron valores potenciales altos pero con una pendiente pronunciada al cambio en la humedad, fueron: IS-5067, IS-4498 y LES-30R, otro grupo de genotipos identificados como susceptibles a la sequía en función de su baja eficiencia de translocación, fueron: IS-4521, IS-2312 e IS-2314, por último, los materiales IS-5469, IS-4663, IS-2176 e IS-4777, presentan un bajo potencial de IC, pero se mantuvieron estables a los cambios en la LTA.

La línea LES-88R, aún y cuando en los resultados del análisis de varianza, fue de los de menor rendimiento económico con 1262.5 kg/ha y clasificado como un genotipo con bajo potencial de rendimiento de grano, pero estable a los cambios en la LTA, de acuerdo a la metodología que se sigue, por otro lado, este genotipo fue el que presentó mayor potencial en función de un índice de cosecha alto y estabilidad al cambio en la LTA este comportamiento de bajo RE, pero alto IC, se atribuye a la estabilidad que presentó dicho genotipo en el sentido de que al máximo rendimiento biológico obtenido, la planta tuvo la capacidad de transferir fotosintatos a la parte útil que es el grano, por lo que no necesariamente un genotipo que presente valores potenciales altos ( $\beta_0$  alta), va a originar

índices de eficiencia mayores, ya que dentro de éste está inmiscuido los gradientes de humedad que van a interactuar de manera diferente en la estabilidad que en este caso, fueron las pendientes tendiendo a cero ( $B_I = 0$ ) ó la susceptibilidad a la sequía que fueron las pendientes pronunciadas ( $B_I > 0$ ).

En cuanto a su abatimiento de humedad en la Figura 16, se aprecia independientemente del valor potencial máximo, ya que todos los genotipos a ese punto se asignó el 100%, los materiales LES-88R e IS-5469 quienes fueron clasificados, el primero como resistente a la sequía y el segundo como de baja eficiencia en el uso del agua, pero estable en esta figura presentaron casi el mismo comportamiento relativo al suministro en la LTA, por otro lado, las pendientes de los genotipos IS-4498 e IS-4521, en la Figura 14 se aprecia que presentaron una tendencia muy diferente en pendiente, pero al pasar los mismos resultados obtenidos de esos genotipos a la Figura 16, presentan un comportamiento similar al cambio en el suministro de la LTA, debido a que ambos presentaron valores altos en susceptibilidad a la sequía.

#### Rendimiento biológico

En la Figura 17, se aprecia el comportamiento que tuvieron los 12 genotipos para la variable en cuestión, el genotipo IS-4521 fue el que presentó una mayor acumulación de materia seca, pero también el de mayor pendiente, contrariamente a éste, se encuentra el genotipo IS-4498 que dio poco peso seco, pero tuvo un comportamiento estable.

Una mejor interpretación de sus tendencias se aprecia en la Figura 18, donde se tiene que IS-2314, IS-5469 e IS-5067 se identificaron como

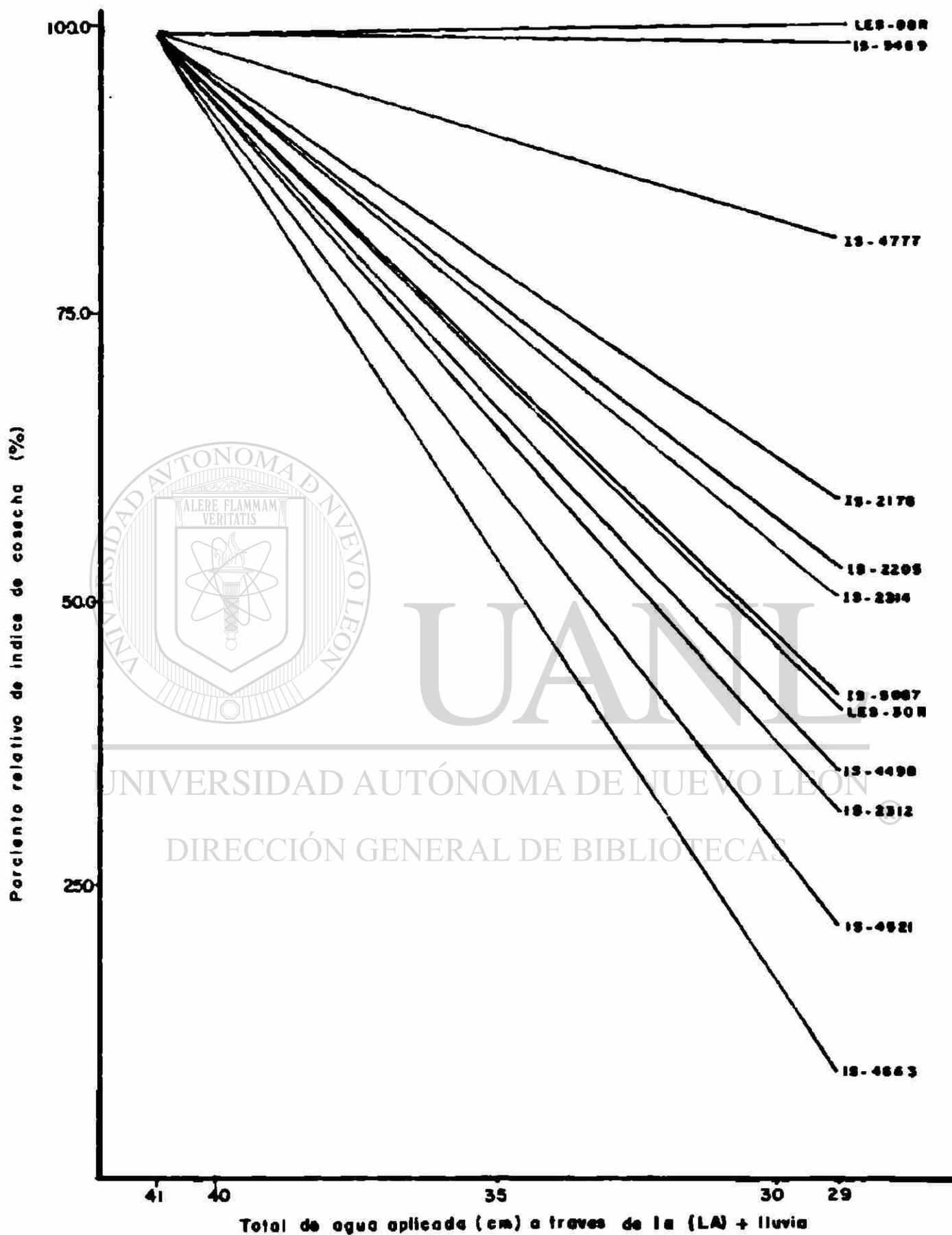


FIGURA 16. Índice de cosecha relativo al declinar el nivel de suministro de agua. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

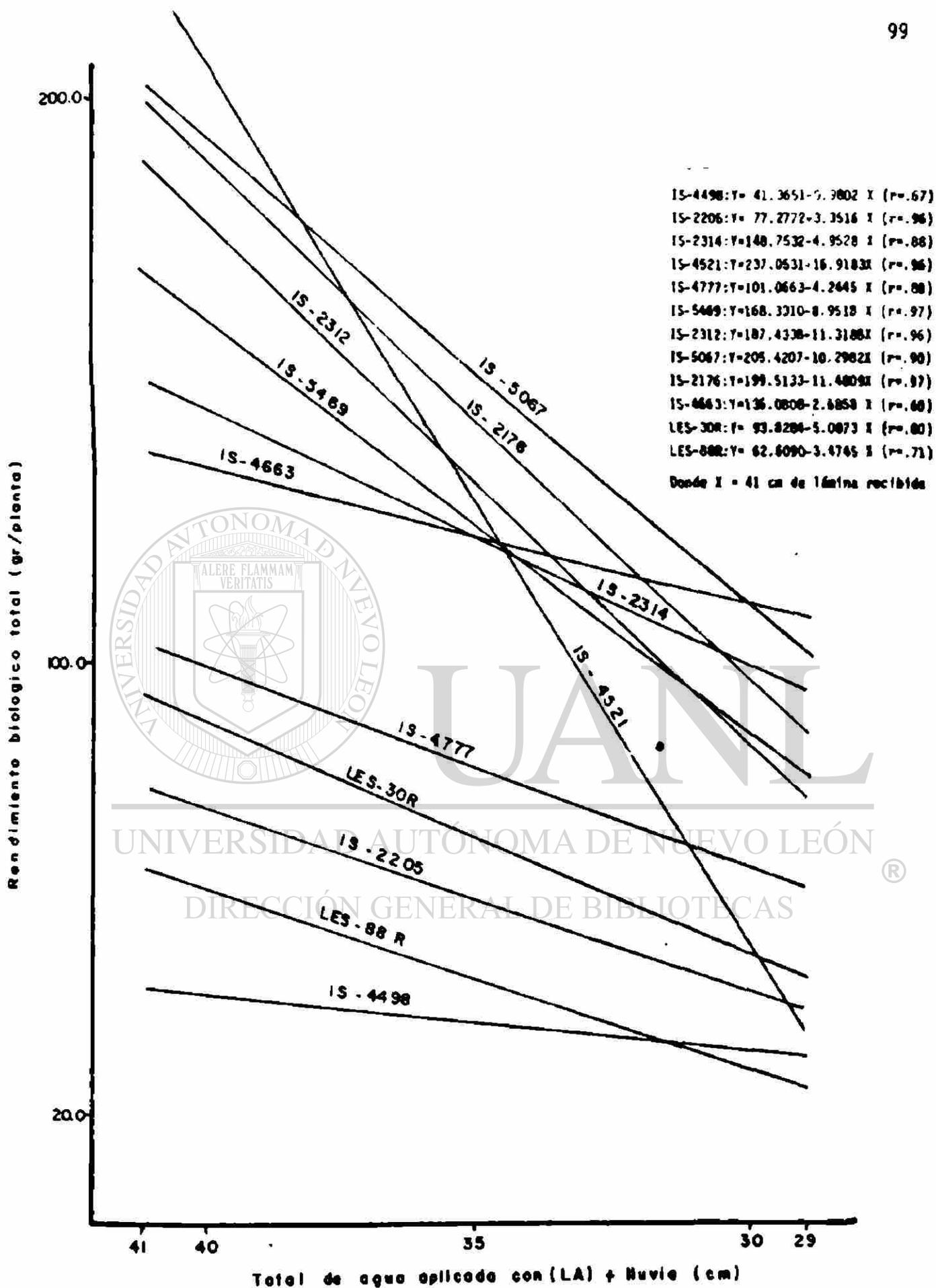


FIGURA 17. Relación entre la aplicación de agua de riego a través de la línea de aspersores más lluvia y rendimiento biológico. Ciclo Tardío 1985 Marín, N.L.

el grupo que presentó una mayor eficiencia en el suministro de la LTA, al acumular una mayor cantidad de materia seca bajo "stress" de humedad, por otro lado, los materiales susceptibles a la sequía en función a un menor RB, fueron IS-2205, LES-30R, LES-88R e IS-4498. Otro grupo de genotipos que resultaron tener una alta capacidad de acumulación de materia seca en condiciones de buena humedad, pero muy susceptibles al cambio en el suministro de agua fueron: IS-2176 e IS-4521, y por último, los genotipos IS-4663 e IS-4777 fueron materiales con bajo potencial en peso seco, pero con un comportamiento estable al cambiar la humedad en el suelo.

De acuerdo a las curvas de acumulación de materia seca (Figura 10) expresadas en un apartado anterior, se aprecia que los genotipos IS-2314, IS-5469, e IS-5067, fueron los que presentaron una mayor acumulación de materia seca donde su crecimiento fue lento al principio hasta la etapa de diferenciación floral, para de ahí ganar peso hasta la maduración fisiológica. Por otro lado, de acuerdo a la metodología propuesta para la selección de genotipos resistentes a la sequía, identificó a IS-2314, IS-5469 e IS-5067, como materiales con alto valor potencial y con pendientes bajas o estables al cambio en la LTA. La diferencia en estos dos tipos de análisis estriba en que uno selecciona en base a un más alto valor potencial que en este caso, es una mayor expresión en el contenido de biomasa y de una menor pendiente que es una caída menos pronunciada. Por otro lado, en las curvas de acumulación de materia seca, contempla la acumulación de biomasa en diferentes etapas de muestreo sin considerar si es susceptible o no, pero en ambos existen una relación a coincidir como en el caso de los genotipos que fueron identificados como susceptibles en función de una baja acumulación de materia seca como IS-4498, IS-2205, LES-30R y LES-88R, también en las curvas de crecimiento fueron los que

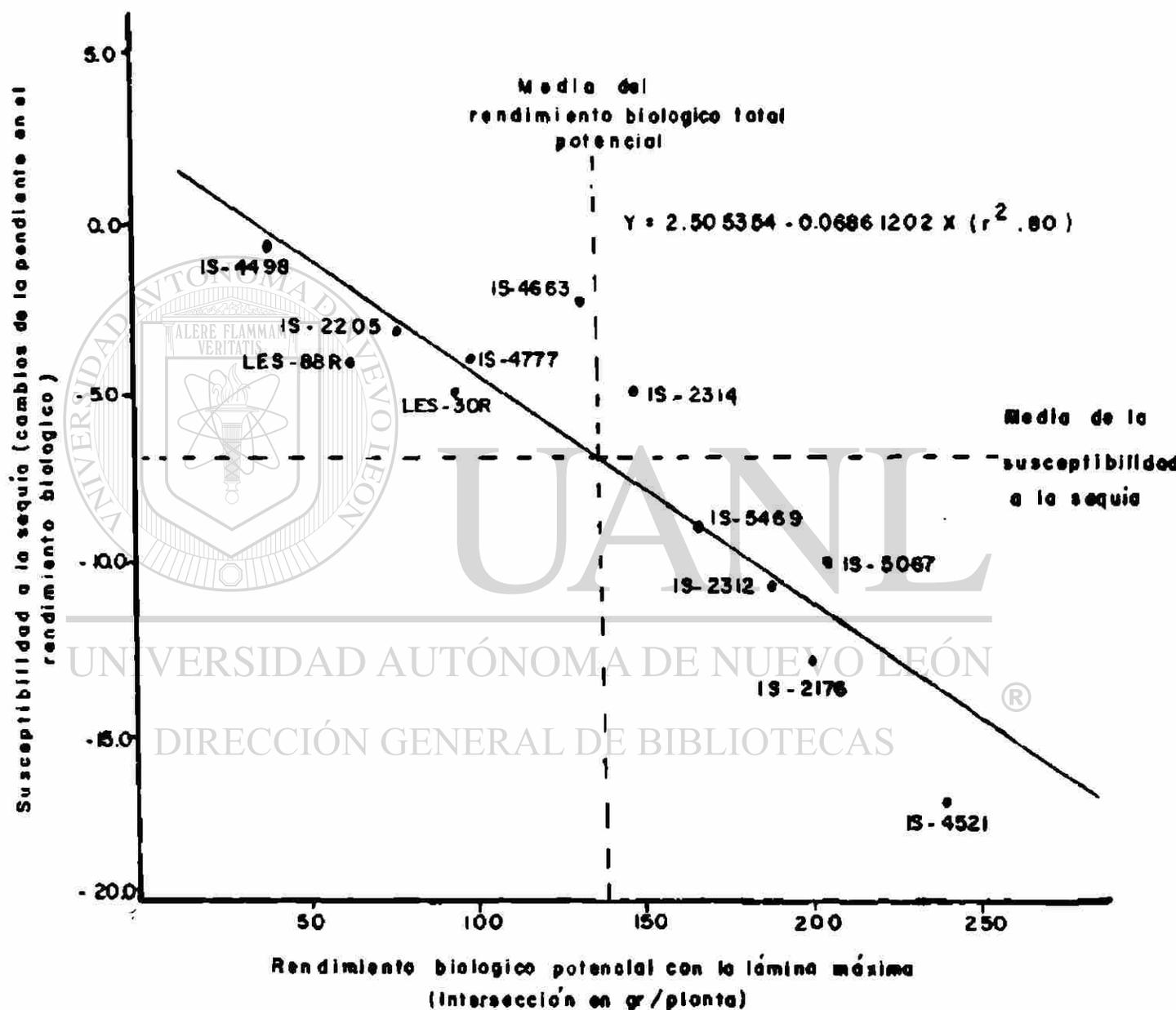


FIGURA 18. Relación entre el rendimiento biológico, potencial y la susceptibilidad a la sequía. Datos de 12 genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

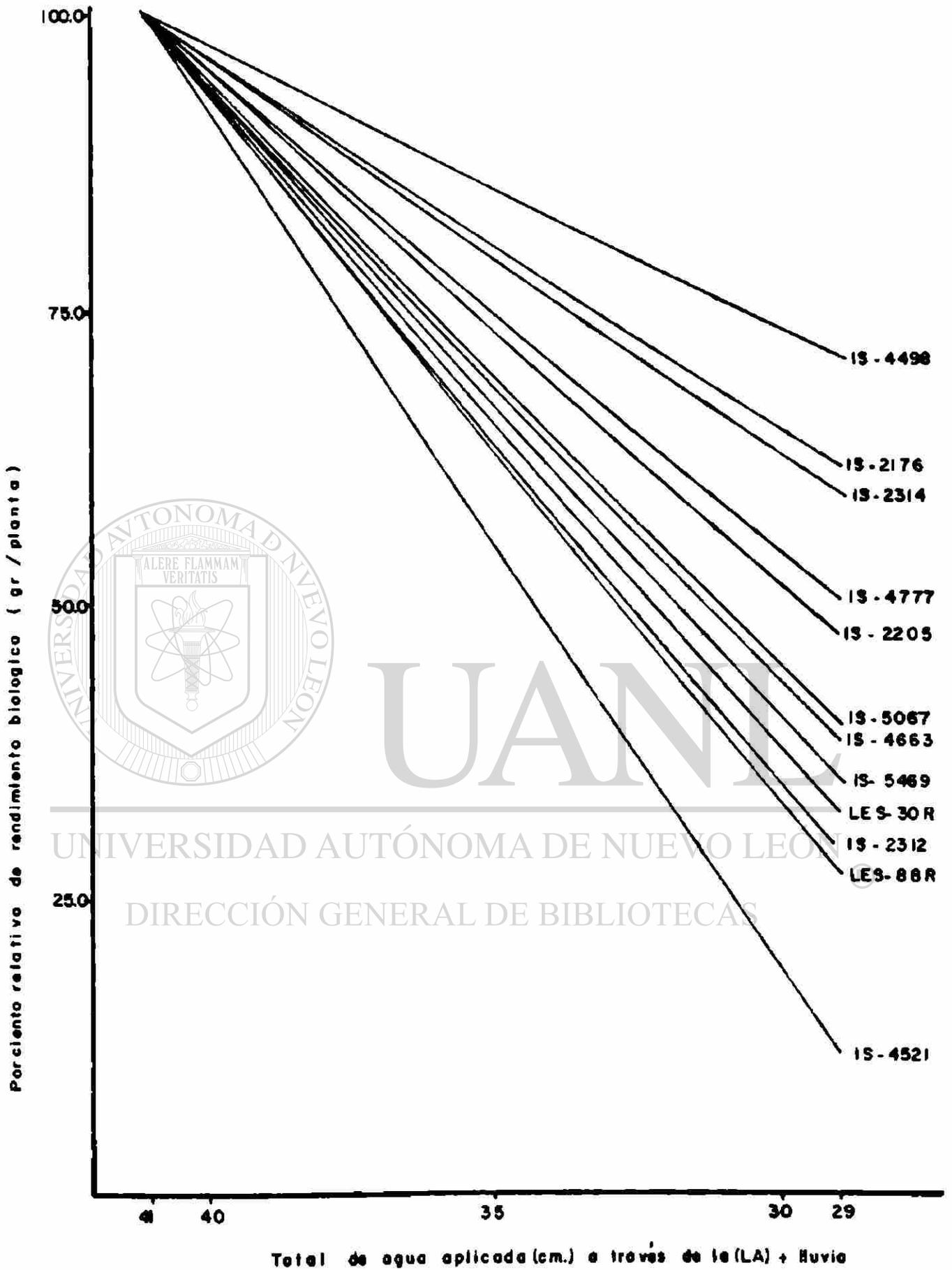


FIGURA 19. Rendimiento biológico relativo al declinar el nivel en el suministro de agua. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

presentaron una menor expresión en el contenido de biomasa.

Al observar la Figura 17, el genotipo IS-4498 fue el de menor peso seco total, pero en la Figura 19, su porcentaje relativo se mantuvo más estable que el resto, principalmente debido a que ya de por sí, dicho material al tener poco peso seco, por lo que al disminuir el suministro de agua, su producción ya no decreció por la poca cantidad producida.

### Paja

Las tendencias de los genotipos (Figura 10) fueron similares a las obtenidas en rendimiento biológico por lo que guardaron una relación estrecha, atribuyendo a que los materiales que acumularon mayor cantidad de materia seca, en su mayor parte fue paja.

Al observar la Figura 21, donde presenta la relación entre la paja potencial y la susceptibilidad a la sequía, se aprecia que resultó ser similar a la del rendimiento biológico. Los genotipos que tuvieron un comportamiento de resistencia al suministro de agua, acumulando mayor cantidad de paja fueron: IS-4663, IS-2314, IS-5469, IS-5067 e IS-2176.

El genotipo IS-4521, al ser observado en la Figura 20, presentó el mayor contenido de paja (más de 200 g), pero fue susceptible al cambio en la LTA, aunque con la menor lámina aplicada resultó ser mayor incluso que el genotipo IS-4498, que fue un genotipo de muy bajo potencial.

El genotipo IS-2312 fue de alto potencial en la producción de paja, pero que fue susceptible al cambio en la LTA, por lo que es identificado como no resistente a la sequía. Los materiales IS-4498, IS-4777, IS-2205, LES-30R y LES-88R fue un grupo de bajo potencial de paja y susceptible al

Cantidad de paja (gr./pta.)

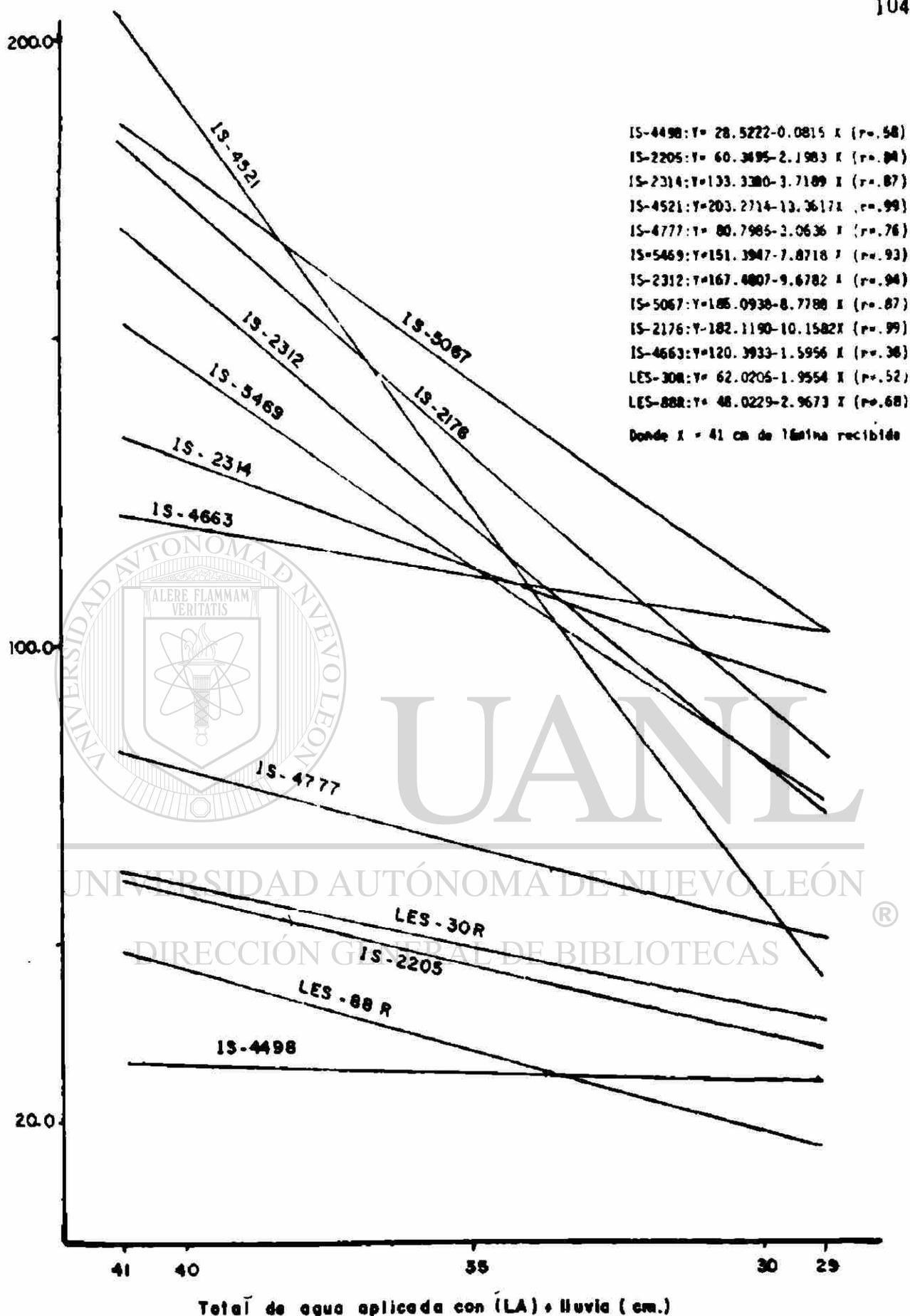


FIGURA 20. Relación entre la aplicación de agua de riego a través de la línea de aspersores más lluvia y la variable agronómica paja. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

cambio en la LTA.

Al observar la Figura 22, el genotipo IS-4498 presentó el porcentaje relativo de paja más alto y esto principalmente debido a que su acumulación de paja resultó ser estable y de poca expresión, por lo que al disminuir la LTA, su producción ya no se redujo por la poca cantidad producida; sin embargo, el genotipo IS-4521 que fue el de mayor producción (más de 200 g), se vio afectado con el cambio en el nivel de agua aplicado, así se tiene que el rango de agua suministrada que fue de la menor lámina 29 cm a la mayor lámina 41 cm, el comportamiento del genotipo antes mencionado con una lámina de 35 cm o sea la mitad del rango, redujo su valor potencial hasta casi un 50%.

#### 4.4.1. Interpretaciones generales

De acuerdo con la primera hipótesis experimental planteada y basándose en los resultados obtenidos bajo la condición de imponer gradientes de humedad al suelo por medio del sistema de riego por aspersión, se puede inferir que dicha hipótesis es aceptada, ya que para la mayor parte de las variables analizadas se encontraron diferencias significativas entre las fuentes de variación; genotipo nivel de humedad y la interacción genotipo-lámina aplicada, por lo que respecta a la acumulación de materia seca, existió un marcado comportamiento diferencial con respecto al crecimiento de los genotipos glossy y no glossy.

De acuerdo a la segunda hipótesis planteada de que son posible identificar dentro de los materiales analizados aquellos con una mayor eficiencia en el suministro de agua al estar la planta sometida a un "stress" de humedad, se puede inferir dicha hipótesis como aceptada, en base a los

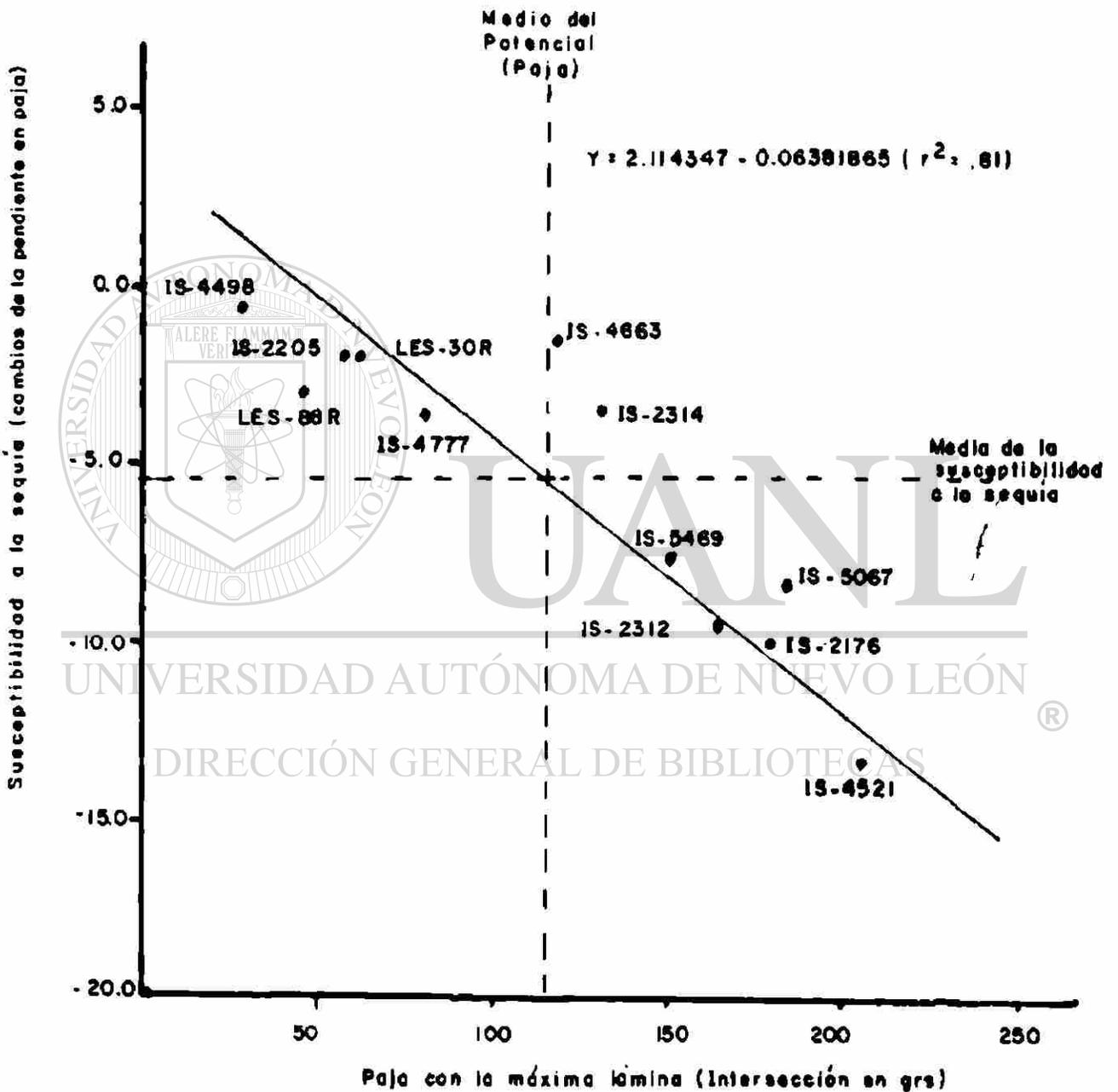


FIGURA 21. Relación entre paja potencial y la susceptibilidad a la sequía. Datos de 12 genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

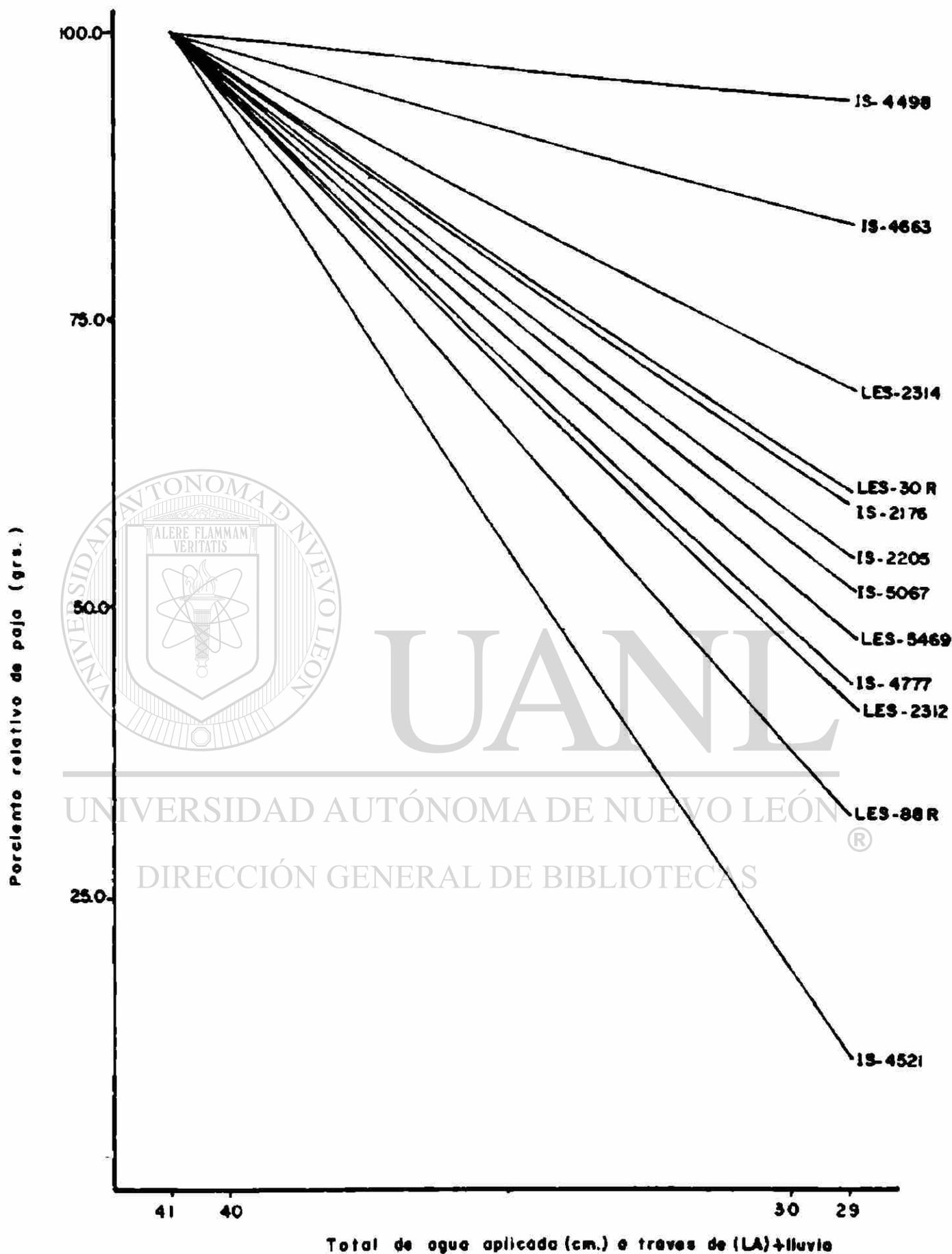


FIGURA 22 . Paja relativa al declinar el nivel de suministro de agua. Ciclo Tar-  
dío 1985. Marín, N.L.

resultados obtenidos de los análisis de regresión y para ello, siguiendo la metodología de Seetharama et al. (1982), al identificar genotipos resistentes o susceptibles a la sequía de acuerdo a los valores regresionados de potencial máximo (alto  $B_0$ ) y menor pendiente (bajo  $B_1$ ).

Al comparar los genotipos glossy y no glossy, los primeros tuvieron una mayor capacidad de acumulación de materia seca al cambiar el suministro de agua aplicada y en promedio una menor capacidad de transferir sus fotosintatos a la parte económicamente útil de la planta que fue el grano.

Ahora bien, la selección de materiales genéticos para la condición de sequía aplicando los criterios completamente sugridos por Muños (1981) para la selección de genotipos con posibilidades de desarrollarse y producir rendimiento económico aceptable en condiciones limitantes de humedad que son: alto rendimiento promedio al cambio en el suministro de buena humedad a deficiente humedad, un menor abatimiento del rendimiento al pasar de una condición favorable a una desfavorable.

Los materiales IS-2205, IS-5067, LES-30R y LES-88R, en base a sus resultados se puede inferir como resistentes a la sequía, por presentar una menor reducción en el rendimiento económico e índice de cosecha por unidad declinada en el suministro de agua, estas dos variables consideradas en conjunto. El genotipo IS-2205 fue el que mostró los más altos valores potenciales de rendimiento económico e índice de cosecha, pero con baja producción de materia seca, por lo que puede ser considerado en experimentos posteriores como muy buen prometededor de grano bajo las condiciones locales, con un promedio de 62 días a la floración.

El genotipo IS-5067 presentó un comportamiento similar al anterior, pero además resultó en un buen productor de rendimiento económico, también fue el que acumuló una mayor cantidad de materia seca, por lo que puede ser considerado el más sobresaliente de este estudio presentando 62 días a floración, con una altura de planta menor de 150 cm.

Los testigos LES-30R y LES-88R, fueron seleccionados como resistentes al "stress" de humedad en base a su alta eficiencia de translocación de fotosintatos a la parte útil, como el caso particular de LES-88R por que aún y cuando su valor potencial de rendimiento biológico fue bajo, con 1662.0 kg/ha, éste fue conservado al no interactuar con los diferentes niveles de humedad impuestos, estos mismos materiales presentaron baja capacidad en la producción de materia seca, quizás debido también a que fueron los más precoces con 62 y 53 días a la floración para LES-30R y LES-88R respectivamente, o a su menor altura de la planta (menor de 60 cm), correspondiendo al grupo de los más bajos en altura.

Los genotipos IS-4521 e IS-2312, mostraron un alto valor potencial en RE y RB, respondiendo positivamente en buena humedad, pero sensibles al cambio de ésta, por lo que podrían ser materiales prometedores en condiciones de riego preferentemente.

Los materiales IS-2314 e IS-5469 tuvieron un valor potencial alto en la acumulación de materia seca o rendimiento biológico, pero susceptibles al cambio a la LTA Y con una baja eficiencia de translocación a la parte económica, por lo que se puede inferir que son materiales que en su mayor parte producen paja.

El genotipo IS-2176, resultó con valores potenciales altos en rendi-

miento económico y rendimiento biológico, pero es un genotipo que interactúa con los cambios de humedad en la producción de materia seca, por lo que se considera un genotipo resistente a la sequía, al presentar una reducción menor en el rendimiento de grano por unidad declinada en el suministro de agua.

Los genotipos IS-4777 e IS-4498, aplicando el mismo criterio de selección y tomando en conjunto las variables analizadas, no presentaron una buena eficiencia en el suministro de agua y que su producción de rendimiento económico y biológico se vió abatido de tal forma, que se identificaron como genotipos susceptibles a la sequía.

#### 4.5. Correlaciones

En los Cuadros del 15 al 18, se presentan los valores obtenidos de los coeficientes de correlación de la lámina total de agua aplicada y de las variables de rendimiento económico, rendimiento biológico, índice de cosecha, altura de la planta, peso de 100 granos, longitud de panoja, paja, días a floración y días a madurez fisiológica, todas éstas por genotipo, así como el nivel de significancia y el signo de relación entre las variables consideradas, donde se puede apreciar que la mayoría de las variables se encuentran correlacionadas entre sí, con valores altamente significativos, la mayor parte con valores positivos y algunas con valores negativos.

Los coeficientes de correlación fenotípicas de los 12 genotipos respecto a los caracteres medidos contra el rendimiento económico, presenta relaciones positivas altamente significativas con RB, ALT, PI00G, LP, IC y P.

Los días a floración y días a madurez fisiológica mostraron correlaciones fenotípicas negativas altamente significativas con la lámina total de agua aplicada y todas las variables agronómicas anteriormente mencionadas. Resultados similares obtuvo Robins y Domingo, citados por Wong (1979) encontraron que al evaluar a nivel campo el cultivo del maíz, los días a floración correlacionaron negativamente con el rendimiento económico al retrasarse los días por el efecto de la sequía. Todos los materiales respondieron de que a mayor humedad, los días a floración fueron menores y viceversa, atribuido esto principalmente a que el período de "stress" de humedad a que estuvieron sometidos los materiales fue hasta los 25 días de emergido el cultivo que comprendió la etapa de desarrollo de siembra a diferenciación floral, este período de sequía fue más marcado en los surcos que se encontraban más alejados de la línea de aspersores, después de este período, se presentaron lluvias que favorecieron a todo el experimento, pero ya en campo se notaba la diferencia entre un mismo genotipo en su desarrollo, de aquí que los genotipos cercanos a la línea de aspersores que fueron los que tuvieron más humedad, mostraban ventaja en desarrollo por lo que florecieron más temprano que ese mismo genotipo pero con un desarrollo más lento ocasionado por la poca disponibilidad de la humedad en sus primeras etapas generada por el gradiente de humedad.

En el Cuadro 15 se observa el valor del coeficiente de correlación entre la lámina total de agua aplicada LTA y las características agronómicas que en su mayoría estuvieron correlacionadas con la LTA, altamente significativas con signo positivo, estos resultados parecen ser obvios si se considera que la humedad en el suelo y planta influye directamente en una mayor eficiencia en obtener altos rendimientos, estos valores signi-

Cuadro 15. Coeficiente de correlación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo de lámina de agua aplicada contra variables agronómicas. Ciclo tardío, 1985 Marín, NL.

CARACTERISTICA	LAMINA DE AGUA APLICADA											
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	G <sub>5</sub>	G <sub>6</sub>	G <sub>7</sub>	G <sub>8</sub>	G <sub>9</sub>	G <sub>10</sub>	G <sub>11</sub>	G <sub>12</sub>
Rendimiento económico	.965**	.896**	.883**	.958**	.945**	.731**	.971**	.938**	.893**	.903**	.928**	.223NS
Rendimiento biológico	.667*	.952*	.872**	.980**	.873**	.967**	.959**	.899**	.991**	.595**	.792**	.718**
Altura	.925**	.978**	.826**	.969**	.896*	.582**	.959**	.924**	.938**	†136NS	.674*	†07INS
Peso de 100 granos	.701**	.929**	.963**	.866**	.961**	.982**	.947**	.830**	.962**	.748**	.924**	.913**
Longitud de panoja	.856**	.703**	.016NS	.848**	†589*	.899**	.862**	.439NS	.687*	†212NS	.814**	.609*
Indice de cosecha	.956**	.834**	.785**	.916**	.421NS	†328NS	.986**	.945**	.713**	.588*	.901**	†513NS
Paja	.580NS	.848**	.864**	.980**	.751**	.939**	.945**	.862**	.983**	.373NS	.520*	.673*
Relación grano paja	.907**	.689**	.848**	.461NS	.789**	.858**	.719**	.715*	.425NS	.810**	.746*	†512NS
Días a floración	†899**	†959**	†944**	†887**	†780**	†956**	†833**	†941**	†965**	†929**	†983**	†684**
Días a madurez fisiol.	†876**	†971**	†975**	†949**	†393NS	†826**	†869**	†952**	†881**	†825**	†283NS	†921**
# hojas a dif. floral	†984**	†927**	†790**	†987**	†953**	†953**	†822**	†837**	†856**	†907**	†990**	†849**
# hojas a floración	.931**	.940**	.343NS	.949**	.974**	.721**	.981**	.967**	.929**	.909**	.942**	.964**

†/ G1; IS-4498, G2; IS-2205, G3; IS=2314, G4; IS-4521, G5; IS-4777, G6; IS-5469, G7; IS-2312, G8; IS-5067, G9; IS-2176, G10; IS-4663, G11; LES-33R, G12; LES-88R

\* Significativo (P 0.05)

\*\* Altamente significativo (P 0.01)

NS No significativo

ficativos y positivos fueron tanto buena humedad como en donde se presento "stress" de humedad, de estos resultados se deduce que el único riego dado que fue el de germinación, se aplicó de manera que produjo un gradiente en el patrón de aplicación de agua de un mínimo a un máximo deseado.

El genotipo LES-88R no presentó valores altos de correlación con la LTA, en todas las variables analizadas, esta no relación se aprecia mejor en las Figuras 11, 14 y 17, donde presenta la relación entre la LTA y RE, IC y RB, cuya tendencia de este genotipo fue a permanecer estable a través de los diferentes niveles de humedad aplicados al suelo. Las altas correlaciones entre LTA y las variables analizadas en los 12 genotipos se aprecian mejor en las figuras antes mencionadas, donde a excepción de LES-88R, todos los materiales mostraron una respuesta alta al suministro de agua aplicada.

En la variable rendimiento económico asociada a la característica índice de cosecha, la mayoría de los materiales presentaron significancia estadística con la LTA, a excepción de IS-4777, IS-5469 y LES-88R, ya que tuvieron un comportamiento estable a través de los niveles de humedad como se aprecia en la Figura 14, donde la asociación entre la LTA e IC parece lógica esta tendencia, ya que mientras mayor sea la humedad disponible para la planta, mayor será el valor del índice de cosecha y existirá una mayor cantidad de fotosintatos que contribuirán al crecimiento de grano.

La correlación entre la LTA y el rendimiento biológico fue altamente significativa en todos los genotipos glossy, lo cual indica que el aumento en la producción de materia seca repercute directamente en la ganancia de biomasa, esto resulta importante ya que esta producción durante el pe-

Cuadro 16. Coeficientes de correlación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo de rendimiento económico contra variables agronómicas. Ciclo tardío, 1985 -- Marín, N.L.

CARACTERISTICA	RENDIMIENTO ECONOMICO											
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	G <sub>5</sub>	G <sub>6</sub>	G <sub>7</sub>	G <sub>8</sub>	G <sub>9</sub>	G <sub>10</sub>	G <sub>11</sub>	G <sub>12</sub>
Rendimiento biológico	.703**	.813**	.958**	.959**	.843**	.657*	.944**	.823**	.873**	.392NS	.859**	.466NS
Altura	.911**	.804**	.550NS	.944**	.834**	.763**	.967**	.759**	.944**	†259NS	.746**	.190NS
Peso de 100 granos	.648**	.707**	.919**	.819**	.875**	.742**	.900**	.798**	.753**	.789**	.787**	.399NS
Longitud de panoja	.769**	.632*	†129NS	.855**	.613*	.598*	.879**	.334NS	.816**	†120NS	.910**	.086NS
Indice de cosecha	.973**	.625*	.896**	.964**	.596*	.089NS	.978**	.948**	.905**	.720**	.963**	.550NS
Paja	.105NS	.605*	.927**	.932**	.757**	.552NS	.922**	.767**	.827**	.443NS	.541*	.420NS
Relación grano paja	.930**	.915**	.962**	.642*	.804**	.584NS	.804**	.866**	.752**	.966**	.813**	.278NS
Días a floración	†931**	†940**	†838**	†920**	†854**	†661*	†858**	†869**	†908**	†810**	†919**	†502NS
Días a madurez fisiol.	†818**	†907**	†855**	†941**	†472*	†719**	†928**	†832**	†908**	†676**	†103NS	†246NS
# hojas a dif. floral	.952**	.916**	.606*	.921**	.922**	.825**	1926**	.748**	.779**	.893**	.785**	.483NS
# hojas a floración	.896**	.920**	.249NS	.970**	.935**	.583NS	.809**	.869**	.879**	.950**	.887**	.357NS

ríodo de llenado de grano, la gran parte de materia producida irá a parar a la demanda principal de fotosíntatos existentes durante ese período que es el grano.

Los genotipos LES-30R y LES-88R mostraron valores bajos de correlación, pero fue debido principalmente a la poca acumulación de biomasa que presentaron a través de los niveles de agua.

En el Cuadro 16 se presenta el rendimiento económico asociado positivamente y con alta significancia estadística con: rendimiento biológico, altura de la planta, peso de 100 granos, longitud de panoja, índice de cosecha y paja. Por otro lado, los días a la floración y a madurez fisiológica correlacionaron negativamente con el rendimiento económico atribuido al riego que produjo el patrón de aplicación de agua en el suelo.

Todos los genotipos glossy, excepto IS-4663 y la línea LES-88R correlacionaron significativamente entre rendimiento económico y rendimiento biológico, esta misma tendencia se presentó entre RE e IC, excepto con IS-5469 y LES-88R, la asociación entre rendimiento económico y longitud de panoja que mostraron los tres tipos de significancia en los 12 genotipos evaluados, esta tendencia de la LP indica en forma indirecta, el espacio disponible para que se lleve a cabo el crecimiento del grano.

En el cuadro 17 se aprecia el rendimiento biológico asociado de manera positiva y con alta significancia estadística con las demás variables analizadas, se aprecia alta significancia estadística positiva de todos los genotipos glossy entre RB, ALT y de ALT con RE, excepto los materiales IS-4663 y LES-88R, esta tendencia fue observada de que aún y

Cuadro 17. Coeficiente de correlación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo de rendimiento biológico contra 12 variables agronómicas. Ciclo tardío, 1985 Marín.

N.L.

CARACTERISTICA	RENDIMIENTO ECONOMICO											
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	G <sub>5</sub>	G <sub>6</sub>	G <sub>7</sub>	G <sub>8</sub>	G <sub>9</sub>	G <sub>10</sub>	G <sub>11</sub>	G <sub>12</sub>
Altura	.779**	.954**	.622**	.941**	.942**	.646*	.924**	.855**	.928**	.562**	.895**	.518NS
Peso de 100 granos	.706**	.932**	.903**	.787*	.922**	.971**	.946**	.630*	.964**	.248NS	.677*	.657*
Longitud de panoja	.606**	.609*	.028NS	.881**	†715*	.891**	.777**	.300NS	.653*	.314NS	.857**	.648*
Indice de cosecha	.707**	.761**	.769**	.891**	.579NS	†508NS	.918**	.843**	.698*	.539*	.799**	†078NS
Paja	.781**	.955**	.976**	.978**	.896**	.990**	.999**	.996**	.995**	.959**	.884**	.989**
Relación grano paja	.418NS	.523*	.881**	.450NS	.560NS	.817**	.588NS	.453NS	.369NS	.174NS	.462NS	†632*
Días a floración	†836**	†883**	†907**	†901**	†584NS	†971**	†712**	†851**	†955**	†456NS	†802**	†929**
Días a madurez fisiol.	†590*	†925**	†810**	†925**	†367NS	†832**	†850**	†885**	†875**	†657*	†100NS	†807**
# hojas a dif. floral	.687**	.855**	.661**	.982**	.926**	.944**	.795**	.885**	.878**	.520NS	.727*	.766**
# hojas a floración	.671**	.870**	.382NS	.901**	.948*8	.764**	.986**	.907**	.924**	.571NS	.748*	.867**

Cuadro 18. Coeficiente de correlación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo de  
 Índice de cosecha contra 12 variables agronómicas. Ciclo tardío, 1985 --  
 Marín, N.L.

CARACTERISTICA	INDICE DE COSECHA											
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	G <sub>5</sub>	G <sub>6</sub>	G <sub>7</sub>	G <sub>8</sub>	G <sub>9</sub>	G <sub>10</sub>	G <sub>11</sub>	G <sub>12</sub>
Rendimiento biológico	.707**	.761**	.769**	.891**	.579*	▽508*	.918**	.843**	.698**	.539*	.799**	▽072NS
Altura	.913**	.853**	.419NS	.922**	.593*	▽420NS	.956**	.823**	.755**	.257NS	.632*	.126NS
Peso 100 granos	.636*	.905**	.783**	.776**	.477*	.363NS	.911**	.734**	.545NS	.274NS	.801**	▽298NS
Longitud de panoja	.726**	.788*	.038NS	.766**	▽835**	▽343NS	.878**	.301NS	.701**	.316NS	.901**	▽382NS
Paja	.136NS	.723**	▽013NS	.894**	.441NS	▽563*	.748**	.297NS	.616*	.353NS	.486*	▽063NS
Relación grano paja	.876**	.431NS	▽216NS	.742**	.543*	▽303NS	.784**	.252NS	.862**	▽034NS	.784**	.428NS
Días a floración	▽895**	▽673*	▽656*	▽826**	▽242NS	.520NS	▽876**	▽866**	▽695**	▽351NS	▽889**	.002NS
Días a madurez fisiol.	▽797**	▽733**	.809**	▽860**	▽195NS	.398NS	▽868NS	▽865**	▽696**	▽437NS	▽183NS	.450NS
# hojas a dif. floral	.867**	.683*	.140NS	.920**	.461NS	▽360NS	.833**	.668*	.657**	.767**	.755**	▽129NS
# hojas a floración	.725**	.775**	.350NS	.870**	.407NS	▽372NS	.951**	.898**	.657**	.767**	.878**	▽351NS

cuando los genotipos estuvieron en tensión de humedad, alcanzaron alturas promedio de 1.5 m lo que repercutió en una mayor acumulación de materia seca, por lo que se puede inferir que la asociación de RB y ALT es un buen indicador de adaptación a los niveles de humedad.(Cuadro 19).

En relación al índice de cosecha (Cuadro 18) existió los tres tipos de asociación en los 12 genotipos, la asociación del IC con RE, fue altamente significativa y positiva, excepto en IS-4663 y LES-88R y estos dos genotipos tuvieron una baja asociación de IC con las demás variables analizadas, la correlación de IC con RB mostró valores altos y positivos en todos los genotipos glossy, lo cual mostró que mientras más grandes fue el IC, mayormente contribuirá al crecimiento del rendimiento económico.

#### 4.6. Variables no analizadas estadísticamente

Además de la variables analizadas estadísticamente, se consideraron otras características de tipo cualitativo que sirven para caracterizar agrónomicamente a cada uno de los materiales genéticos evaluados en el presente estudio; las características incluidas fueron sanidad (plantas dañadas) y cobertura de campo. Estas variables, así como sus diversas valoraciones por genotipo, se pesentan conjuntamente en el Cuadro 20.

Para la característica sanidad, se interpretó de una escala de 0 a 100, considerando el porcentaje de plantas dañadas respecto al total . En este caso, se especifica que para sanidad se consideró el daño causado por mosca midge (Contarina sorghicola).

Para la característica cobertura de campo se consideró el área cubierta por el material verde, el cultivo se observa a través de las hojas y el

Cuadro 19. Coeficiente de correlación de genotipos "glossy" y "no glossy" de sorgo de altura de la planta contra 12 variables agronómicas. Ciclo tardío, 1985 - Marín, N.L.

CARACTERISTICA	ALTURA											
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	G <sub>5</sub>	G <sub>6</sub>	G <sub>7</sub>	G <sub>8</sub>	G <sub>9</sub>	G <sub>10</sub>	G <sub>11</sub>	G <sub>12</sub>
Rendimiento biológico	.779**	.954**	.622*	.941**	.942**	.646*	.924**	.855**	.928**	.562NS	.895**	.518NS
Peso de 100 granos	.591*	.960**	.796**	.797**	.933**	.605*	.914**	.761**	†.856**	†.478NS	.497NS	†.076NS
Longitud de panoja	.750**	.693*	.216NS	.824**	†.780**	.418NS	.866**	.450NS	.760**	.503NS	.619*	.352NS
Indice de cosecha	.913**	.853**	.419*	.922**	.593*	†.420NS	.956**	.823**	.755**	.257NS	.632*	.126NS
Paja	.286NS	.800**	.591*	.965**	.793**	.571NS	.907**	.841**	.905**	.654*	.786**	.515NS
Relación grano paja	.753**	.550NS	.536*	.489NS	.654*	.362NS	.730**	.470NS	.547NS	†.377NS	.357NS	†.385NS
Días a floración	†.859**	†.888**	†.866**	†.819**	†.535NS	†.634*	†.792**	†.926**	†.939**	.236NS	†.681*	†.478NS
Días a madurez fisiol.	†.677**	†.943**	†.786**	†.893**	†.330NS	†.832**	†.937**	†.962**	†.938**	.057NS	†.027NS	†.147NS
# hojas a dif. floral	.909**	.800**	.912**	.965**	.890**	.482NS	.839**	.813**	.777**	†.139NS	.647*	†.039NS
# hojas a floración	.836**	.893**	.660*	.902**	.944**	.961**	.948**	.958**	.922**	.023NS	.638*	.131NS

CUADRO 20. Características de sanidad y cobertura de campo evaluados en genotipos "glossy" y "no glossy". Ciclo Otoño -Invierno, 1985. Marfn, N.L.

Nivel de Humedad	S a n i d a d											
	IS-4498*	IS-2204	IS-2314	IS-4521	IS-4777	IS-5469	IS-2312	IS-5067	IS-2176	IS-4663	LES30R	LES88R
Alto	12.5 <sup>1</sup>	27.5	13.5	31.3	18.5	16.3	17.5	31.7	45.0	31.7	20.0	30.0
Medio	12.5	32.5	18.0	38.6	39.0	28.8	25.0	31.7	31.3	38.3	20.0	28.8
Bajo	17.5	33.8	21.8	40.0	25.0	26.3	30.0	37.3	32.3	48.3	26.3	38.8
X	14.2	31.3	17.8	36.6	24.3	23.8	24.2	33.6	36.2	39.4	22.1	32.5

	Cobertura de Campo											
	IS-4498*	IS-2204	IS-2314	IS-4521	IS-4777	IS-5469	IS-2312	IS-5067	IS-2176	IS-4663	LES30R	LES88R
Alto	92.5	83.3	75.0	80.0	87.5	97.5	98.0	53.3	68.8	53.3	98.8	80.0
Medio	92.5	78.3	80.4	66.3	83.8	87.5	97.5	67.8	72.5	55.0	92.5	77.5
Bajo	82.5	71.7	76.5	52.5	70.0	82.0	98.8	61.7	66.3	52.4	91.3	72.5
X	89.2	77.8	74.0	66.3	80.4	90.0	98.1	60.9	69.2	53.6	94.2	76.7

<sup>1</sup> Valores en porcentaje

\* Genotipos

Sanidad = 0.0, cero daño y 100.0; daño total

Cobertura = 0.0; no hay materia verde 100.0; óptima materia verde

porcentaje de plantas que muestran material verde da el porcentaje de cobertura de campo, donde cero es cuando no existe material verde y 100% cuando existe una óptima densidad de población.

Ahora bien, analizando los resultados consignados en el Cuadro 20, se puede apreciar que todos los materiales evaluados presentaron diferentes porcentajes en sanidad y cobertura de campo con respecto al promedio por genotipo como en los tres niveles de humedad considerados, entendiendose por esto, la lámina total de agua aplicada más lluvia que para una mejor interpretación se dividió en niveles; bajo, medio y alto.

La evaluación para infestación por mosca midge reportó valores de un 14.2 a 39.4% de daño, se puede considerar que los materiales genéticos que resultaron ser los más susceptibles a este insecto en la etapa de floración fueron IS-2176, IS-4521, IS-5067, IS-4662 y LES-88R. Las líneas medianamente susceptibles IS-2314, IS-5777, IS-5469, IS-2312, IS-2205 y LES-30R. Y la única línea que presentó una mayor resistencia al daño fue el genotipo glossy IS-4498.

Cabe señalar que los materiales que presentaron un mayor porcentaje de infestación fueron también los más tardíos a la floración y el genotipo más resistente fue el más precoz, por lo que se puede deducir que el material más precoz a la floración fue 25 días antes que el más tardío, por lo que escapó al daño del insecto por no presentarse al momento de la floración, lo que no sucedió con los materiales tardíos, donde la plaga ya estaba establecida aún y cuando se le dieron aplicaciones con insecticida para su control.

En el mismo cuadro se observa claramente la tendencia de daño en los

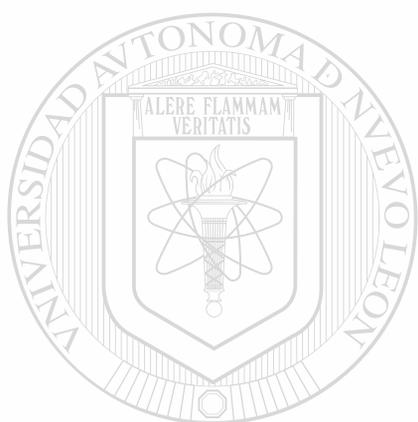
diferentes niveles de humedad de un mismo genotipo, donde el menor daño fue en general en el nivel de humedad mayor y visceversa, parece ser que esta tendencia se entiende como normal si se analiza que en el nivel alto de humedad fue en sí la lámina de agua aplicada en la siembra por el sistema de riego por aspersión y que fue mayor en los surcos cercanos al aspersor, donde se llegó a capacidad de campo, por lo que los surcos sembrados por un mismo genotipo a ese espaciamiento lograron germinar, emerger y establecerse más rápida y fuertemente que ese mismo genotipo pero con un nivel menor de agua aplicada, por lo que al estar mejor establecido, opuso una mayor resistencia al ataque que donde ese mismo genotipo se encontraba débil por el período de falta de humedad a que estuvo sometido durante sus primeras etapas de desarrollo.

Por lo que respecta a la información recabada de cobertura de campo, en el Cuadro 20 se puede observar que también los materiales presentaron diferencias en por ciento entre genotipos y dentro de un mismo genotipo a la presencia del área cubierta por el material verde.

Se observa que los genotipos IS-4498, IS-5469, IS-2312 y LES-30R, mostraron tener una mayor área cubierta por las plantas con 89.2; 90.0; 98.2 y 94.2% de cobertura respectivamente. Los genotipos IS-2205, IS-2314 e IS-4521 como un grupo separado del anterior con valores de 51.3, 25.4 y 36.7% de cobertura.

De todo esto se deduce que estas diferencias en área cubierta, pudo deberse en sí a las características propias de los genotipos a una mayor capacidad de amacollamiento y exposición de las hojas y a que las pruebas de germinación presentaron diferencias entre genotipos, que aunado a los diferentes niveles de humedad aplicados dió por consecuencia que plan

tas de un mismo genotipo no se estableciera bien y fenecieran originando que el área cubierta por el material verde se viera reducido. Esta información fue útil como criterio para cosechar por planta con competencia completa y no por unidad de área por las diferencias marcadas en la densidad de población observada a través de la variable en cuestión.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteados, así como a los resultados obtenidos en el presente estudio y, teniendo en cuenta que éstos corresponden sólo a un ciclo de evaluación por lo que solo son aplicables bajo las condiciones ambientales y de manejo a que estuvieron sometidos los materiales genéticos, permiten llegar a las siguientes conclusiones:

1. Todos los caracteres considerados presentaron variación en los genotipos "glossy" y "no glossy", en respuesta a los gradientes de humedad en el suelo.
2. El efecto del "stress" de humedad en los genotipos se presentó durante dos periodos a través del ciclo del cultivo de acuerdo al seguimiento de la humedad del suelo.
3. En relación a las curvas de acumulación de peso seco, los materiales "glossy" mostraron una mayor expresión que los testigos, esta acumulación fue lenta al principio, ocasionada por el "stress" de humedad a que estuvieron sometidos.
4. De acuerdo al análisis de varianza, los valores de las características agronómicas mostraron diferencias para las fuentes de variación: genotipo, niveles de humedad y la interacción genotipo-niveles de humedad.
5. Los genotipos "glossy" tuvieron una mayor capacidad de acumulación de materia seca al variar el suministro de agua en el suelo y en promedio, una menor capacidad de transferir sus fotosintatos a la parte útil de la planta.

6. El genotipo "glossy" IS-5067 fue el que mostró una mayor expresión en rendimiento económico y rendimiento biológico y de acuerdo a la metodología seguida, se considera como resistente a la sequía.
7. Los genotipos IS-2205, LES-30R y LES-88R, resultaron resistentes a la sequía por presentar una menor reducción en el rendimiento económico e índice de cosecha por unidad declinada en el suministro de agua, pero con una baja producción de materia seca, por lo que pueden considerarse como productores de grano en estudios posteriores.
8. Los genotipos IS-4521, IS-2312 e IS-2176 mostraron alto valor potencial en rendimiento económico y rendimiento biológico al responder positivamente en condiciones de buena humedad, pero sensibles al cambio de ésta, por lo que podrían ser prometedores preferentemente en condiciones de riego.
9. Los genotipos IS-4777 e IS-4498 no presentaron buena eficiencia al suministro de agua y que su rendimiento económico y biológico se abatió, de tal forma que se identifican como genotipos susceptibles a la sequía.
10. La lámina total de agua aplicada más lluvia, estuvo altamente correlacionada y positivamente con todas las características analizadas en los genotipos "glossy" y "no glossy", excepto con las variables días a floración y días a madurez fisiológica, afectadas por los gradientes de humedad.
11. Se hace necesario emplear la misma técnica de campo y de selección en postcosecha para confirmar los resultados obtenidos.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Arnon, I. 1972. Crop production in dry regions. Vol. II. Systematic treatment of the principal crops. Ed. Barnes Noble Books.
- Bartel, A.T. and Martin, J.H. 1938. The growth curve of sorghum. J. Agric. Res. 57:843-849.
- Blum, A. 1967. Effect of soil fertility and plant competition on grain sorghum panicle morphology and panicle weight components. Agron. J. 59:400-404 pp.
- \_\_\_\_\_. 1970a. Effect of plant density and growth duration of sorghum yield under limited water supply. Agron. J. 62:333-336 pp.
- \_\_\_\_\_. 1970c. Genetic improvement of sorghum resistance in crop plants a case for sorghum; in Stress Physiology in Crop Plants. Ed. H. Mussell. 429-445 pp.
- Boyer, J.S. and Mc Pherson, H.G. 1975. Physiology of water deficits in cereal crops. Adv. Agron. 27:1-23 pp.
- Castillo, G.E. 1980. El rendimiento del grano de sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench], su relación con los períodos del desarrollo y otros caracteres. Efectos de aptitud combinatoria. Tesis M.C. Centro de Genética. Colegio de Graduados, Chapingo, México.
- Centro de Investigaciones Agropecuarias. 1982. Instructivo para la toma de datos en sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench]. Boletín No. 1.
- Marín, N.L. CIA-FAUANL.

- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Frigo. 1985. Manual de en trenamiento en sorgo. Curso de Fitomejoramiento. 35-71 pp.
- Compton, L.P. 1985. Memorias del Taller del Sorgo en Sistemas de Producción en América Latina. publicado por INTSORMIL/INIA/ICRISAT/CIMMYT México, D.F. 168-177 pp.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional. 1982. CETENAL. Carta Edafológica Apodaca GI4C16 Nuevo León.
- Dennis, P.G. Darrel, G.W., Charles, U.S. and James, R.G. 1982. Moisture deficits and grain sorghum performance: Evapotranspiration-Yield relationships. Agronomy Journal. Vol. 74:815-820 pp.
- \_\_\_\_\_. 1982a. Moisture deficits and grain sorghum performance. Effect of genotype. Agron. J. 74:808-814 pp.
- Dudal, R.H. 1976. Inventory of the mejor soils of the world with special reference to mineral stress hazards; in Plant adaptation to mineral in problem soils. Ed. M.J. New York. 3-13 pp.
- Food Agriculture Organization of the United Nations. 1983. FAO Production yearbook. Vol. 36 Rome Italy.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. 14-18, 41-44 y 47-50 pp.
- Goldsworthy, P.R. 1970. The growth and yield of tall and short sorghums in Nigeria. J. Agric. Sci. 75:109-122.

- Hanks, R.J. Keller, J. Rasmussen, V.P. and Wilson, D.G. 1976. Line sprinkler for continuous variable irrigation. Crop Production studies: Soil Sci. Soc. Am. J. 40:426-429 pp.
- Henzell, R.G., McRee, K.T., Ban, B. and Schertz, K.F. 1975. Method for screening sorghum genotypes for stomatal sensitivity to water deficits. Crop Sci. 15:516-518 pp.
- Herd, E.A. 1976. Plant breeding for resistance in water deficits and plant growth. Academic Press Inc. New York. 2:317-350 pp.
- Ibarra, J.F. 1984. Regiones climáticas potenciales para el cultivo del sorgo en México. Memorias de la Primera Reunión Nacional de Sorgo. FAUANL. Marín, N.L.
- Instituto Internacional para la Investigación en Cultivos para los Trópicos Semiáridos. 1979. ICRISAT. Annual Report. Patancheru India 1977-1978.:259 pp.
- \_\_\_\_\_. 1981a. Annual Report, 1979-1980. 304 pp.
- \_\_\_\_\_. 1982b. Annual Report. 1980-1981: 364 pp.
- \_\_\_\_\_. 1984c. Pearl Millet. Physical stress. Seedling establishment under drought stress. Annual report. 1982-1983: 83-88 pp.
- Jordan, W.R. and Monk, R.L. 1980. Enhancement of drought resistance of sorghum: progress and limitations in Proc. 55th Corn and Sorghum Res. Conf. Chicago.

- Jordan, W.R. and Sullivan, Y.Ch. 1982. Physiological systems associated with drought resistance. (un published).
- Kramer, P:L. 1980. Drought stress and the origen of adaptations. In: "Adaptations of plant to water and high temperature stress" . Ed. by Turner, M.C. y Kramer, P.J. Jhon Wiley and Sons. New York.
- Krishnaiah Setty, B.V. and C. Sreeramula. 1974. Drought tolerance of sorghum selections in relation to their morphological characters and yield components. Andhra Pradesh India. 117-178 pp.
- Lewis, R.B., Hiler, E.A. and Jordan, W.R. 1974. Susceptibility of grain sorghum to water deficit at three growth stages. Agron. J. 66:589-591 pp.
- Maiti, R.K. 1980. The role of glossy and trichome traits in sorghum crop improvement. Annual Meeting of all India Sorghum Improvement Workshop held at coimbatore India. 12-14.
- \_\_\_\_\_. 1981a. Evaluation of sorghum for multiple stress resistance -a pragmatic approach towards sorghum improvement in semiarid tropics Sumer Institute on Production Physiology of Dryland Crops Held at Department of Plant Physiology, Hyderabad, India.
- \_\_\_\_\_. 1986. El crecimiento y desarrollo del sorgo (apuntes elaborados por el mismo autor). Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Marín, N.L.
- \_\_\_\_\_. Prasada, K.E., Rao, P.S. , Raju and L.R. House. 1984. The glossy trait in sorghum: Its characteristics and significance in crop improvement . Field Crops Res. 9:279-289.

- Márquez, S.F. 1976. El problema de la interacción genotipo-ambiente en genotecnia vegetal. Ed. Paterna. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 113 p.
- Maximov, N.A. 1954. Fisiología vegetal. Traducido por Armando Teodoro H. 2a. ed. C.E.C.SA. México. 433 pp.
- Muños, O.A. 1981. Apuntes mimeografiados de la clase de Resistencia a la sequía y Mejoramiento Genético. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- O'Neill, M.K., Hofman, W., Dobresnz, A.K. and Marcarian, N. 1983..Drought response of sorghum hibrids under a sprinkler irrigation gradiant sistem. Agr. J. 75:105-107 pp.
- Pasioura, J.B. 1977. Grain yield harvest index and water use of wheat. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 43:117-120 pp.
- Rao, N.G., Vasudeva, M.J., Rana, B.S. 1979. Responses to water availability and modifications for water use efficiency in tropical dryland sorghums. Plant Resp. Water Availability IARI. India.
- Ramírez, B.L. 1984. Efecto de las diferentes condiciones de nixtamalización de sorgos híbridos. Primera Reunión Nacional de Sorgo. FAUANL México, Marín, N.L. 651-676.
- Rosenow, D.T., Quinsenberry, W.V., Wendt, L.E. 1983. Drought tolerance sorghum and cotton. Agric. Water Management. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam. 207-222 pp.
- Saucedo R., J. 1985. Comparación de algunas características anatómicas, morfológicas y fisiológicas en líneas "glossy" y "no glossy" de

soro [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para su resistencia a la sequía en estado de plántula. Tesis de Licenciatura. FCBUANL. Monterrey, N.L.

Seetharama, N. and Bidinger, F.R. 1977. Sorghum drought resistance. Sorghum Workshop. ICRISAT. India.

\_\_\_\_\_. Sivakumar, M.V., Bidinger, F.R., Sarder, S., Redd, B.V.S., Sacha, R.C. 1982. Physiological basis for increasing and stabilising yield under drought in sorghum. Proc. Indian Natn. Sci. Acad. B. 49 No. 5 498-523 pp.

Slatyer, R.O. 1969. Physiological significance of internal water relation to crop yield. In: Physiological aspects of crop yield. Crop Sci. Soc. Amer. pp. 53-88.

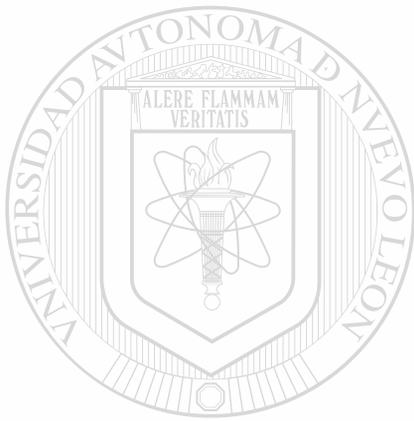
Steel, D.O.R. y Torrie, H.J. 1960. Principales and procedures of statistics. McGrawOHill Book Companu. Inc. New York.

Sullivan, C.Y., Garrity, D.P., Watts, D.G. and Gilley, J.R. 1979. The use of an irrigation gradient for plant screening and evaluation of physiological responses to drought stress. Agron. Abstr. USDA-SEAR. Univ. of Neb.

Tarumoto, I. 1980. Inheritance of glossiness of leaf blades in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Jpn. J. Breed. 30:237-240. pp

Turner, N.C. 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants: Stress Physiology in Crop Plants. Ed. New York. 343-372 pp.

- \_\_\_\_\_. 1974. Stomatal behaviour and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions II. At low soil water potential Plant Physiol. 53:360-365 pp.
- Vega Z., G. 1984. Programa Nacional de Investigaciones en Sorgo. Potencial y uso del sorgo granífero en México. Primera Reunión Nacional Sobre Sorgo. FAUANL Marín, N.L.
- Villalpando-Ibarra, J.F. 1984. Regiones climáticas potenciales para el cultivo del sorgo en México. Documento circulación interna. INIASARH.
- Watson, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield. Adv. Agron. J. 4:101-120.
- Watts, D.G., Sullivan, C.Y. and Gilley, J.R. 1979. Development and operation of gradient irrigation systems for evaluation of plant response to drought stress. Univ of Neb. USDA-SEA-AR Agron. Abst. p. 17.
- Wong, R.R. 1979. Comportamiento de las características agronómicas, índices fisiológicos y patrones de crecimiento de 50 genotipos de sorgo bajo el esquema riego-sequia. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Zavala G., F. 1984. Estudios sobre el crecimiento y desarrollo del sorgo en México. Folleto de divulgación No. 7 FAUANL-CIA. Marín, N.L.



VII. A P E N D I C E

# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN<sup>®</sup>  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CUADRO IA. Temperaturas medias mensuales (°C) 1979-1985. Ciclo Otoño-Invierno, Marín, N.L.

Año	Mes											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1979	8.8	12.5	18.0	23.7	26.3	26.8	31.31	29.3	25.3	24.2	17.6	13.9
1980	16.0	15.0	20.4	24.5	25.4	29.9	30.9	28.5	27.3	20.8	14.7	16.7
1981	12.0	14.6	19.6	23.3	24.9	27.6	27.6	29.0	26.2	23.5	19.0	16.2
1982	16.0	14.0	21.0	18.0	26.4	29.4	29.4	30.8	30.7	22.5	17.0	14.0
1983	13.2	16.0	19.3	24.0	27.5	28.2	28.7	29.0	26.3	22.8	19.0	11.9
1984	12.3	16.7	20.8	25.5	26.6	28.0	27.4	29.3	29.9	24.1	20.8	18.5
1985	10.9	14.8	21.6	23.2	27.1	28.5	29.4	30.1	28.8	25.0	21.0	13.3
Promedio Mensual	12.7	14.8	20.1	23.2	26.3	28.3	29.4	29.4	27.8	23.3	18.4	14.9

FUENTE: Departamento de Meteorología y Climatología de la Facultad de Agronomía de la UANL. Marín, N.L.

CUADRO 2A. Precipitación total mensual (mm) 1979-1985. Ciclo Otoño-Invierno. Marín, N.L.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agó.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total Anual
1979	4.7	1.1	36.0	35.0	94.0	19.75	43.1	77.2	213.0	60.0	30.80	44.65	594.8
1980	12.3	8.05	0.0	0.0	107.0	0.0	5.6	153.1	117.0	35.2	18.0	14.9	491.15
1981	71.2	23.2	32.6	113.7	55.7	101.5	47.4	98.8	98.7	29.2	1.3	0.0	673.3
1982	0.0	10.9	17.4	11.8	6.6	15.8	9.6	1.0	5.0	44.4	22.6	41.8	326.9
1983	29.8	40.1	16.6	0.0	141.8	20.4	51.8	111.4	69.8	25.60	0.0	9.20	516.5
1984	89.9	5.8	30.0	0.0	110.6	28.9	30.1	02.6	70.1	21.5	0.0	38.2	427.7
1985	45.9	3.6	17.6	122.0	22.8	30.2	35.7	28.1	118.9	113.6	5.3	6.4	550.1
Promedio Mensual	36.3	13.3	21.5	39.7	76.9	30.9	31.9	67.5	98.9	38.5	14.0	22.2	491.6

FUENTE: Departamento de Meteorología y Climatología de la Facultad de Agronomía de la UANL Marín, N.L.

CUADRO 3A. Evaporación total en el mes (mm) de 1979-1985. Ciclo Otoño-Invierno. Marín, N.L.

Año	Mes												Total Anual
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
1979	58.47	92.8	107.3	134.0	178.5	206.1	232.0	268.94	167.28	204.22	77.03	81.12	1807.76
1980	84.3	139.82	207.9	273.6	237.0	288.2	358.8	254.9	245.0	139.2	92.9	70.22	2391.84
1981	64.82	79.23	161.7	134.0	178.5	206.1	244.81	231.41	150.5	148.2	144.0	142.4	1885.67
1982	86.91	111.94	134.92	180.99	214.0	233.0	267.0	275.2	198.07	126.8	94.79	95.17	2018.74
1983	59.6	109.5	174.5	256.43	169.84	217.1	213.75	268.94	167.28	25.60	118.0	77.65	1858.19
1984	48.2	137.5	184.3	250.4	245.4	219.2	208.1	207.5	149.0	91.0	123.0	58.9	1922.50
1985	55.2	72.0	151.0	158.3	212.0	220.7	253.2	281.7	205.0	144.0	84.9	67.3	1905.30
Promedio Mensual	65.4	106.1	160.2	198.2	229.7	227.2	253.9	255.5	183.2	125.7	104.9	84.7	1994.

FUENTE: Departamento de Meteorología y Climatología de la Facultad de Agromomía de la UANL Marín, N.L.

CUADRO 4A. Porcentaje de la humedad disponible para la planta a diferentes estratos en función del espaciamiento de la línea de aspersores durante el desarrollo del cultivo. Ciclo Tardío 1985. Marín, N.L.

Repetición I

Profundidad (cm)	Espaciamiento de la LA (m)	Días después de la Emergencia				
		1	15	30	60	90
0-30	1.6	00.0	48.80	42.56	77.24	61.33
30-60		97.06	35.70	43.13	57.18	52.11
60-90		96.21	37.54	26.86	52.36	39.41
$\bar{X}$		99.32	40.68	37.52	62.26	50.95
0-30	3.2	88.25	42.70	41.37	70.01	55.17
30-60		79.46	32.37	23.32	63.01	47.04
60-90		82.46	39.88	33.00	58.90	39.41
$\bar{X}$		83.40	38.37	32.56	63.97	47.21
0-30	4.8	74.06	39.58	43.89	54.04	47.85
30-60		62.81	27.50	34.22	46.22	38.82
60-90		65.44	28.73	40.61	49.02	39.20
$\bar{X}$		67.44	31.94	39.57	49.76	41.96
0-30	6.4	60.87	41.90	23.14	48.20	31.96
30-60		47.31	24.83	22.58	55.68	28.74
60-90		33.06	35.20	19.85	32.07	25.97
$\bar{X}$		47.08	33.98	21.86	45.32	34.56
0-30	8.0	48.27	24.79	28.17	41.50	25.66
30-60		49.44	22.36	20.03	28.39	19.42
60-90		40.28	19.71	17.31	32.13	17.51
$\bar{X}$		45.99	22.29	21.84	34.00	20.86

Repetición II

0-30	1.6	88.52	44.56	39.25	66.90	55.83
30-60		70.82	54.31	43.34	53.34	49.92
60-90		78.93	56.63	41.94	59.97	41.87
$\bar{X}$		79.42	51.83	41.51	60.07	49.21
0-30	3.2	78.90	34.80	42.10	54.17	49.46
30-60		62.67	45.39	33.54	34.45	29.02
60-90		57.29	39.41	33.73	58.76	45.55
$\bar{X}$		64.62	39.87	36.46	49.13	41.34
0-30	4.8	69.09	21.01	20.44	47.60	42.24
30-60		57.73	36.28	28.40	35.32	33.81
60-90		52.30	25.99	17.71	45.88	38.41
$\bar{X}$		58.04	27.76	22.20	42.93	38.15

Continúa.-

## Continúa Cuadro 4A-

Profundidad (cm)	Espaciamiento de la LA (m)	Días después de la Emergencia				
		1	15	30	60	90
0-30	6.4	41.50	17.90	27.98	34.61	38.15
30-60		35.25	23.60	17.70	35.59	22.50
60-90		39.07	27.06	15.84	33.87	19.45
$\bar{X}$		38.61	22.85	20.51	34.69	26.70
0-30	8.0	34.80	19.82	20.55	27.11	24.00
30-60		21.89	13.05	25.45	22.16	17.02
60-90		16.51	18.51	14.64	26.52	15.71
$\bar{X}$		124.40	17.13	20.21	25.26	18.91

## Repetición III

0-30	1.6	98.13	49.26	46.21	77.51	69.36
30-60		86.59	38.33	31.48	56.50	50.06
60-90		87.27	40.74	44.55	67.31	53.03
$\bar{X}$		90.66	42.78	40.75	67.11	57.48
0-30	3.2	88.39	37.46	41.97	57.15	45.88
30-60		88.92	42.66	28.27	57.18	39.29
60-90		65.58	33.20	28.66	54.02	35.47
$\bar{X}$		80.96	37.77	32.97	56.13	40.21
0-30	4.8	64.05	25.99	32.15	51.85	39.72
30-60		52.02	29.42	20.17	39.02	35.87
60-90		52.56	21.78	20.65	42.34	26.79
$\bar{X}$		56.21	25.73	24.32	44.40	34.13
0-30	6.4	55.76	15.51	29.76	34.81	21.61
30-60		55.88	26.68	16.68	21.55	21.61
60-90		53.22	17.18	16.84	19.45	21.85
$\bar{X}$		54.95	19.79	21.09	25.27	21.69
0-30	8.0	30.63	19.02	28.64	28.64	19.16
30-60		29.22	16.88	19.76	22.37	15.51
60-90		18.72	17.84	17.66	18.05	17.25
$\bar{X}$		126.19	17.91	22.92	23.02	17.31

## Repetición IV

0-30	1.6	87.26	48.53	49.26	58.81	46.35
30-60		62.40	35.80	35.80	57.71	45.40
60-90		79.73	44.55	45.62	46.55	41.41
$\bar{X}$		76.46	42.96	43.36	54.36	44.39

Continúa. -

## Continúa Cuadro 4A.-

Profundidad (cm)	Espaciamiento de la LA*(m)	Días después de la Emergencia				
		1	15	30	60	90
0-30	3.2	80.69	46.02	53.17	46.15	34.88
30-60		58.55	28.74	43.14	35.80	38.89
60-90		64.38	37.34	24.01	44.88	36.14
X		67.87	37.37	40.11	42.28	36.64
0-30	4.8	54.04	34.61	34.81	43.89	30.90
30-60		28.40	23.74	23.46	28.81	20.31
60-90		30.99	18.12	25.86	67.87	24.53
X		37.81	25.49	28.04	36.86	25.25
0-30	6.4	24.20	28.71	21.34	35.27	24.27
30-60		20.44	16.95	16.47	26.48	18.73
60-90		19.12	16.91	17.51	23.78	19.18
X		21.25	20.86	18.44	28.51	20.73
0-30	8.0	22.74	15.68	19.82	21.91	27.09
30-60		19.83	17.58	15.38	20.38	17.78
60-90		17.25	16.12	15.04	19.38	16.85
X		119.94	16.46	16.75	20.56	20.57

\* LA = Línea de Aspersores.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CUADRO 5A. Porcentaje de humedad disponible para la planta a diferentes estratos de suelo, durante el ciclo de cultivo (Promedio de cuatro repeticiones). Ciclo Tardío, 1985. Marín, N.L.

Profundidad (cm)	Repeticón	Días después de la Emergencia				
		1	15	30	60	90
0-30	I	75.06	39.56	11.86	59.01	44.43
30-60		64.05	28.31	28.61	50.13	37.24
60-90		63.51	32.28	27.53	44.88	32.53
$\bar{x}$		67.54	33.53	22.67	51.34	38.01
0-30	II	62.59	27.64	30.10	46.08	38.66
30-60		48.64	34.50	29.70	36.35	30.46
60-90		47.82	35.54	24.79	45.02	32.20
$\bar{x}$		53.03	32.89	28.20	42.48	33.77
0-30	III	67.37	29.44	35.74	49.99	39.12
30-60		62.87	31.00	23.26	39.30	32.44
60-90		55.83	26.13	25.66	40.21	30.87
$\bar{x}$		62.02	28.86	28.22	43.17	34.14
0-30	IV	53.78	35.54	11.80	42.83	31.22
30-60		37.92	23.60	25.31	32.44	28.19
60-90		42.28	26.46	25.59	34.47	27.59
$\bar{x}$		44.66	28.53	20.90	36.58	29.00
$\bar{x}$ 0-30		64.70	33.05	22.38	49.48	38.36
$\bar{x}$ 30-60		53.39	29.48	26.72	39.55	32.08
$\bar{x}$ 60-90		52.36	29.59	25.90	41.14	30.80

Espaciamiento de la LA* (m)	Días después de la Emergencia					
	1	15	30	60	90	
1.6	% H.S. <sup>1</sup>	25.33	19.10	18.59	21.11	9.0
	% H.D. <sup>2</sup>	86.34	54.15	46.61	73.76	48.66
3.2	% H.S.	23.50	18.15	17.66	21.21	18.61
	% H.D.	74.21	38.33	35.53	52.38	40.17
4.8	% H.S.	20.65	16.57	16.61	18.65	17.65
	% H.D.	54.88	27.73	28.54	43.49	34.87
6.4	% H.S.	18.48	16.09	15.50	18.85	15.91
	% H.D.	40.47	24.37	20.48	33.45	25.92
8.0	% H.S.	16.78	15.46	15.46	16.26	15.25
	% H.D.	29.13	21.45	20.21	25.71	19.42

\* LA = Línea de Aspersores

<sup>1</sup> Porcentaje de humedad con respecto a suelo seco

<sup>2</sup> Porcentaje de humedad aprovechable por la planta

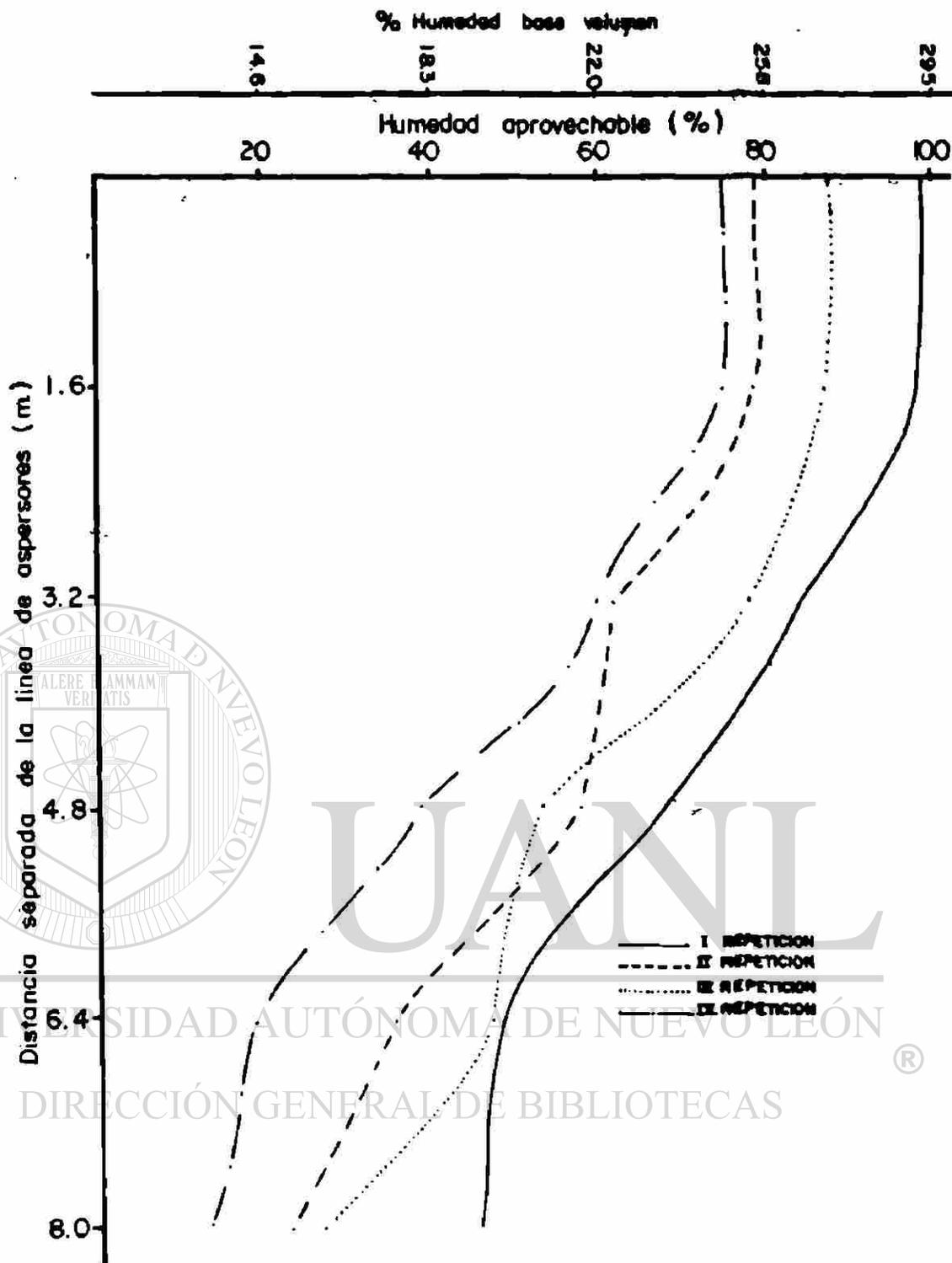


FIGURA 1A. Porcentaje de humedad base a masa y volumen en función de la distancia de la línea de aspersores tomadas al primer día después de emergido el cultivo. Ciclo Tardío 1985, Marín, N.L.

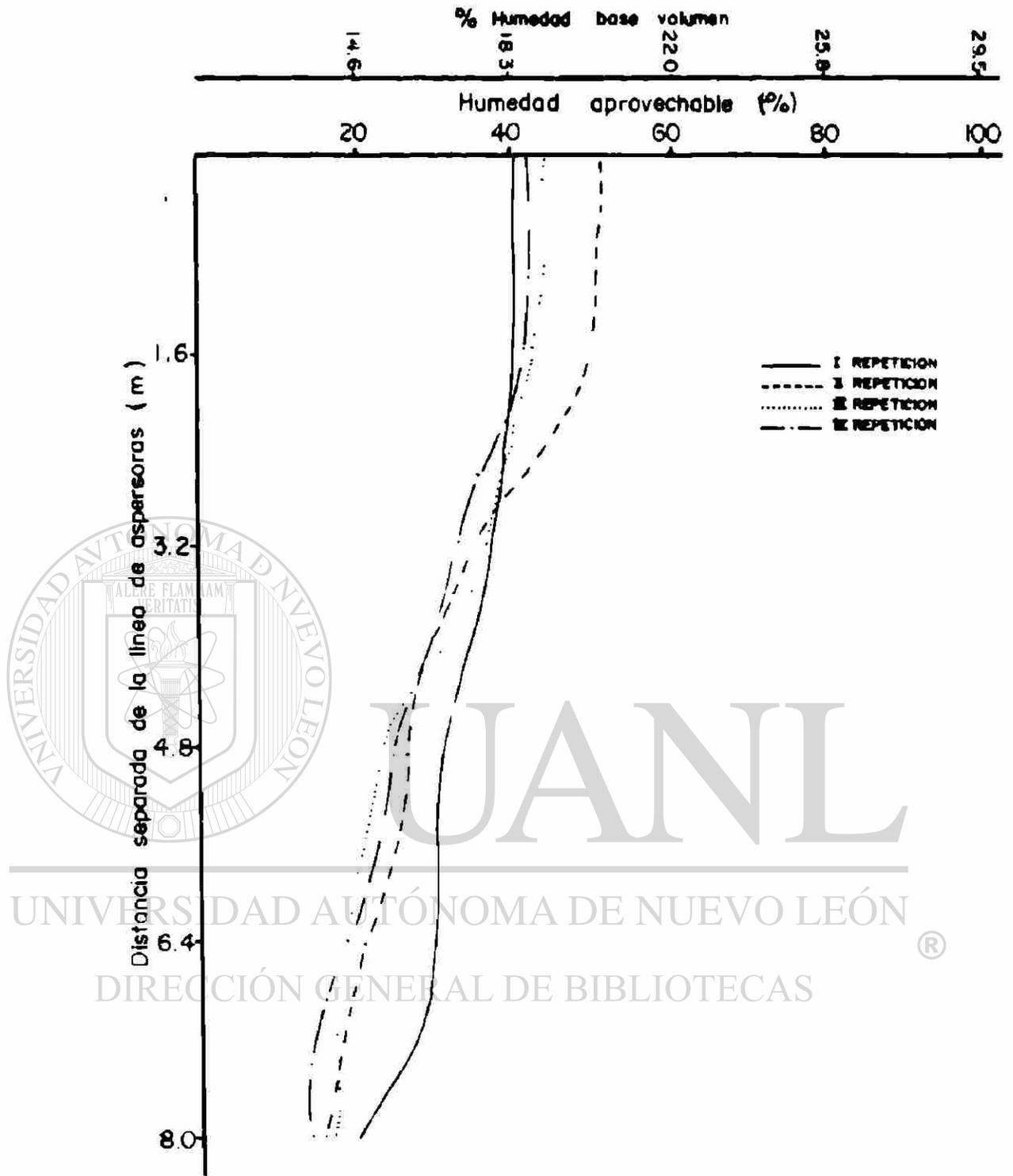


FIGURA 2A. Porciento de humedad base a masa y volumen en función de la distancia de la línea de aspersoras tomadas a los 15 días después de emergido el cultivo. Ciclo Tardío 1985, Marín, N.L.

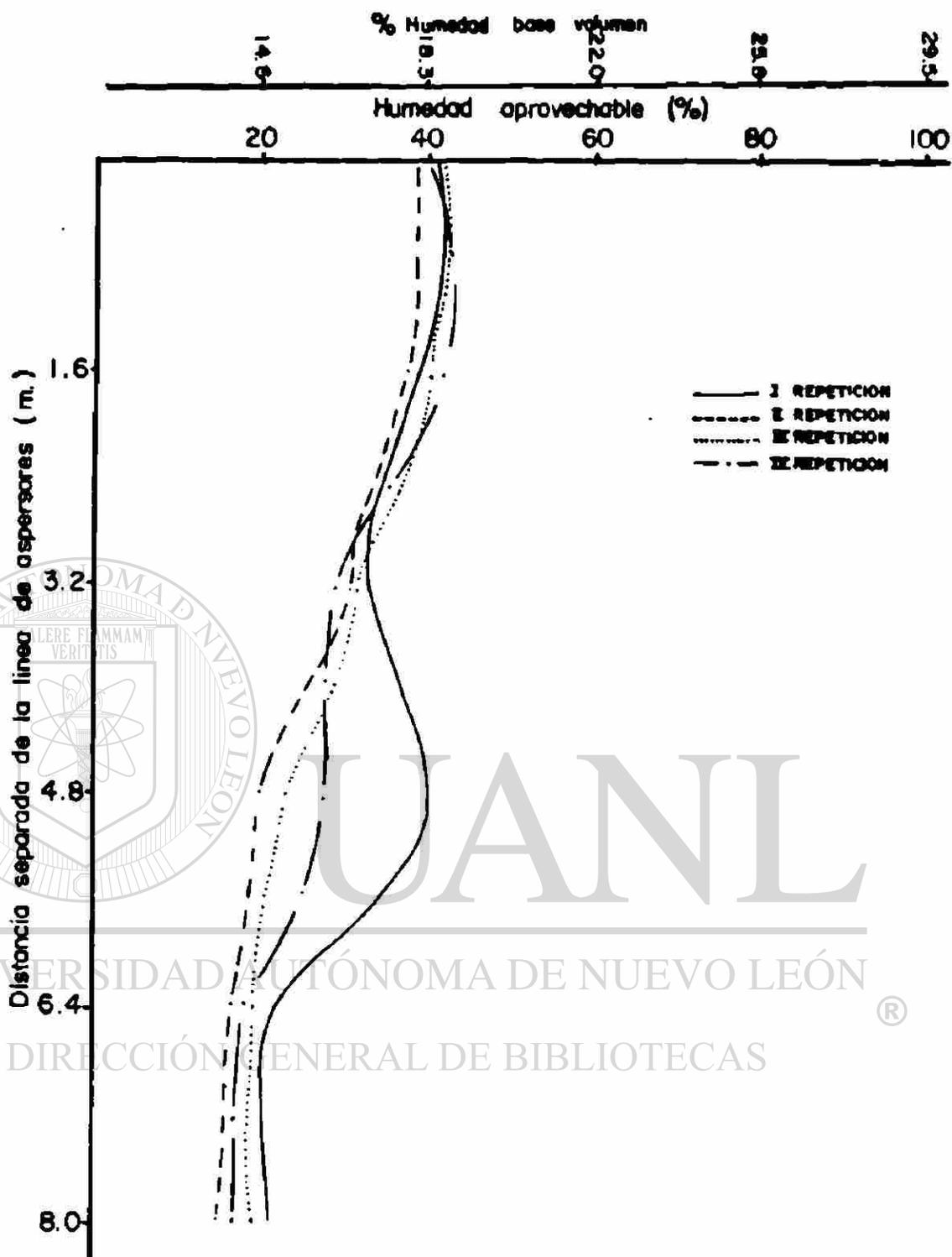


FIGURA 3A. Porcentaje de humedad base a masa y volumen en función de la distancia de la línea de aspersores tomadas a los 30 días después de emergido el cultivo. Ciclo Tardío 1985, Marín, N.L.

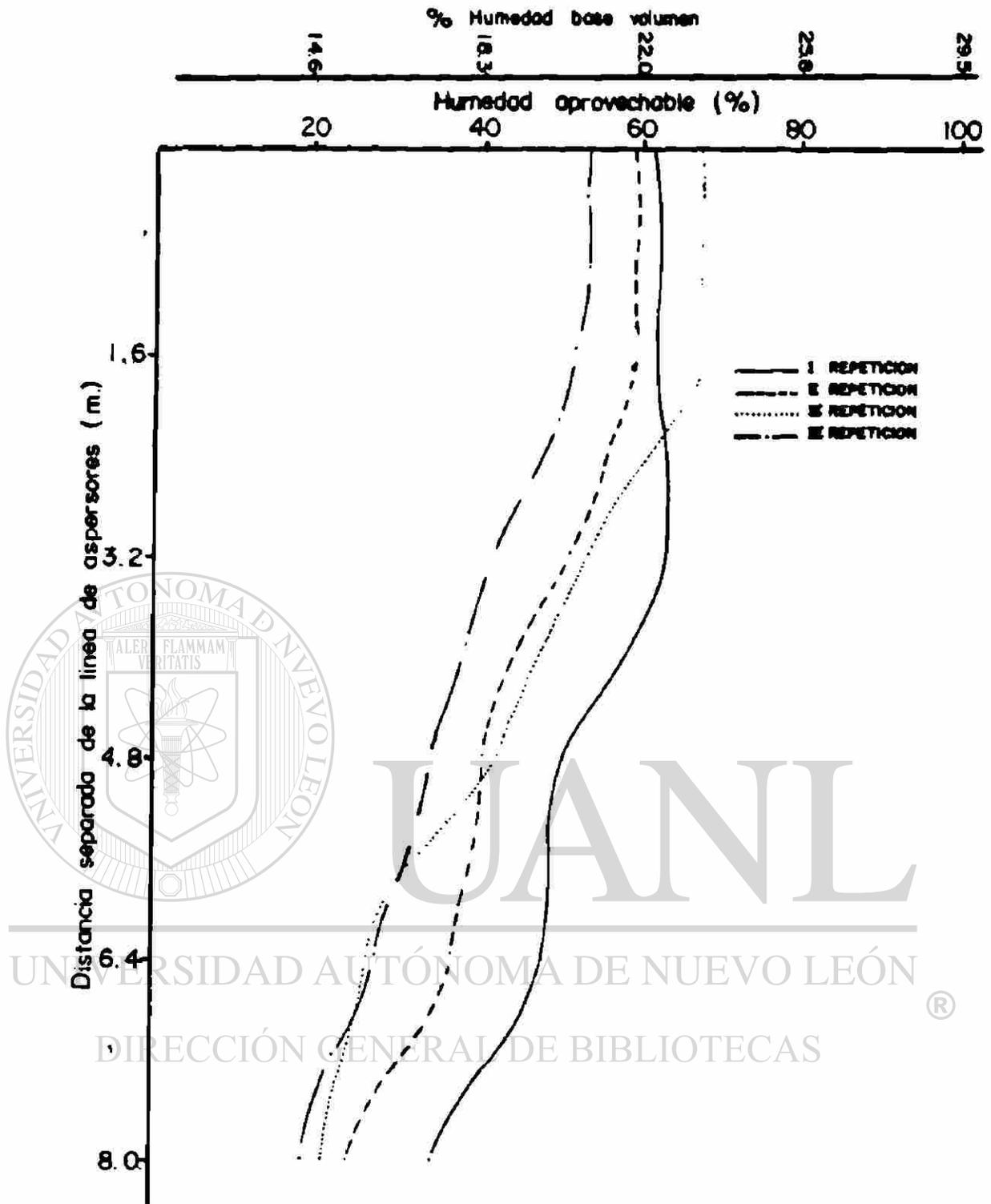


FIGURA 4A. Porcentaje de humedad base a masa y volumen en función de la distancia de la línea de aspersores tomadas a los 60 días después de emergido el cultivo. Ciclo Tardío 1985, Marín, N.L.

