



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS IZTACALA**

**ESTUDIO PRELIMINAR DE LA RESPUESTA
FENOLOGICA Y FISIOLOGICA DE TRES VARIEDADES
DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) EN SUELOS
SALINO-SODICOS DEL EX-LAGO DE TEXCOCO**

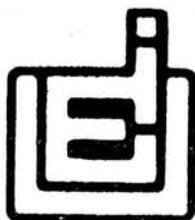
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

LICENCIADO EN BIOLOGIA

P R E S E N T A N :

**MARIA DE LOURDES GONZALEZ MORALES
MARIA ALEJANDRA SUSANA VAZQUEZ MARTINEZ**



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Edo. de Méx. 1994



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

POEMA DEL GRAN MOMENTO

La vida toda es el momento. La vida debe hacerse un gran momento, un gran momento apasionado.

Quando se va por los caminos y se encuentra una flor,
una flor perfumada y solitaria en medio del campo,
siempre es bueno detener el paso y doblarse hasta
ella para respirar su perfume, para cogerla con suavidad
entre las manos, como se toma tan solo a una flor,
para comprender el misterio de su belleza extraña
y para que nos haga sentir el latido de la vida
que se mece con el viento, sobre la tierra pura.

Poema Maya.

AGRADECIMIENTOS

A MI PADRE RUPERTO VAZQUEZ FLORIS
EN MEMORIA

POR QUE FUISTE UN GRAN HOMERE, FIRME COMO UN ROBLE.
UN MARAVILLOSO PADRE, JOVIAL Y CARALLEROSO.
DE SONRISA BONDADOSA Y ESPIRITU FUERTE,
Y UN CORAZON BIEN PUESTO PARA AFRONTAR LA MUERTE.
SIEMPRE TE LLEVARE EN MI MEMORIA.

A MI MADRE ANGELINA MARTINEZ VDA. DE VAZQUEZ.

POR TU GRANDEZA DE ESPIRITU Y TU GRAN FORTALEZA,
Y SOBRE TODO POR TU AYUDA Y COMPRENSION.
GRACIAS POR ESTAR SIEMPRE A MI LADO.

A FERNANDO V.

GRACIAS HERMANO POR QUE EN LOS MOMENTOS
DIFICILES ME DISTE PALABRAS DE APOYO.

Y MI AGRADECIMIENTO MUY CORDIAL A MI PRIMO JUAN R. MARTINEZ
U. POR SU AYUDA EN LA TRANSCRIPCION Y CORRECCION DE ESTILO
DEL TRABAJO DE TESIS.

GRACIAS LULU POR ENTENDERME Y TENER PACIENCIA DURANTE EL
TRABAJO DE TESIS.

MARIA ALEJANDRA SUSANA VAZQUEZ MARTINEZ.

A TI PAPA

*Que me has enseñado a confiar en mi misma y
que siempre me has aconsejado no quedarme
inmóvil al borde del camino, por todo eso y mucho más.*

A TI MAMA

*Que me has enseñado a defender siempre la alegría,
como una trinchera, como un estandarte,
como algo inevitable.*

A LAURA Y CHAYO

*Porque juntas hemos cantado
porque el sol nos reconoce
y porque el campo huele a primavera
y porque cada pregunta tiene
una respuesta.*

A TI MARIO

*Porque has venido a
recoger tu imagen
y eres mejor que todas
tus imagenes.*

A todo el personal de la COMISION NACIONAL DEL AGUA, Gerencia Lago de Texcoco Subgerencia de Desarrollo Agropecuario y Forestal, Residencia General, y muy especialmente a los Ingenieros:

JORGE AREVALO VARGAS,

MIGUEL ANGEL SOLANO V. Y

JORGE YEPEZ CERVANTES.

por las facilidades otorgadas para la realización del presente trabajo.

A todos nuestros maestros por compartir con nosotras sus conocimientos, pero un especial reconocimiento a los Biólogos:

DANIEL MUÑOZ INIESTRA,

MANUEL MANDUJANO PIÑA,

ALBERTO ARRIAGA FRIAS Y

M. EN C. GABRIEL CAMARENA GUTIERREZ.

Y a todas aquellas personas que de alguna forma participaron en la elaboración de este trabajo.

INDICE

Págs.

RESUMEN.....	IV
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. REVISION DE LITERATURA.....	3
3.1 Suelos afectados por sales.....	3
3.1.1. Suelos salinos.....	3
3.1.2. Suelos sódicos.....	4
3.1.3. Suelos salino-sódicos.....	4
3.2 Repuestas y adaptaciones morfológicas y fisiológicas de plantas no halófi- tas a condiciones salinas.....	5
3.2.1. Respuestas morfológicas.....	5
3.2.2. Adaptaciones fisiológicas.....	8
3.2.2.1. Mecanismos que ope- ran en la raíz.....	8
3.2.2.2. Mecanismos que ope- ran en el tallo.....	10
3.2.2.3. Mecanismos que ope- ran en la hoja.....	11
a) Comportamiento osmótico..	17
b) Crecimiento de la hoja y tallos.....	19
c) Efecto de las sa- les en las dife- rentes etapas de crecimiento.....	23
3.3 Respuesta de diferentes genotipos resistentes a las sales.....	24
3.4 Características del sorgo.....	25
3.4.1. Importancia del sorgo en la alimentación en México.....	26
3.4.2. Distribución.....	26
3.4.3. Composición bromatológica del sorgo....	27
3.4.4. Características agronómicas.....	29
3.4.5. Potencial de rendimiento.....	29
3.4.6. Adaptabilidad.....	29

IV.	DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	30
4.1	Breve historia de la formación de los suelos del Ex-Lago de Texcoco.....	30
4.2	Situación Geográfica.....	30
4.3	Clima.....	30
4.4	Precipitación.....	31
4.5	Suelos.....	31
4.6	Vegetación.....	31
4.7	Ubicación de la zona de trabajo.....	33
V.	MATERIALES Y METODOS.....	36
5.1	Diseño experimental.....	36
5.2	Siembra.....	36
5.2.1.	Densidad de siembra.....	37
5.2.2.	Epoca de siembra.....	37
5.2.3.	Método de siembra.....	37
5.3	Muestreo de suelos.....	38
5.4	Variables de respuesta.....	38
5.4.1.	Germinación.....	39
5.4.2.	Altura total de la planta.....	39
5.4.3.	Frecuencia estorática.....	39
5.4.4.	Días a floración.....	41
5.4.5.	Días a madurez fisiológica.....	41
5.4.6.	Días de llenado de grano.....	41
5.4.7.	Número de hojas por planta.....	41
5.4.8.	Número de granos por panoja.....	42
5.4.9.	Peso de 200 semillas.....	42
5.4.10.	Rendimiento biológico.....	42
5.4.11.	Relación vástago/raíz.....	42
5.4.12.	Area foliar total en la floración y en madurez fisiológica.....	42
5.4.13.	Indice de cosecha.....	43

VI. RESULTADOS.....	44
6.1 Germinación.....	44
6.2 Altura total de la planta a través del ciclo vegetativo.....	44
6.3 Respuestas del crecimiento en términos del número de hojas por planta.....	49
6.4 Respuestas del crecimiento en términos de sus características de área foliar, frecuencia estomática y relación vástago/raíz.....	63
6.5 Días a floración.....	75
6.6 Madurez fisiológica.....	75
6.7 Llenado de grano.....	76
6.8 Índice de cosecha.....	79
6.9 Análisis físico-químico del suelo.....	79
VII. DISCUSION.....	83
7.1 Germinación.....	83
7.2 Comportamiento de las características de crecimiento (número de hojas por planta, altura total de la planta, área foliar).....	84
7.3 Parámetro fisiológico (frecuencia estomática).....	87
7.4 Floración.....	88
7.5 Componentes del rendimiento.....	89
7.5.1. Rendimiento biológico.....	89
7.5.2. Rendimiento de grano.....	93
7.5.3. Relación vástago/raíz.....	93
7.5.4. Índice de cosecha.....	94
7.6 Análisis físico-químico del suelo.....	95
VIII. CONCLUSIONES.....	97
IX. RECOMENDACIONES.....	98
X. BIBLIOGRAFIA.....	99
XI. ANEXO.....	108

RESUMEN

En México algunos cultivos frecuentemente son afectados por los problemas de salinidad en el suelo, lo que limita la producción y en ocasiones la impiden casi totalmente. Como una alternativa para la rehabilitación de estos suelos se ha empleado la introducción de cultivos tolerantes ó semitolerantes a condiciones salinas y precisamente el sorgo es un cultivo que posee características morfológicas y fisiológicas que lo hacen más tolerante a la salinidad en el suelo, además de ser resistente a la sequía.

El propósito del presente trabajo fue evaluar la relación suelo-planta, bajo condiciones salino-sódicas del Ex-Lago de Texcoco. Para el establecimiento del cultivo se emplearon zonas en donde los suelos previamente han sido sometidos a láminas de lavado. Los sitios experimentales fueron tres, cada uno con diferente nivel de salinidad, de los cuáles se analizaron las propiedades físico-químicas del suelo antes del cultivo, durante su desarrollo y después de la cosecha. Con respecto al cultivo de sorgo (Sorghum bicolor) sometido a tres diferentes niveles de salinidad se estimaron parámetros fenológicos y se evaluó la frecuencia estomática como parámetro fisiológico.

De acuerdo a las evaluaciones realizadas, la variedad que mejor se comportó ante estas condiciones salino-sódicas fue TEC-84, ya que no sufrió retraso en sus etapas fenológicas, y los efectos de la salinidad, sobre su altura total, área foliar y producción de granos no se vió tan alterada en los tres niveles de salinidad como en el caso de la variedad H-220 que se afectó en sus etapas fenológicas de formación de panoja, floración y madurez fisiológica.

Con base a los resultados obtenidos, se sugiere que en estudios posteriores y bajo este tipo de condiciones salinas se empleen más número de parámetros fisiológicos que faciliten la selección y mejoramiento de genotipos o variedades sal-tolerantes, con la posibilidad de obtener grandes beneficios en la agricultura de nuestro país.

I. INTRODUCCION

El problema de la salinidad de los suelos agrícolas a nivel mundial, es uno de los factores edáficos que limita la producción de cultivos, ya que la presencia de concentraciones elevadas de sales solubles en la solución del suelo, origina altas presiones osmóticas que afectan el desarrollo de las plantas que se cultivan en éstos suelos. (Montaño, 1985).

En nuestro país existe el caso especial de los suelos extremadamente salino-sódicos del Ex-Lago de Texcoco, esta salinidad es originada en forma natural como resultado de la acumulación de sales, en las aguas freáticas y roca madre, en donde se presentan mantos freáticos someros con altos contenidos de sales y sodio, una baja permeabilidad y un drenaje deficiente. (Kramer, 1974; Tamhane, 1978; González, 1985) Para utilizar estos suelos con fines agrícolas, a principios de la década de los 70's, el Proyecto Lago de Texcoco tuvo como principal problema el aminorar el exceso de sales solubles, por lo que se implementaron prácticas de lavado de suelos, drenaje parcelario y aplicación de algunos mejoradores químicos. (Arana, 1970; Rascón, 1979; Villaseñor, 1973; Ureña, 1975; López, 1976). Otra alternativa para la rehabilitación de estos suelos fue la introducción de cultivos tolerantes o semitolerantes a estas condiciones, (Hausenbuiller, 1985; Ashraf, 1988), lo que ha permitido un restablecimiento paulatino de las condiciones físicas y químicas del suelo. (Llerena, 1977).

Esta última alternativa parece ser más aplicable ya que hay una constante demanda de producción de especies cultivadas, por lo que es de vital importancia aumentar la búsqueda de cultivos que se adecúen a estas condiciones salinas, de tal manera que afecten lo menos posible los rendimientos del cultivo, ésto se puede lograr conociendo las etapas fenológicas críticas, pues generalmente se ha encontrado que en glicofitas la actividad fotosintética y acumulación de materia seca, es inhibida significativamente, mientras que en halófitas y plantas suculentas estas actividades aumentan cuando asciende el nivel de salinización (Ahmed, 1980). Las variaciones en la respuesta de la planta y la necesidad de seleccionar plantas económicas para cultivos en suelos salinos, induce a la investigación de pruebas de respuesta de algunos cultivos de plantas tolerantes o semitolerantes a la salinidad. Con la finalidad de establecer el efecto de los suelos salino-sódicos del Ex-Lago de Texcoco sobre la relación suelo-planta, se consideraron parámetros fenológicos y la frecuencia estomática como parámetro fisiológico del cultivo de sorgo (Sorghum bicolor) bajo condiciones de campo. Ya que el sorgo, aparte de ser resistente a la sequía es una planta semitolerante a las condiciones de salinidad llegando a desarrollarse en suelos con una conductividad eléctrica de 6.8 mmhos/cm (Maas, 1985; Mergruen, 1970; Hausenbuiller, 1985; Fregoso, 1982).

I I. O B J E T I V O S

- Evaluar la introducción del cultivo de Sorghum bicolor en suelos salino-sódicos recuperados del Ex-Lago de Texcoco.

- Definir el comportamiento fenológico y evaluar el comportamiento de la frecuencia estomática del cultivo de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) cultivado en suelos salino-sódicos.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1. Suelos afectados por sales

Los suelos afectados por sales se caracterizan y clasifican con base a propiedades como; contenido de sales y porcentaje de los sitios de intercambio catiónico ocupados por iones de sodio. Sobre las bases de estas propiedades los suelos salinos, son agrupados en tres clases: salinos, en los que hay un exceso de sales solubles; sódicos, el término indica un exceso de sodio intercambiable y salino-sódicos, los cuales presentan ambas condiciones (Hausenbuiller, 1985).

3.1.1. Suelos salinos

Tienen un alto contenido de sales solubles; tradicionalmente han sido clasificados como salinos, si la conductividad del extracto de saturación excede a los 4.0 mmhos/cm. Los suelos salinos generalmente contienen más de 0.2% de sales solubles, la presencia de las sales ocasionan que la presión osmótica sea elevada, haciendo que sea imposible para las plantas la absorción de agua. La mayoría de las sales son neutras o cercanas a una reacción neutra, pero algunas son alcalinas, los valores del pH del suelo son generalmente entre 7.3 y 8.5. Usualmente el 98% de las sales solubles de los suelos salinos están formadas, por los iones sodio (Na⁺), potasio (K⁺), calcio (Ca⁺⁺), magnesio (Mg⁺⁺), enlazados principalmente con los aniones cloruros (Cl⁻) y sulfatos (SO₄⁻), algunas veces a nitritos (NO₃⁻).

3.1.2. Suelos sódicos

Tienen más del 15% de los sitios del intercambio catiónico ocupados por iones sodio (Na^+), normalmente son bajos en sales solubles. Como resultado de la combinación entre la dispersión de coloides y un pH de 8.5, de la formación de una basicidad fuerte influenciada por el ion sodio (Na^+) en la solución del suelo. Más del 15% de los cationes en la solución del suelo son sodio, porque casi ningún otro catión es adsorbido por las micelas en preferencia al sodio. Ciertamente las sales de sodio como el carbonato (Na_2CO_3) adsorben H^+ del agua y dejan los iones Na^+ y OH^- libres, produciendo una reacción fuertemente alcalina de hidróxido de sodio (NaOH) en la solución. Estos suelos tienen coloides dispersos que provocan una permeabilidad muy baja, y un pobre ó nulo crecimiento de plantas (Thompson, 1978).

3.1.3. Suelos salino-sódicos

Se distinguen por su alto contenido de sales (más de 4.10 mmhos/cm en el extracto de saturación), además de poseer un elevado porcentaje de sodio (Na^+), más del 15% en los sitios del intercambio catiónico. Generalmente tiene valores de pH entre 8.0 y 8.5, esto por la influencia represiva de las sales solubles neutras (Thompson, 1978). Las sales solubles en los suelos originan presiones osmóticas altas pero no afectan las propiedades físicas de los suelos. El que afecta directamente estas propiedades, es el sodio intercambiable y los compuestos que éste forma (Brady, 1974). Los suelos saturados con sodio se dispersan creando condiciones desfavorables a los cultivos, por su aireación deficiente y baja movilidad del agua (Reeve citado por Ramírez, 1982).

3.2 Respuestas y adaptaciones morfológicas y fisiológicas de plantas no halófitas a condiciones salinas.

La excesiva acumulación de sales se puede considerar el factor edáfico más importante, que limita la distribución de las plantas en los habitats naturales (Tal, 1985), y ha ocasionado severos problemas en la agricultura de nuestro país.

Esto se debe fundamentalmente a tres procesos principales asociados con los habitats salinos, como lo es un estrés hídrico alto, más un potencial hídrico negativo (alta presión osmótica) del medio radicular; iones tóxicos específicos asociados con un excesivo consumo de cloruro y sodio, y un desequilibrio en el balance de nutrientes causado por su exceso de sodio o cloruro conduciendo a una disminución en la adsorción de potasio, nitrógeno ó fosfato, ó bien dificulta la distribución interna de estos iones (Gorham, 1985).

A consecuencia de estas concentraciones externas de iones las glicófitas manifiestan un número de vías por las cuales deben responder con cambios morfológicos, fisiológicos ó bioquímicos para su sobrevivencia (Yeo, 1983).

3.2.1 Respuestas morfológicas.

Se ha observado que la salinidad afecta el crecimiento radicular, y un pobre crecimiento de la raíz en un ambiente salino se asocia con una deficiencia de calcio (Muhammed, 1987).

Un trabajo realizado por Weimberg (1984) con Sorghum bicolor bajo condiciones salinas, establece que el sodio es el catión monovalente predominante en la raíz (excepto cuando la relación Na/K es 1:1) mientras que en las hojas el potasio siempre excede al sodio en mayor cantidad. Las raíces crecen estimuladas por un estrés moderado causado por sales de potasio; mientras que no son afectadas significativamente por sales de sodio. A un bajo potencial osmótico (-0.4 MPa) ambos cationes comienzan a inhibir el crecimiento de la raíz, pero el grado de inhibición por las mismas concentraciones de sal, fueron mayores con potasio.

Lauchli y Wienske (citados por Greenway, 1980), trabajaron con una variedad de soya sensible a la salinidad, para observar los efectos del exceso de Cl^- y/o Na^+ en las plantas de soya. Después de someter durante 14 días las plantas de soya con una concentración externa de 10mM de NaCl , obtuvieron que el peso seco de hojas fue 35% menor que las plantas testigo (control); además encontraron que las hojas contienen solamente 10mM de Na^+ y 15mM de Cl^- estas bajas concentraciones fueron presumiblemente perjudiciales por que las raíces contienen cierta concentración de Na^+ y poco Cl^- , ya que las raíces de esta variedad muestran tolerancia a las sales.

La salinidad además de afectar el desarrollo de la raíz, también ejerce efectos adversos sobre el tallo y hojas, por lo que es importante conocer la tasa de extensión y la actividad de la superficie fotosintética pues es la clave determinante en la productividad de las plantas. El desarrollo de la lámina foliar, su tamaño y forma, depende de patrones coordinados de división y alargamiento por la constitución de células que son genéticamente controladas, pero modificadas de acuerdo a las condiciones medio ambientales (Kriedemann, 1986).

En un medio salino el crecimiento de la hoja y la respuesta fotosintética podrían variar de acuerdo al tipo de iones y esta salinidad sería tolerada a través de la exclusión inicial y la distribución subsecuente de iones vía red vascular, o la migración a través del apoplasto y ajuste osmótico (para mantener la turgencia). Kriedemann, 1986.

Por lo que una respuesta rápida de plantas glicofitas expuestas a la salinidad es que el crecimiento de las hojas es más lento, y el crecimiento de la raíz es casi siempre menos afectado que el crecimiento del tallo, mientras que la proporción raíz-tallo se incrementa. (Munns, 1986).

Las glicófitas sensibles a las sales tales como el frijol son incapaces de mitigar el estrés salino, la expansión laminar se reduce y el volumen de células en empalizada se restringe; sin embargo los tejidos fotosintéticos muestran una respuesta positiva. Wignarajah citado por Kriedemann (1986), midió cambios anatómicos en las primeras hojas trifoliadas de frijol y reportó un aumento considerable en el volumen celular del parenquima esponjoso debido a la salinización.

Al someter plantas de frijol a condiciones normales y salinas Nieman en 1965, encontró que el crecimiento en el área foliar fue primordialmente a través de un crecimiento en el número de células. El alargamiento celular en cada caso contribuyó principalmente al crecimiento en grosor, mientras que el número de células por unidad de área foliar permanece constante.

Un trabajo efectuado por Meiri en 1970, sometiendo plantas de frijol a una salinización gradual, expresó que la disminución del crecimiento se reflejó en una baja producción de materia seca con un reducido número de hojas por planta y una baja área foliar. El bajo índice de área foliar total en plantas tratadas con salinidad se debió a hojas pequeñas y a un número reducido de hojas. Y observó que los tallos y especialmente las hojas fueron afectadas más severamente por la salinidad que las raíces; de este modo la relación tallo-raíz decrece mucho. El autor concluye que una salinización gradual no inhibe completamente la expansión de la hoja.

Las plantas de sorgo por ejemplo muestran una fuerte reducción en el crecimiento foliar debido al KCl ó K₂SO₄ que corresponden a sales de Na⁺, por el contrario el crecimiento reducular mejoró por medio de una salinización con K⁺ (Kriedemann, 1986).

Así como la salinidad reduce el crecimiento, también se ve reducido el peso seco de la planta sometida a estas condiciones, como lo demuestra el trabajo realizado por Seeman y Critchey (1985) que trabajaron con frijol (Phaseolus vulgaris L.) desarrollándolo en una solución nutritiva, posteriormente expusieron grupos de plántulas a diferentes concentraciones de NaCl, obteniendo diferentes rendimientos de materia fresca y seca, esta última fue más sensible a las concentraciones de NaCl. Estos autores explican que el menor rendimiento se obtuvo en plantas que se expusieron a un exceso de NaCl.

Amzallag (1990), con un experimento en el que inducía al aumento en la tolerancia a la salinidad en Sorghum bicolor, mediante pretratamientos con NaCl, observó que las plantas a partir del octavo día mostraron una reducción en el desarrollo comparado con las plantas testigo; mientras que el peso seco fue menor al 35% que en el testigo. Sin embargo, estas plantas lograron sobrevivir a concentraciones altas, continuando su crecimiento hasta la madurez y producción de semilla.

3.2.2 Adaptaciones fisiológicas.

3.2.2.1 Mecanismos que operan en la raíz.

La conducción de NaCl hacia las ramas es facilitada por un transporte pasivo y favorecida por la transpiración. Lo que indica un acoplamiento entre el flujo total del volumen y el flujo total del soluto, durante los movimientos radiales a través de la raíz ó bien a un aumento en las fuerzas de difusión de la conducción de iones en el xilema (Yeo y Flowers, 1986).

La tasa del movimiento hídrico a través de la raíz, determinado por la transpiración tiene dos efectos importantes sobre la conducción de iones; el primero de ellos es la concentración local de la exclusión de iones en la región de la superficie radicular y en el apoplasto del cortex causado por el flujo de masa de la solución externa dentro de la raíz, lo cual incrementa el estres sal/agua experimentado por la planta; el segundo, es el paso del flujo de solutos dentro de la vía xilema, vía la endodermis inmadura y/o a través de las raíces dañadas que pueden ser afectadas, con ésto aumenta la proporción relativa de iones de sodio (Gorham, 1985).

Broyer et al., citado por Hodges (1964) a interpretado este tipo de relaciones sugiriendo que los iones de la raíz llegan pasivamente al xilema con el fluido de la transpiración. Y un ligero incremento en la transpiración serviría a la reducción del flujo de iones del xilema al tejido cortical y consecuentemente el libre transporte a los sitios para la absorción de iones externos.

Existe una extensa variación en el transporte de sales a través de las raíces, entre cultivos y entre plantas (Flowers y Yeo, 1981) por lo que la entrada excesiva de sales necesita de un ajuste osmótico.

Como lo demuestran Flowers y Yeo, (1981) al trabajar con una variedad de arroz, al salinizar el medio, encontrarón que el Na⁺ aumenta en los tallos y la concentración clorofílica del tallo disminuye, al mismo tiempo, la concentración de Na⁺ y K⁺ en la raíz declina.

Además la concentración de Na^+ en la materia seca de raíz y tallo aumentan con el nivel de salinidad. Siendo probable que la respiración de la raíz está relacionada con el daño del tallo que posiblemente lleva una reducción en el suministro de carbohidratos y no a la acumulación de Na^+ en la raíz. Concluyendo que la variación en el transporte de sales es una propiedad de las raíces necesarias para mantener la tasa de respiración y constante la concentración iónica interna. (Flowers y Yeo, 1981).

Pitman y El-Sheich (citados por Rains, 1972) sugieren cambios en la selectividad del transporte iónico en las raíces, al incrementar el estado de salinidad. Al parecer la raíz tiene una alta capacidad de conducción para los iones de K^+ que para los de Na^+ .

Se ha establecido que el estrés salino reduce el crecimiento de la planta por causa de los efectos osmóticos sobre la disponibilidad hídrica, y también por los efectos tóxicos de los iones de las sales. Además el estrés salino inhibe la conducción y transporte de nutrientes minerales como el calcio en no halófitas. El efecto del estrés salino sobre el nutriente calcio es particularmente interesante, ya que el calcio es un factor importante en la resistencia de las plantas al estrés salino. El calcio además es esencial en la selectividad de los procesos de transporte en la membrana celular. (Lynch, 1987).

Epstein, citado por Lynch, 1987 demostró que el calcio es esencial para el mantenimiento del transporte de potasio en presencia de sodio. Este autor sugiere que uno de los efectos primarios del estrés salino, es el rompimiento de la integridad de la membrana por el desplazamiento del calcio de la superficie celular por el Na^+ . Y concluye, que al incrementar las concentraciones de NaCl se ocasiona un progresivo aumento en el desplazamiento de Ca^{++} de las membranas del protoplasto en la raíz de maíz.

Se ha reportado que el flujo de K^+ y Ca^{++} en raíces de algodón se inhibe por los tratamientos de las altas concentraciones de NaCl . La protección del desarrollo radicular con Ca^{++} complementario en un estrés salino está relacionado con el mejoramiento del estado del Ca^{++} y el mantenimiento en la selectividad de K^+/Na^+ . Este efecto protectorio del Ca^{++} puede ser más significativo en tipos radicales donde las células no son vacuoladas. (Cramer, 1987).

Al Ca^{++} sólo se le ha asignado un papel en el mantenimiento de la integridad de la membrana celular, como una barrera fisiológica en la difusión libre del potencial de iones tóxicos que prevalece en un ambiente salino (Cramer, 1987).

3.2.2.2. Mecanismos que operan en el tallo

Las típicas diferencias en la sensibilidad a las sales de NaCl dentro de especies y variedades de plantas de cultivo, están relacionadas con las diferencias en la translocación del Na y Cl dentro de tallo y particularmente en hojas. Una baja concentración de Na o Cl, es regulada por la raíz aún cuando existan elevados niveles de NaCl en el sustrato. Para el Na hay evidencias de la translocación por el tallo a través de la raíz, y este flujo sólo puede contribuir a bajos niveles de Na⁺ dentro del tallo.

La composición mineral de los tallos indica que puede haber una acumulación y un desbalance iónico, lo que implica un incremento en el suministro de NaCl, y el nivel de K decrece en algunas especies e incrementa en otras. En contraste con el K, el contenido de Ca es considerablemente bajo en los tallos aún a elevados niveles de NaCl. Probablemente los iones de Na y Ca compitan mucho más por los sitios de conducción. Esta competencia puede inducir una deficiencia de Ca, y puede ser un factor importante en la toxicidad del NaCl. Una elevada conducción y concentración de Cl en el tallo podría ser directa o indirectamente responsable de la reducción en el crecimiento, o en la disminución de la conducción de otros aniones como el nitrato o por efectos osmóticos directos en regiones con elevadas concentraciones, particularmente sobre el margen de la hoja.

Las diferencias en el contenido de Na y Cl entre las especies de plantas es causada por diferencias en la tasa de conducción ion/retención dentro de la raíz y la restricción en la translocación al tallo, como se ha demostrado para el Na en frijol y maíz, y Cl en uva. Sin embargo, las diferentes tasas de conducción en varias especies de plantas en la retranslocación de Na²¹ y Cl³⁶ después de la aplicación a las hojas, demuestra que las diferencias genotípicas en la tasa de translocación de Na y Cl puede contribuir a las diferencias en el contenido final de ambos iones, en los tallos de las plantas expuestas a sustratos con NaCl. Un bajo contenido de Na y un elevado contenido de Cl en las hojas de plantas de frijol que se desarrollan en sustratos con elevadas concentraciones de NaCl, presentan diferencias en el transporte acropetalo y basipetalo de Na y Cl dentro del xilema. En especies con una baja tolerancia a las sales, hay un bajo contenido de Na en la hoja, siendo el resultado de la restricción en la translocación y flujo basipétalo (Lessani, 1978).

Munns et al. 1986, argumenta que no hay evidencias directas sobre los efectos específicos de la sal sobre el tallo, sino que las evidencias existentes son indirectas.

Una de estas evidencias es la rapidez con la cual la expansión de la hoja se restablece después del movimiento de las sales en el medio radicular. Señala que las sales no son tóxicas dentro del tallo y que sólo limitan el crecimiento, ya que la concentración de sales dentro del tallo no disminuye. Este argumento es aplicado a las células en expansión que se encuentran en el tallo debiendo existir un crecimiento celular lento, pues la rápida expansión diluiría las sales, una vez que son removidas del medio radicular (asumiendo que el suministro de sal en el floema o xilema cesa inmediatamente).

Argumentos más directos, señalan que el Na^+ y Cl^- tienen un efecto específico sobre el crecimiento celular en el tallo y es que el flujo del Na^+ y Cl^- en el tallo de cebada no cambia en proporción a las concentraciones externas de sal así como la tasa de crecimiento. Se ha encontrado que la concentración de Na^+ y Cl^- en la savia del xilema se incrementa marcadamente sólo entre 0 y 25 mol/m⁻³ de NaCl externo. Estos resultados se acoplan con la observación de que las tasas de transpiración disminuyen en plantas con una elevada salinidad, mostrando que hay poco ó ningún incremento en el flujo de sal con el incremento de la salinidad. de sal con el incremento de la salinidad.

3.2.2.3. Mecanismos que operan en la hoja

Uno de los efectos obvios del estres salino es la reducción en el crecimiento, seguido por una disminución en la producción. La duración en la exposición al estres también juega un papel importante en los procesos de recuperación ó adaptación a la salinidad (Heuer, 1989).

Así el efecto específico del NaCl puede ocurrir sobre las hojas, este efecto no necesariamente es adverso, especialmente si en las concentraciones de sal no hay un incremento constante con el tiempo, este fenómeno ocurre en muchas halófitas (Yeo, 1986). Para glicófitas Munns et al. (1986) y Delane (1982) sugieren que al tratar plantas con salinidad por periodos largos, la exposición completa de las hojas es afectada adversamente con la edad por la simple razón de que las concentraciones de sal dadas con el tiempo de exposición a la salinidad son siempre elevadas en las hojas maduras y estas mueren antes que las hojas jóvenes que también son afectadas. Una elevada concentración de sal en las hojas maduras de no-halófitas es resultado del producto del tiempo por la tasa de transpiración o en menor parte de la exclusión de iones específicos de los vasos del xilema suministrado a las hojas jóvenes.

La reducción del crecimiento es ocasionada por niveles de salinidad que pueden estar definidos por el desvío de asimilados en el mantenimiento de respiración, pudiendo servir como un criterio para la evaluación de la habilidad de la planta para responder al estrés (Schwarz, 1981).

Yeo en 1983, sugiere que la tasa de transporte de iones bajo condiciones salinas requiere de un aumento en el movimiento metabólico de iones y la demanda de energía libre va en aumento. Este aumento en la tasa de respiración y en el transporte iónico compiten por la energía.

El aumento de la respiración como una función del incremento en la salinidad no ha sido ampliamente contestada. Es posible un desequilibrio metabólico como resultado de los cambios en la relación de ATP/ADP.

Hay una tendencia a correlacionar la respiración con las relaciones energéticas en un medio salino, principalmente por el acoplamiento entre la respiración y conservación de energía (Rains, 1972)

La actividad fotosintética es el mayor factor en la determinación de crecimiento y producción de materia seca, por lo que la sensibilidad de la fotosíntesis a la salinidad en diferentes cultivos es de interés (Heuer, 1989).

Por lo tanto la reducción de la fotosíntesis en plantas estresadas resulta de la combinación de varios factores, incluyendo un aumento estomático, resistencia mesofílica y un decremento en el área foliar total, además de una reducción en la tasa de transpiración (Gorham, 1985; Kingsbury et al, 1984 y Yeo, 1983).

Los estomas como estructuras foliares de las plantas son el mecanismo por el cual se regulan en gran parte las relaciones hidrocarbónicas entre la planta y el medio aéreo, ya que a través de ellos pasa la mayor parte de CO₂ que penetra en las hojas y también por este medio se difunde la mayor parte de vapor de agua hacia la atmósfera.

Los procesos de apertura estomática tienden a permitir en general el paso del gas proporcionalmente a su diámetro en vez de su área porque el factor más importante es en realidad la circunferencia de los poros (los cuales están linealmente relacionados al diámetro), y no al área (que tiene una relación exponencial al diámetro). En los poros grandes el área es de mucha importancia pero en poros pequeños, como los estomas, la circunferencia es relativamente mucho mayor y la difusión es proporcional a la circunferencia. Este sistema es eficaz pues ofrece una resistencia a la evaporación del agua muy importante, en tanto que permite altas tasas de absorción de CO₂. Bidwell, 1979.

En los procesos de apertura y cierre de estomas, los flujos de CO₂ y de vapor de agua no ocurren en proporciones iguales en todos los genotipos, por lo que el control del movimiento estomático puede considerarse una característica muy importante con posibilidades de contribuir a lograr una mayor producción agrícola en lugares con condiciones limitantes (Mendoza, 1986).

La frecuencia estomática por unidad de área foliar puede variar entre especies, así el maíz tiene 6 047 estomas por centímetro cuadrado de área foliar en el haz y 9 922 en el envés, la calabaza 2 791 y 2 7132 en el haz y en el envés respectivamente, González 1972; por otro lado Dobrenz, citado por González, (1972) encontró que la densidad estomática varía desde 78 hasta 175 estomas por milímetro cuadrado entre 6 clones de panizo azul (*Panicum antidotale* Retz.), y además que los clones tolerantes a la sequía tiene menor densidad estomática que los clones susceptibles, aunque no encontraron relación significativa entre eficiencia del uso del agua y la densidad estomática. Sin embargo, Stocker citado por González 1972, concluye con todos los datos de diversos autores que las plantas que crecen bajo condiciones de sequía edáfica tienen mayor frecuencia estomática y menor tamaño de las células guarda y epidérmicas, con relación a las plantas que crecen en condiciones de buena humedad en el suelo. Levit citado por González 1972, encontró que la deficiencia de agua en el suelo debida a la suspensión del riego condujo a un aumento significativo en la frecuencia estomática del algodón, maíz y trigo así como una reducción del área foliar, aunque a pesar de un aumento en el número de estomas por unidad de área foliar, la turgencia total se mantuvo aún en los periodos más secos.

También existe una variación dentro de una misma especie ocasionada por factores ambientales incidentes durante el crecimiento de las plantas, así como la variación transmitida por efecto genético (Willmer, 1986). En varias especies la frecuencia estomática puede variar más del doble y el tamaño puede aumentar. Las bases genéticas de estas variaciones no están bien establecidas y al parecer dependen de las especies. Por ejemplo Dylenok et al., citados por Zeiger (1987), trabajó con líneas monosómicas de trigo y encontró un control multigenético de la frecuencia y tamaño estomático, con genes que involucran varios cromosomas. Sin embargo la frecuencia estomática en maíz parece estar bajo el control de pocos genes y en sorgo es controlado por un locus ó block de loci.

Cuando las hojas de una planta son anfiestomáticas la frecuencia estomática en la superficie abaxial generalmente excede el número de estomas en la superficie adaxial (Meidner, citado por Mendoza, 1986).

La frecuencia estomática puede variar al considerar la posición de las hojas en una planta, se ha observado que hay más estomas en las hojas superiores (aunque de menor tamaño) que en las hojas inferiores (Meidner, citado por Mendoza, 1986). En la lámina foliar, el número de estomas por unidad de área foliar varía, dependiendo de, entre otros factores, la distancia de la vaina (o pecíolo) y la distancia entre los haces vasculares mayores (Alfaro, citado por Mendoza, 1986).

Jones (1977), sugiere que los cambios en el índice estomático juegan un papel relativamente pequeño en la determinación de la frecuencia estomática.

Munns, et al. (1986) al someter plantas de cebada a un estrés salino, observó que la frecuencia estomática a lo largo de una longitud de 10 a 40 mm de la zona de elongación de crecimiento de la hoja fue cerca de 40% más grande (en promedio) en plantas que crecieron por 5 días en una concentración de 180 mM de NaCl. Esto coincide con reportes previos de un aumento en la frecuencia estomática en plantas desarrolladas bajo elevadas cantidades de NaCl, siendo la frecuencia estomática un índice del tamaño de las células epidérmicas. Encontrando un doble incremento en el número de estomas por unidad de área en hojas de cebada después de crecer en un suelo salino, bajo una concentración externa de Cl de 200 a 300 mM.

Kumar en 1984, trabajó con mostaza Brassica juncea, encontrando que la frecuencia estomática y amplitud de la apertura estomática decrece con la salinidad.

Otras observaciones indican que el cierre estomatal es una respuesta ante el aumento de la salinidad limitado por la difusión gaseosa de CO₂ dentro de la hoja. La reducción de la capacidad fotosintética de las células mesófilas en respuesta a un aumento de la salinidad causa un decremento en la tasa de asimilación. El efecto sobre los cambios en la conductancia estomática en respuesta a la salinidad puede considerarse en términos de su influencia en la tasa de evaporación relativa a la tasa de asimilación fotosintética de CO₂ (Ball, 1984).

Con respecto al papel que juegan los iones y cationes en la regulación de las reacciones físico-químicas que incluyen los procesos primarios de fotosíntesis, Dominy (1980), establece que la salinidad puede producir cambios en los procesos fotoquímicos primarios de tilacoides aumentando la concentración de NaCl de 50 mM que produce un aumento en la capacidad fotoquímica primaria del fotosistema II hasta un máximo de 200 mM, observando que la actividad decae. Estos cambios son atribuidos al cambio inducido por cationes en una tasa constante para transferir electrones entre el electrón primario donador y aceptor del fotosistema II. El NaCl para afectar la regulación de excitación entre la transferencia del complejo lumínico y los fotosistemas I y II, resulta un cambio en las densidades de excitación con los dos fotosistemas.

Es difícil determinar los mecanismos por los que el NaCl afecta el funcionamiento del aparato fotoquímico, además los tilacoides son sensibles a los cambios en la concentración de cationes. El mayor efecto del NaCl en la distribución de la excitación es sobre un cambio en el grado de energía acoplada entre el complejo luminoso y los fotosistemas I y II, ya que se inducen cambios osmóticos que afectan la transferencia entre fotosistemas II y I; esto parece ser el mayor factor que determina el efecto de NaCl en la función de los tilacoides es la concentración de Na. (Dominy, 1980).

Yeo en 1985, propone que el efecto de NaCl de las hojas de arroz podría ser osmótico ó iónico. Ya que la concentración de Na en el tejido causa una reducción del 50% de la fotosíntesis neta, en una concentración de 120 mol m^{-3} de NaCl sobre las bases hídricas del tejido, si las sales fueran distribuidas uniformemente. Una explicación alterna es que los efectos del NaCl en la hoja son principalmente osmóticos, porque el déficit hídrico particularmente en la hoja se presenta como una resistencia de toda la planta a consecuencia del incremento de la carga salina del apoplasto y ocurre siempre que la tasa de llegada de NaCl en el xilema sea más alta que la tasa de acumulación de estos iones dentro de las células de la hoja. La inhibición de la fotosíntesis neta en arroz por la salinidad es debida a un déficit en las células de la hoja por la acumulación de sal en el apoplasto.

a) Comportamiento osmótico.

Elevadas concentraciones de NaCl pueden reducir el crecimiento por un déficit hídrico o un exceso de iones, por lo que en algunas plantas glicófitas ocurre el ajuste osmótico como una respuesta fundamental de las células, las cuales son expuestas a la salinidad y es necesario para la sobrevivencia y el crecimiento bajo condiciones salinas. El ajuste osmótico en respuesta a la salinidad es el resultado de la acumulación de solutos que ocurre a través de la toma de solutos y/o a la síntesis de compuestos orgánicos. La identificación de los solutos, los cuales se acumulan en respuesta a la salinidad es una medida inicial hacia el esclarecimiento de los mecanismos bioquímicos y fisiológicos, los cuales son responsables de la regulación del ajuste osmótico. (Binzel, 1987).

Las típicas halófitas utilizan el Na y Cl como principal elemento en el ajuste osmótico, si bien los solutos orgánicos aparentemente tienen un papel importante en el balance de la presión osmótica del citoplasma con la vacuola, dentro de la cual mucho del Na y Cl idealmente es compartamentalizado. En respuesta a niveles moderados de salinidad, algunas plantas glicófitas muestran la exclusión de Na y Cl como un mecanismo de tolerancia, usando en lugar de la síntesis la acumulación de compuestos orgánicos para el ajuste osmótico (Binzel, 1987; Yeo, 1986 y Yeo 1983).

Otros métodos para mantener la turgencia son el decremento en el contenido hídrico, decremento en el volumen celular, cambios en la elasticidad de la pared celular y aumentó en la conductividad hidráulica y la vía hídrica no requiriendo solutos adicionales. El ajuste osmótico generalmente implica una resistencia para el crecimiento, este es inhibido mientras que los solutos (orgánicos e inorgánicos) acumulados para un nuevo estado casi firme, permiten la reanudación del crecimiento. Esta secuencia tiene dos facetas; la creación de un potencial osmótico y su mantenimiento (Yeo, 1983).

Dentro de los compuestos orgánicos se conocen la glicilbetaina, sacarosa y la prolina, esta última se acumula en plantas glicófitas y halófitas sujetas a estres salino. Los contenidos de prolina son altos en hojas de plantas crecidas en medios salinos con sales de potasio. Las hojas de las plantas expuestas a una salinidad sodica contienen menos prolina.

Las cantidades de cationes monovalentes acumulados en las hojas son afectados en forma diferente por la composición del medio. Los niveles de K aumentan como una respuesta a un aumento en los niveles de K en el medio y aumento en el estres del medio. (Weimberg, 1982).

La aparición de la acumulación de prolina en las hojas, está relacionada con el ajuste osmótico y las concentraciones de KCl del medio. La prolina se acumula en las hojas hasta que las plantas son sujetas a estres y unicamente si la salinidad se debe a KCl. La función de la prolina en el crecimiento de Sorghum bajo condiciones salinas es la osmorregulación. (Weimberg, 1982).

Weimberg, et al (1982), establece que en el caso de Sorghum bicolor, la cantidad de cationes monovalentes en las hojas de la planta, está en función del potencial osmótico y la concentración de K⁺ en el medio de crecimiento. Las plantas tienen mecanismos de exclusión del Na⁺ que mantiene los niveles de Na⁺ en las hojas. Así, el ajuste osmótico en las hojas se debe al K⁺. La prolina no empieza a acumularse en las hojas hasta que la concentración total de cationes monovalentes en hojas es de aproximadamente 200 mol/g de peso fresco. Acerca de esta entrada, los contenidos de prolina y cationes monovalentes en hojas aumenta con un incremento en la salinidad del medio. La proporción de prolina a cationes monovalentes es del 5% de la cantidad de cationes monovalentes en exceso de la concentración que entra. Si los cationes son localizados en las vacuolas y se acumula prolina en el citoplasma, entonces la cantidad de prolina acumulada es suficiente para actuar como un balance osmótico a través del tonoplasto. Poca prolina se acumula en las raíces porque su contenido en los tejidos contiene mucho menos cationes monovalentes que en las hojas de las mismas plantas.

En espinaca (Spinacea oleracea), como en otras quenopodiaceas se ha encontrado una fuerte correlación entre la osmolaridad de la savia y la concentración de glicilbetaina en el tejido, pudiendo ser una contribución a la osmorregulación citoplasmática. Coughlan, 1980.

Mientras que McCree (1986), sugiere que la síntesis de moléculas orgánicas como la prolina o betanina sólo representan una carga adicional metabólica sobre la planta. Cuando los azúcares son usados para el ajuste osmótico, estos pueden hacerse inaprovechables para la síntesis de biomasa. Mientras que Shobert citado por Coughlan (1980), refiere que la prolina no es un agente osmótico pero actúa como un agente protector en la deshidratación del tejido.

b) Crecimiento de la hoja y tallos.

La respuesta de las plantas a las sales es compleja, ya que varía con la concentración de sales, el tipo de iones, factores medio ambientales y el estado de desarrollo de la planta. La inhibición en el crecimiento es un efecto típico de las sales a concentraciones que no causan toxicidad específica. La tolerancia a las sales es contrastada en términos de crecimiento absoluto o relativo a la producción. Un crecimiento relativo o producción puede ser usado para expresar la estabilidad de función, los criterios absoluto y relativo pueden tener importancia económica.

Los procesos clave que pueden ser esenciales para determinar el crecimiento de la planta y su producción bajo estrés salino se ha revisado ampliamente:

1) Regiones de crecimiento.

Los estudios de la respuesta de las regiones de crecimiento son limitados. Los resultados de Munns et al, con cebada y Taliesnik-Gertel et al, con tomate citados por Tal (1985), indican que la causa primaria de reducción en el crecimiento de ramas bajo condiciones salinas de NaCl esta localizada en los tejidos de crecimiento y no en los tejidos fotosintéticos de la hoja. La inhibición por sales de división celular o del alargamiento en las regiones de crecimiento pueden ser directas o indirectas. Las sales pueden afectar indirectamente el crecimiento por decremento en la cantidad de fotosintetatos, agua o factores que alcanzan la región de crecimiento. La cantidad de fotosintetatos que llega a la región de crecimiento puede disminuir por la inhibición de fotosíntesis debido al cierre de estomas o por efectos directos de sal en los aparatos fotosintéticos. En suma, el transporte de fotosintetatos por el floema puede ser inhibido. Los déficits de agua en la región de crecimiento puede ocurrir por insuficiencia en el ajuste osmótico o aumento en la resistencia al flujo de agua.

Los resultados con cebada indican que la inhibición de crecimiento implica tasas de déficit hídrico que son efectos adversos de iones en el metabolismo. Maas y Nieman citados por Tal, (1985), indican que los iones pueden dañar el crecimiento celular indirectamente, por privarla de sustancias esenciales o condiciones. Leopold y Willing, citados por el mismo autor listan varios síntomas del daño por sales que pueden resultar del daño a la membrana por los iones. Las sales afectan el volumen celular y nuclear, inducen endopoliploidia, que puede ser un aspecto normal de diferenciación en organismos multicelulares e inhibición o estimulación en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas. Es importante determinar que la ultraestructura citológica y cambios metabólicos observados son efectos generales de sales, síntomas de daño ó respuesta adaptativa.

- 2) Mantenimiento en el balance de energía y costo. Una de las explicaciones más aceptadas para explicar la inhibición en el crecimiento es la desviación de energía para mantener el crecimiento. La regulación de concentraciones de iones en varios órganos y dentro de las células, la síntesis de solutos orgánicos para la osmorregulación ó para la protección de macromoléculas, y el mantenimiento de la integridad de la membrana. Yeo citado por Tal (1985), indica que los métodos halofíticos de osmorregulación, son la acumulación y compartamentación de iones inorgánicos en la vacuola y de compuestos orgánicos en el citoplasma, es energeticamente más eficiente que la osmorregulación por solutos orgánicos. Una baja permeabilidad del tonoplasto, mejor que una actividad iónica de la bomba, propuesta como un mecanismo energeticamente inexpensivo para mantener un gradiente en la concentración iónica entre la vacuola y el citoplasma en halófitas. Adicionalmente, las ventajas de las halófitas sobre la gran escala de métodos orgánicos de osmorregulación se presentan por Epstein (citado por Tal, 1985): a) los iones son aprovechados y su absorción no requiere de mecanismos especializados; b) el transporte iónico a las ramas en la transpiración fluye; c) la utilización de iones puede ser usado para el crecimiento y aprovechados en su transporte vía floema hacia las ramas para la osmorregulación en la raíz como un proceso de demanda en términos de energía metabólica.
- 3) Membrana. Las membranas son las estructuras más importantes en la planta para la regulación en el contenido iónico de las células, el análisis de la estructura de membrana y su función es una parte importante del estudio de los mecanismos de tolerancia a las sales.
- 4) Regulación del contenido iónico. La regulación de el transporte y distribución de iones en varios órganos de la planta y en las células son un componente esencial de los mecanismos de tolerancia a las sales.
- 5) Osmorregulación y protección de macromoléculas. La osmorregulación asegura el mantenimiento de la turgencia adecuada en la célula. Los compuestos orgánicos que se acumulan en el citoplasma pueden funcionar osmoticamente y dan protección en la conformación de macromoléculas en cambios iónicos medioambientales (Tal, 1985).

Por otro lado, la expansión celular en el desarrollo de la hoja primordial y la expansión de las hojas depende de la continua acumulación de iones y solutos orgánicos en el mantenimiento positivo de turgencia en las células, el relajamiento de la pared celular permite la expansión de la turgencia, y un continuo influjo hídrico a lo largo del gradiente del potencial hídrico así creado.

Con una pérdida severa del régimen hídrico durante el estrés, en las regiones de elongación de las hojas de trigo se encontró un ajuste osmótico por la acumulación de azúcares, principalmente glucosa, mientras que en el estrés salino en plantas de cebada con Cl^- y cationes (Na^+ y K^+) se acumularon junto con azúcares para justificar el ajuste en las regiones de elongación. Es notable que el aminoácido prolina se acumula en una concentración alta sólo cuando el crecimiento es retardado severamente por el estrés salino. A pesar de la acumulación de iones y solutos orgánicos consecuentemente el ajuste osmótico en regiones meristemáticas y de expansión del tallo, el crecimiento de la hoja es inhibido por el estrés salino. Hay varias explicaciones posibles para esto: el costo metabólico del ajuste osmótico puede ser considerablemente elevado comparado con los procesos de crecimiento; el ajuste osmótico puede no ser suficientemente rápido o completo en una adecuada compensación para el crecimiento y un estrés inducido bajo una turgencia, la acumulación de iones y solutos puede tener efectos metabólicos adversos (Aspinall, 1986).

Los componentes del potencial hídrico y ajuste osmótico pueden estar influenciados por la edad de la hoja. Las células de las hojas jóvenes aumentan su volumen mucho más rápido que el tejido maduro. Bajo condiciones salinas la tasa de acumulación de solutos puede no tener lugar en el cambio de volumen, resultando una carencia en el ajuste osmótico y una baja turgencia. La turgencia es esencial para el alargamiento máximo de la célula en tejidos de crecimiento así, si los tejidos de una planta bajo condiciones salinas no se ajustan osmóticamente, el crecimiento puede ser reducido. El decrecimiento en el potencial osmótico del medio causa una reducción en el área foliar más que en el peso. La reducción en la transpiración puede inducir a un aumento proporcional entre el medio foliar y radicular, que puede ser compatible con una baja tasa de flujo. El aumento en la concentración de sales en el medio radicular provoca una reducción en la difusión estomática y posiblemente en la apertura. Probablemente causado por un pequeño ajuste osmótico en las células guarda en comparación con otras células de la hoja. El resultado en el cierre estomático es una reducción lineal en la transpiración (Hoffman, 1980).

- c) Efecto de las sales en las diferentes etapas de crecimiento.

Las altas concentraciones de sales inorgánicas en el medio de crecimiento retardan el desarrollo de muchas plantas, dependiente de la naturaleza de las sales presentes, el estado de crecimiento y la tolerancia a las sales o mecanismos de evitación en los tejidos de la planta. Los mecanismos por los que varias sales reducen el desarrollo de la planta no está claro y puede ser distinta tolerancia a las sales.

Se a reportado que los iones de Cl⁻ son responsables de la inhibición en la germinación de semillas de la variedad de trigo "Jowar" y en la germinación de la semilla de zacate salado (Sporobolus airoides) una planta altamente tolerante, (Mozafar, 1986).

Mientras que Redwann (citado por Mozarfar, 1986), señala que no hay una clara separación de los efectos de cationes y aniones, por lo que es posible que el efecto de las sales en la germinación de la alfalfa dependa de una combinación de aniones y cationes.

Existen plantas sensibles a la salinidad durante la germinación, como sucede con la remolacha que es relativamente tolerante a las sales; sin embargo en el estado de germinación es sensible a la salinidad (Marchner, 1981).

También se presentan, plantas resistentes a la salinidad durante la etapa de germinación, como es el caso del arroz que germina bajo condiciones de salinidad, pero en el estado de plántula es más sensible a las sales que pueden ser en ocasiones letales (Yeo, 1985 y Muhamed, 1987).

Sinhua et al, (1982), midió los efectos de las tensiones osmóticas salinas y alcalinas durante la germinación de las semillas de tres gramíneas (Sorghum halopenses, Panicum miliare y Diplachne fusca) y obtuvo que la germinación de las semillas de las gramíneas muestran retraso y algunas semillas no germinan por las condiciones estresantes, mientras que Sorghum halopense muestra una mayor resistencia a estas condiciones.

El sorgo es considerablemente más tolerante a las sales en el estado de germinación que en estados posteriores de crecimiento. Puesto que el crecimiento vegetativo del sorgo es sensible a la salinidad, sus componentes como son número de hojas, área foliar y materia seca llegan a reducirse cuando crece en concentraciones de NaCl, (Yang, 1990; Francois et al, 1984; Taylor, 1975).

3.3. Respuestas de diferentes genotipos resistentes a las sales.

Hay muchas plantas que crecen en ambientes que se consideran desfavorables. En consecuencia ellas presentan numerosas adaptaciones, algunas de las cuales son únicas en el mundo biológico. Investigaciones sobre los mecanismos de respuesta muestran que son específicos los procesos afectados, implicando vías que conducen a la adaptación de las plantas a ambientes adversas, que se seleccionan los caracteres deseables, la cantidad de variación genética de estos caracteres y los procedimientos de selección para genotipos son muy importantes. La identificación de los caracteres deseables es esencial para el buen éxito en el uso de la diversidad genética en la selección de los tipos de planta. En suma, el germoplasma disponible es un recurso en la necesidad de la diversidad para aumentar la colección de genotipos silvestres. Finalmente existe una necesidad de controlar las investigaciones ambientales combinadas con pruebas de campo para la identificación de factores que puedan ser importantes (Boyer, 1982).

La ciencia de la genética ofrece la posibilidad del desarrollo de cultivos sal-tolerante, lo cual en conjunto con la manipulación del ambiente, puede beneficiar la producción agrícola en regiones salinas. De este modo con una sencilla estrategia, el desarrollo de cultivos sal tolerantes, puede conducir a una gran variedad de beneficios.

Epstein (1980) señala que la tolerancia del jitomate al sulfato de sodio "puede ser posible y deseable con la selección y reproducción de plantas tolerantes a condiciones salinas", añade además, que el control genético del transporte de iones minerales y la tolerancia de las plantas a las sales con especial referencia a la "producción de plantas de importancia económica mas tolerantes a la sal, se presenta hoy en día en las especies cultivadas".

La existencia de variabilidad genética es un prerrequisito para trabajos de reproducción. Puesto que la mejora de la mayor parte de las especies cosechadas toma lugar fuera de sus áreas nativas o bajo condiciones favorables, sus conjuntos genéticos pueden enriquecerse por la selección de mutantes en cultivos de células, por mutagénesis convencional o por la introducción de genes de especies silvestres (Tal, 1985).

Es importante señalar que en algunas especies la variabilidad en la tolerancia a la sal pueda ser inadecuada. En cada caso puede ser posible encontrar especies silvestres sal-tolerantes y usarlas como el origen del germoplasma. Por ejemplo, la cebada (Hordeum vulgare) es el grano con mayor tolerancia a las sales que crece en una gran escala. La nativa tolerancia a la sal de estas especies se ha reconocido por siglos Hordeum vulgare es ampliamente usada en campos salinos recientemente recuperados. Además, en cebada, la variabilidad de la tolerancia a la sal dentro de las especies es grande y hay una enorme diversidad en la colección mundial de genotipos por lo que la selección bajo un estrés salino después de cada cruce mantiene un prometedor grado de tolerancia a la sal. En el cultivo de origen comercial la población no sobrevive el 70% en condiciones salinas, mientras que las razas seleccionadas sobreviven, florecen y dan fruto. Esto demuestra la flexibilidad de la transferencia de la tolerancia a la sal de especies silvestres a una especie comercial (Epstein, 1980).

3.4 Características del sorgo.

El grano de sorgo tiene aplicación tanto en la nutrición humana, como en la alimentación de los animales, el tallo y el follaje de la planta se utiliza como forraje verde picado, heno, ensilaje y pastura (House, 1982).

Su uso en la alimentación humana es restringido por su bajo valor biológico, provocado por compuestos polifenólicos (taninos) que interaccionan con la proteína haciéndola menos disponible, aunque en continentes como Africa y Asia, se utiliza en la dieta humana. Existen variedades comerciales de sorgo, con contenidos altos y bajos en taninos. Los que presentan alto contenido en taninos ocasionan problemas digestivos en los animales monogástricos, provocando una disminución de disponibilidad de proteínas asimilables, debido a que se forman complejos táninos con enzimas digestivas tales como la tripsina, alfa-amilasa y lipasa (Torre, 1983).

Actualmente el grano de sorgo se emplea en algunas partes del mundo para elaborar productos tales como panes, bebidas, botanas, pastas, galletas, harinas, entre otros. En Etiopía y Sudan se prepara un producto llamado Torta Chata, en donde el grano de sorgo puede ser tostado, frito o hervido entero. En Nigeria se preparan alimentos tales como: Tuwo, que es una mezcla de harina de sorgo y agua caliente, Akamu que es una mezcla de harina de sorgo y agua fría, Kunu que es una mezcla de harina de sorgo y agua caliente dándole sabor con potasa o tamarindo, Koko es una mezcla de harina de sorgo y agua fría que se homogeniza y filtra, el filtrado es hervido y volcado en capas (Torre, 1983).

3.4.1 Importancia del sorgo en la alimentación en México

En lo que se refiere a México el incremento de la superficie de cultivo de sorgo ha sido consecuencia del aumento de la demanda interna por su uso en la preparación de alimentos balanceados, y en general en la industria agropecuaria, en donde ha desplazado al maíz de la alimentación animal, lo cual ha permitido que mayores volúmenes de maíz se destinen al consumo humano.

En México el grano de sorgo se emplea para la elaboración de alimentos concentrados para el ganado y la avicultura, El sorgo también se emplea en la elaboración de almidón para adhesivos, aceites comestibles, jarabes, gluten, malta para la industria cervecera y alcohol industrial (Vega, 1983).

3.4.2 Distribución

El sorgo se extiende en forma continua desde Etiopía a lo largo del Nilo hacia el cercano Oriente. Su distribución sugiere que el Sorghum bicolor se introdujo a China probablemente desde la India, alrededor del tercer siglo D.C.. En cuanto a América, el conocimiento del sorgo es relativamente nuevo. Se introdujo por primera vez a los Estados Unidos de Norteamérica en 1857, y se utiliza extensamente para producir jarabe a principio de los años 1900 (House, 1982). El sorgo fue introducido a México en 1944 por la Oficina de Estudios Especiales de la S.A.G., utilizando variedades traídas de los Estados Unidos para sustituir a otros cultivos con rendimientos deficientes que no prosperaban en áreas con precipitación

errática o escasa. Los trabajos de mejoramiento genético, así como el estudio de las condiciones óptimas para su cultivo se concentra en la zona del Bajío y es ahí donde se seleccionaron variedades de polinización libre y que contribuyen al conocimiento del cultivo para el sector agrícola.

En 1956, la investigación se enfocó a la formación de híbridos regionales de sorgo, contando actualmente con 480 sorgos híbridos experimentales. La evaluación de estos híbridos en comparación con variedades comerciales producidas por empresas particulares, permitió en 1972 la liberación de los primeros 6 sorgos híbridos mexicanos, y en 1975 la selección de otro grupo de 29 híbridos para las diferentes zonas templadas, cálida húmedas y cálida secas del país, en donde se cultiva este cereal. La producción de sorgo en México a tenido un incremento acelerado debido al alto rendimiento del cultivo que se ha obtenido en comparación al rendimiento del cultivo de maíz.

El cultivo de sorgo para grano ha tenido un desarrollo importante en México en los últimos años, ya que en 1960 la superficie sembrada con sorgo fue de 116 mil hectáreas y en 1980 fue de 1 578 629 Ha., de manera que ocupa el tercer lugar en superficie de siembra, después del maíz y frijol. Los estados de Tamaulipas, Guanajuato, Jalisco, Sinaloa, Michoacán, Nuevo León, Morelos y Nayarit son los más importantes tanto en superficie de siembra como en producción de sorgo (Vega, 1983). En cuanto al mejoramiento genético el enfoque primordial ha sido la formación de sorgos híbridos y variedades de buena adaptación a las diferentes condiciones ecológicas de nuestro país, por ejemplo, mayor producción de grano, mejor calidad, resistencia a la sequía, resistencia a la salinidad, a la altitud, etc.

3.4.3 Composición bromatológica del sorgo.

Proteínas y aminoácidos.

El contenido de proteína es afectado principalmente por el ambiente y por la variedad. La calidad de la proteína del sorgo está limitada por el bajo contenido de lisina, lo cuál es debido a un alto contenido de prolamina (karifina) en el endospermo. Considerando la composición de los aminoácidos esenciales en el grano de sorgo, el contenido de lisina es deficiente y hay un exceso de leucina. La proporción de metionina es baja, pero el contenido de cisteína es normal.

Albúmina.

Las albúminas son solubles en agua. Se encuentran distribuidas en todo el grano, pero principalmente en la capa superior del endospermo llamado aleurona. Esta proteína posee un alto contenido de lisina, ácido aspártico, treonina, prolina, metionina, isoleucina, teniendo el maíz menor contenido de lisina y metionina. Las albúminas y globulinas son las proteínas que por su balance de aminoácidos tienen el mayor valor nutritivo, tanto en el sorgo como en el maíz.

Lípidos.

Las grasas en el sorgo se encuentran distribuidas en el pericarpio, aleurona y germen con un total del 3.5%. Pero sólo en el germen se encuentran más del 79% del total de grasas, los ácidos grasos están constituidos principalmente por linoléico, decico, palmitico, estearico y ácido linoléico.

Carbohidratos.

El 80% del peso seco del grano está constituido por almidón, celulosa, azúcares simples y pentosas. El almidón contiene el 20-30% de amilosa y del 70-80% de amilopectina. Como azúcares se encuentran la glucosa, fructosa, sacarosa y trazas de rafinosa. Las pentosas representan un 2.6-5.2% del peso del grano.

Minerales.

La existencia de minerales está sujeta a condiciones de temperatura, fertilizantes, variedad de sorgo, lluvia y sol. Fósforo, magnesio, potasio y silice son los minerales que en mayor porcentaje se encuentran en el sorgo. También pero en pequeñas cantidades están el Ca y Na.

Vitaminas.

La riboflavina, niacina, ácido pantoténico, biotina y piridoxina son las principales vitaminas que se encuentran en el sorgo. Siendo en el germen y en la aleurona donde se encuentran la mayor parte de ellos.

3.4.4 Características agronómicas

El cultivo del sorgo presenta algunas ventajas comparado con otros cereales, dentro de las cuales destacan principalmente la resistencia a condiciones estresantes como a la sequía (House, 1982) y salinidad (Hughes 1966; Fregoso 1982; Francois 1984 y Broadbent, 1988) a insectos y su alto rendimiento y adaptabilidad, en base a estas características su siembra se ha incrementado notablemente desplazando cultivos tradicionales como el maíz (Torre, 1983).

3.4.5 Potencial de rendimiento

El sorgo tiene un potencial de rendimiento alto, comparable al del arroz, trigo o maíz. En condiciones de campo los rendimientos pueden llegar a superar los 11 mil/kgs/Ha con rendimientos promedio buenos que fluctúan entre 7000 y 9000 kg/Ha, cuando la humedad no es un factor limitante (House, 1982).

3.4.6 Adaptabilidad

El cultivo de sorgo se adapta a climas muy variados y únicamente necesita de 90 a 140 días para madurar. Los rendimientos más altos tienen normalmente variedades que maduran entre 100 y 129 días. Estos sorgos para grano usualmente tienen una relación de grano a paja de 1:1. Las variedades que maduran más temprano, pueden no rendir lo mismo a causa de su período de crecimiento más corto, en contraposición a las variedades tardías que tienden a producir follaje y menos grano.

I V . D E S C R I P C I O N D E L A Z O N A D E E S T U D I O

4.1 Breve historia de la formación de los suelos del Ex-Lago de Texcoco.

En el caso específico de los suelos del Ex-Lago de Texcoco, el principal factor que ha influido en la salinización de los suelos es el hecho de haber sido una cuenca cerrada, en donde no existía salida de las aguas almacenadas. Por otra parte, el manto freático presenta altos contenidos de sales y se localiza a poca profundidad, lo cual unido a que la evaporación es mucho mayor que la precipitación, y fomenta el ascenso de sales por capilaridad y las concentraciones en la superficie. La presencia de altos contenidos de sodio posiblemente se debe a una reducción biológica del material orgánico de la zona forestal del este del Ex-Lago de Texcoco y que fue acarreado por los ríos del oriente hacia el lecho del Ex-Lago (Ureña, 1975).

4.2 Situación geográfica

El área donde se ubica el Ex-Lago de Texcoco, se encuentra dentro del Valle de México y ocupa la parte sur de la Meseta Central de la República Mexicana en una planicie cuya altitud media es de 2200 msnm. (fig. 1).

El área queda comprendida dentro de las siguientes coordenadas geográficas: latitud norte 19°22' y 19°17'; longitud oeste de Greenwich 98°54' y 99° 03'.

4.3. Clima

La determinación del clima según Koppen y las modificaciones de García (1968), resulta ser: BS1Kw(w) (1'), semiseco con verano fresco (temperatura del mes más caliente, inferior a 18°C y lluvioso, e invierno con un total de lluvia menor del 5% del total anual.

4.3.1 Precipitación

En la zona se define un periodo lluvioso de seis meses que comprenden de mayo a octubre y un periodo seco de noviembre a abril.

Periodo lluvioso (6 meses) 530.1 mm 87.8%

Periodo seco (6 meses) 73.4 mm 12.2%
603.5 mm 100.0%

En general, la precipitación se presenta de manera irregular y de tipo torrencial, siendo julio el mes más lluvioso y febrero el de mínima precipitación.

4.4 Suelos

Las texturas de estos suelos varían de media a pesada, con drenaje interno deficiente y un nivel freático alto. Las sales que predominan son los cloruros, carbonatos y bicarbonatos de sodio, las cuales se presentan en altas concentraciones en todo el perfil (S.R.H., 1971).

4.5 Vegetación

Las principales comunidades vegetales que se encuentran en esta zona son:

Pastizal de Distichlis spicata (zacate salado)

Pastizal de Eragrostis obtusiflora
(zacahuistle)

Suaeda nigra (romerillo)

Agrupaciones de Schinus molle (pirul)

Casuarina equisetifolia

Tamarix junioaporina (bungo)

El pasto salado constituye la comunidad más extendida, presentándose como un anillo que rodea la porción central desnuda del Lago. La comunidad de romerito está distribuida en menor número y el de zacahuistle únicamente se presenta en pequeños manchones (Prada, 1975).

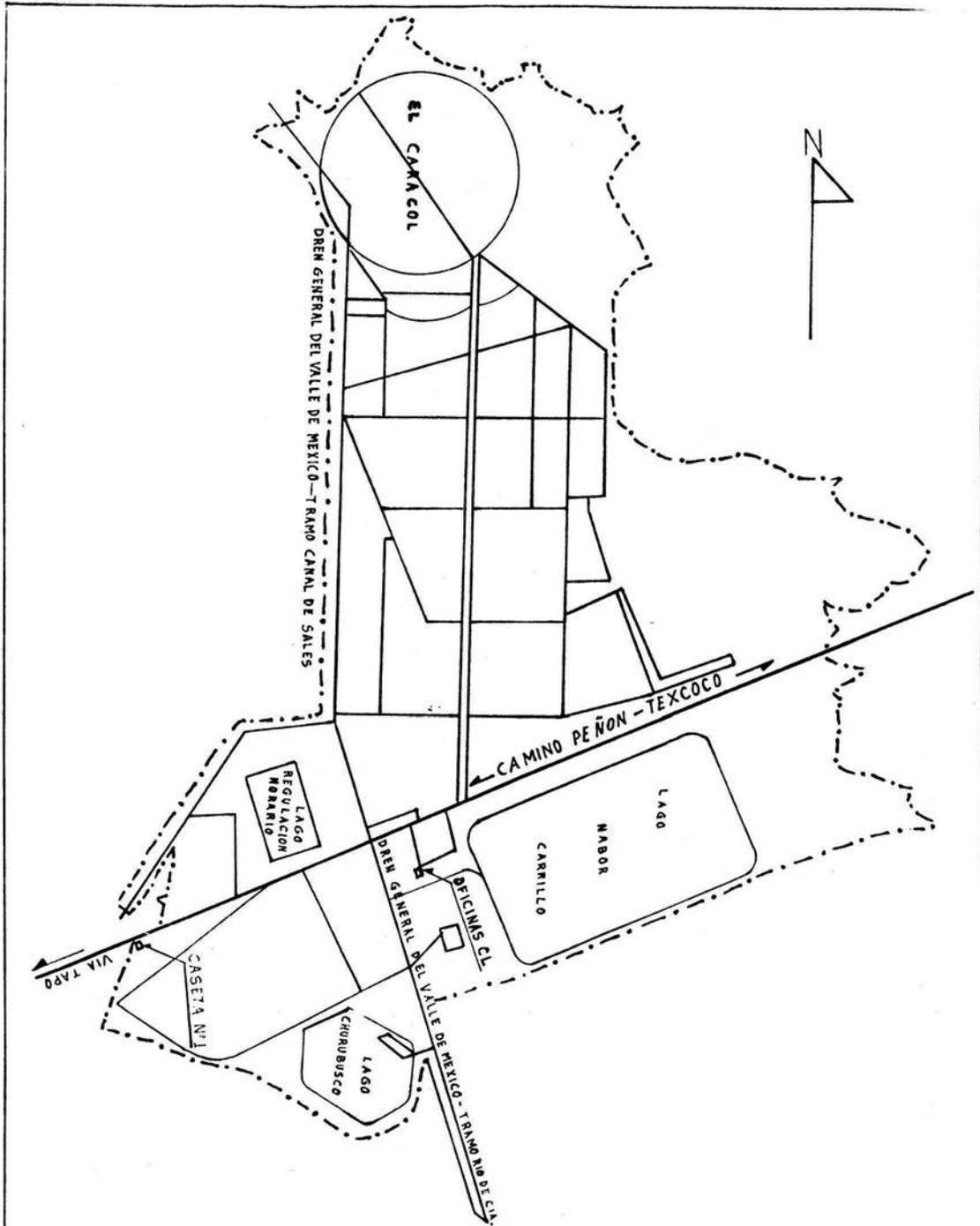


FIG. 1.- Mapa de Ex-Lago de Texcoco.

4.6 Ubicación de la zona de trabajo

El presente trabajo se realizó en el Ex-Lago de Texcoco, en la Zona denominada Potrero de Oriente Sección "E". Los sitios experimentales fueron tres, contando cada uno con una superficie de 775 m². Cada sitio constó de 12 parcelas (unidades experimentales). Cada unidad experimental estuvo formada por parcelas con un área de 50 m² con 7 surcos. (fig. 2a).

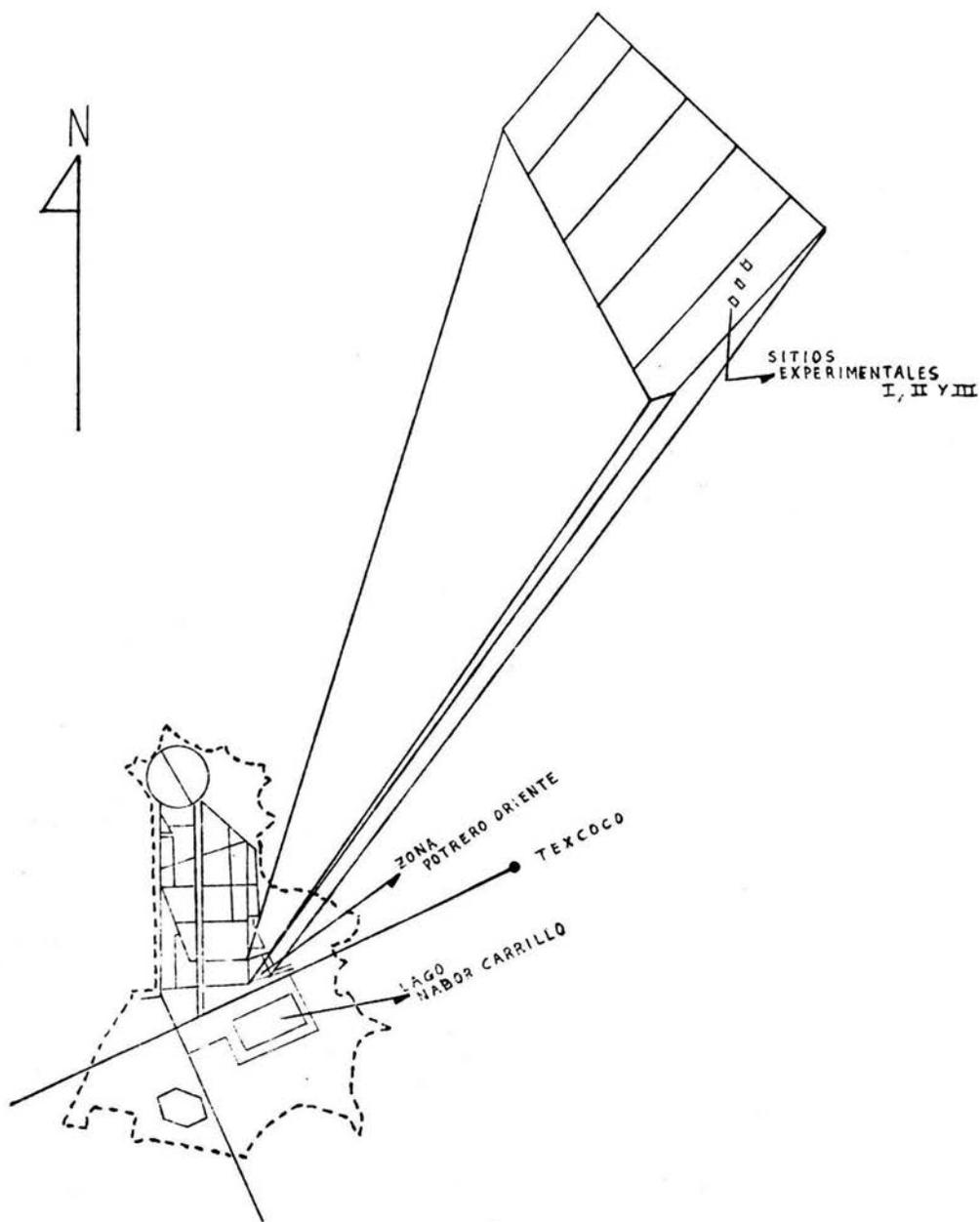
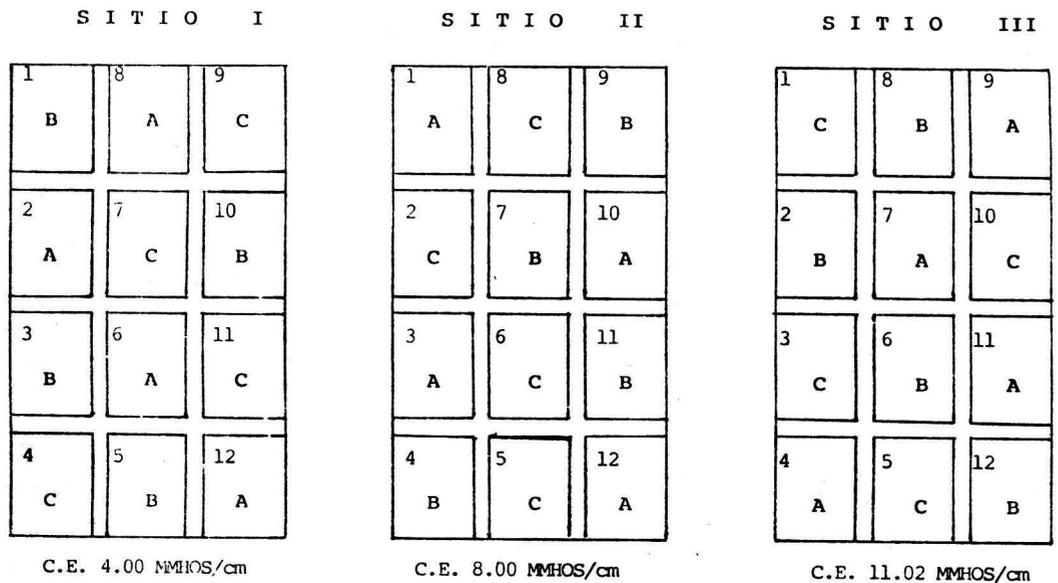


FIG. 2.- Donde se señala la ubicación de la zona Potrero Oriente y los sitios experimentales I, II, III.



V A R I E D A D E S D E S O R G O

A = VALLES ALTOS-110
 B = TEC - 84
 C = H - 220

FIG. 2A.- Diagrama que muestra el arreglo de las parcelas en cada sitio experimental, así como la distribución de las tres variedades de sorgo y la conductividad eléctrica (C.E.) a una profundidad de 0 - 30 cm.

V. MATERIALES Y METODOS.

5.1 Diseño experimental

El factor que se tomó en consideración en el presente trabajo fue el nivel de salinidad existente en el área de trabajo, 4.00, 8.00 y 11.02 mmhos/cm tomando como base a la conductividad eléctrica y se consideró la respuesta fenológica y fisiológica que tuvieron las tres variedades de sorgo, Valles Altos 110 (VA-110), TEC-84 y H-220, que se sometieron a estas condiciones.

Para dicho efecto el acomodo de los tratamientos fue de la manera mostrada en la figura 2a.

Se empleo el diseño estadístico de bloques completamente al azar con arreglo factorial de 3 X 3, un factor fue la salinidad.

El otro factor fue el cultivo de sorgo Sorghum bicolor utilizando tres variedades diferentes; Valles Altos, VA-110; TEC-84 y H-220.

Los sitios experimentales fueron tres, contando cada uno con una superficie de 775 m². Cada sitio constó de 12 parcelas comprendiendo un área de 50 m² con 7 surcos. Para los muestreos de las plantas de sorgo se consideraron los surcos centrales pues los laterales ofrecen efecto de orilla. Cada unidad experimental constó de 4 repeticiones en cada nivel de salinidad.

5.2 Siembra

El trabajo se inició con la delimitación de los sitios experimentales en la Sección "E" de la zona denominada Potrero Oriente. Antes del inicio de la siembra del cultivo de sorgo se llevó a cabo la preparación del terreno que consistió en barbecho para roturar el terreno; rastreo para mullir los terrones y homogenizar el suelo; nivelación para evitar encharcamientos y preparación de los surcos. Para alcanzar los objetivos planteados del trabajo no se fertilizó el suelo.

Una vez terminadas las labores de preparación del terreno se continuó con el establecimiento de la siembra del sorgo.

5.2.1 Densidad de siembra

Debido a las condiciones adversas de salinidad para la germinación de la semilla del cultivo de sorgo, la dosis se elevó (Fregoso, 1982).

Se utilizaron semillas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.Muuns, de las siguientes variedades; VA-110 siendo una variedad recomendada por la SARH para altitudes de 2000 msnm, y utilizando una densidad de siembra de 12 kg/Ha (Romo 1982, SARH,1985). TEC-84 siendo una variedad experimental, que además de crecer en altitudes de 2000 msnm, soporta rangos de salinidad, la densidad de siembra fue de 16 kg/Ha (Mendoza, 1991). Y la variedad H-220 recomendada por "Casa Bernstein" para su cultivo en los valles altos y utilizando una densidad de siembra de 16 kg/Ha (Casa Bernstein, 1991).

Según Solano 1991, el aumento fue de un 40% para la variedad Valles Altos 110, 45% para TEC-84 y 50% para H-220. Resultando una densidad de siembra de 16 Kg/Ha para VA-110, 23.20 Kg/Ha para TEC-84 y para H-220 24 Kg/Ha.

5.2.2 Epoca de siembra

El experimento se llevó a cabo en el ciclo agrícola primavera verano sobre un suelo salino-sódico de textura franco arenosa. La siembra se efectuó el 17 de mayo de 1991, pero a consecuencia de falta de riego, las plántulas que emergieron sufrieron sequia; por lo que fue necesario volver a sembrar, realizándose los días 15 y 19 de junio de 1991 (Romo, 1982), en un suelo húmedo.

5.2.3 Método de siembra

Las unidades experimentales estuvieron formadas por un área de 50 m² con 7 surcos, la distribución entre surcos fue de 62 a 75 cms. por 10 mts. de longitud. La siembra se efectuó en forma manual, depositando la semilla a chorrillo en el fondo del surco, tapándola con una capa de tierra. La semilla se colocó en el suelo y se cubrió de inmediato para promover la absorción de humedad, la germinación y la emergencia.

El control de malezas se realizó de forma manual con ayuda de un azadón. Los deshierbes se efectuaron 40 días a partir de la siembra. A pesar de la presencia de insectos no fue necesario emplear ningún tipo de control sobre éstos, pues no hubo daño grave en las plantas cultivadas.

5.3 Muestreo de suelos

Se realizaron tres muestreos, considerando profundidades de 0-30. y de 30-60 cms.

Primer muestreo

Se hizo antes de la siembra y tuvo como finalidad caracterizar de manera general el suelo del sitio experimental, estimando el pH en relación 1:2 suelo-agua; la salinidad del suelo se evaluó por medio de la conductividad eléctrica del extracto de saturación y se hizo un análisis químico de los componentes solubles del suelo, Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁻ y CO₃⁻, así como también materia orgánica, textura y porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

Segundo muestreo

Se efectuó después de la germinación de la semilla o, emergencia del sorgo, determinándose Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁻ y CO₃⁻, así como materia orgánica, conductividad eléctrica y pH.

Tercer muestreo

Se efectuó después de la cosecha del cultivo, determinándose los mismos parámetros que en el segundo muestreo. (Fregoso, 1982)

Para la extracción de las muestras se utilizó una barrena tipo californiana.

El muestreo de suelos se realizó en zig-zag, extrayendo muestras de suelo en 7 puntos diferentes para cada tratamiento, considerando profundidades de 0-30 y 30-60 cms. se mezclaron y se obtuvo una muestra compuesta que representó a cada tratamiento. Se secaron y se enviaron al laboratorio para su análisis.

5.4 Variables de respuesta

Los parámetros de crecimiento que se relacionan con el rendimiento del cultivo y que nos permiten alcanzar los objetivos planteados son: germinación, longitud de la planta, frecuencia estomática, días a floración, días a madurez fisiológica, días de llenado de grano, número de hojas, número de granos por panoja, peso de 200 semillas, rendimiento biológico, relación vástago/raíz, área foliar total en la floración y en madurez fisiológica e índice de cosecha.

5.4.1 Germinación

Se registró el número de semillas germinadas en cada repetición y para cada tratamiento. Estos datos se manejaron en porcentajes en base a la densidad de población. (Bermúdez, 1984)

5.4.2 Altura total de la planta.

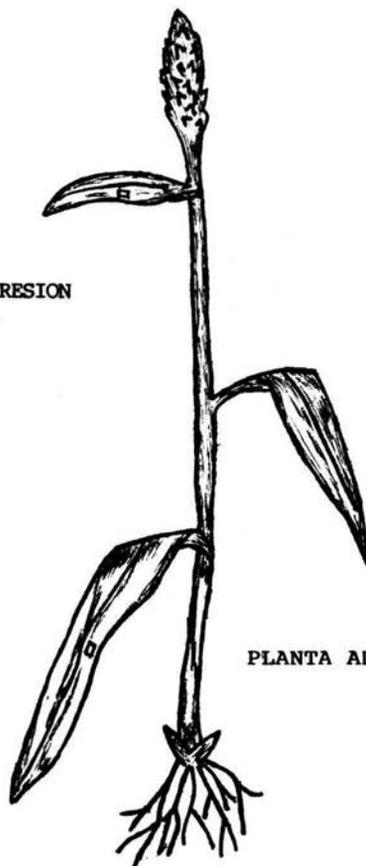
Se registró el incremento en la longitud de la planta con una regla y flexómetro. (Maestri y Barros, citados por Méndez y Arreola, 1985), midiéndose del primer entrenudo del tallo a la punta de la panoja. Los muestreos se realizaron cada 15 días a partir de la emergencia, en cada tratamiento y en cada repetición se muestrearán 10 plantas al azar.

5.4.3 Frecuencia estomática

Se empleó el método de replica, para obtener impresiones de la superficie foliar (Sevilla, 1983), consistiendo en colocar una gota de pegamento instantáneo "Krazi Kolaloca" (ciano acrilato) sobre un portaobjetos para después presionar la superficie abaxial de la hoja a la altura de la porción media (Arriaga, 1985), durante 5 minutos. Al separar la hoja del portaobjetos permanece en éste último una replica de la epidermis. Los conteos de estomas se realizaron con 100 aumentos en la porción central, entre el margen de la hoja y la vena principal. Se calculó con previa determinación del área de campo del microscopio (con micrómetro ocular) el número de estomas por mm². Se contaron cinco campos de microscopio por preparación. Se tomaron las impresiones de la hoja superior u hoja bandera y la hoja inferior, (Kumar, 1984).

Todo esto se realizó partiendo del hecho de que el número de estomas esta influido por las condiciones del medio, pudiendo afectar las tasas de intercambio entre bioxido de carbono y agua y por lo tanto la productividad.

||| TOMA DE IMPRESION
DE ESTOMAS.



PLANTA ADULTA DE SORGO.

Fig. 2b. PLANTA ADULTA DE SORGO. Mostrando la posición de las hojas en la planta en las cuales fueron tomadas las impresiones de estomas.

5.4.4 Días a floración

Se tomó en cuenta el número de días transcurridos entre la fecha de siembra y la fecha de floración en que aproximadamente el 50% de las plantas se encuentran en antésis. (Wong, 1979).

5.4.5 Días a madurez fisiológica

Se tomó un promedio en que aproximadamente el 50% de las plantas se observa la presencia de la capa negra en la base del grano y en el primer tercio de la panoja.

5.4.6 Días de llenado de grano

En cada parcela se etiquetaron diez plantas con la fecha en que se encontró una capa negra en el grano, la que nos indica madurez fisiológica. El período transcurrido entre el inicio de la floración y la madurez fisiológica se tomó como período de llenado de grano (Wong 1979).

5.4.7 Número de hojas por planta

Se contaron las hojas de las plantas (15 días después de que la plántula hubo emergido se inició el conteo) en cada repetición, y para cada tratamiento (Wong, 1979). Los muestreos para ésta variable de respuesta se realizaron cada 15 días, en cada tratamiento y para cada repetición se muestrearon 10 plantas al azar.

Una vez obtenida la cosecha se obtuvieron los siguientes datos:

5.4.8 Número de granos por panoja

Se obtuvo al desgranar las panojas de cada repetición y para cada tratamiento por separado, contando el número de granos de cada uno y se calculó el promedio.

5.4.9 Peso de 200 semillas

Los granos se eligieron al azar y se cuidó que estuvieran limpios y libres de glumas, el peso fue en gramos.

5.4.10 Rendimiento biológico

Se calculó por planta como la suma del peso seco, producido por hoja, tallos y panoja dividido entre el número de plantas de la muestra, esto es igual a la materia seca total producida por planta, excluyendo el peso de la raíz (Wong, 1979).

5.4.11 Relación vástago/raíz

Es el peso seco de tallo y hoja entre el peso seco de raíces. Expresa la proporción de asimilados que entran en la formación de los órganos aéreos y de los subterráneos.

Para la extracción de la raíz dentro del suelo, se consideró un radio de 40 a 50 cms. y una profundidad de 40 a 50 cms.. Para calcular el peso seco en hojas, tallo y raíces se utilizó una balanza analítica.

5.4.12 Área foliar total en la floración y en madurez fisiológica.

Se obtuvo midiendo el largo y ancho en centímetros de las hojas, éstas dimensiones se convirtieron en área foliar con la fórmula $L \times A \times 0.75$, donde L=largo; A=ancho; 0.75=factor

de conversión según Stickler et al. 1961, citado por Jiménez, 1979.

5.4.13 Índice de cosecha

Es el rendimiento económico o peso del grano entre el rendimiento biológico expresado en por ciento. Se expresa en gramos por planta RE/RB donde RE =rendimiento económico; RB =rendimiento biológico (Vuelvas, 1987).

V I. R E S U L T A D O S

6.1 Germinación

Se observó que en las variedades VA-110 y H-220 la emergencia de plántulas se presentó a los 10 días de haberse efectuado la siembra en los tres tratamientos probados, mientras que en la variedad TEC-84 la emergencia ocurrió hasta los 15 días después de efectuado la siembra.

En el mayor nivel de salinidad (11.02 mmhos/cm) la reducción en la emergencia de las plántulas para la variedad VA-110 fue de un 49.41% y para TEC-84 en un 87.58%.

Con respecto al segundo nivel de salinidad (8.00 mmhos/cm) la disminución en el porcentaje de emergencia para la variedad VA-110 fue de un 47.85% y para TEC-84 fue de 88.68%. Mientras que en el nivel de salinidad de 4.00 mmhos/cm en las tres variedades de sorgo el porcentaje de germinación podría decirse que es satisfactorio con respecto a los otros dos niveles de salinidad. Esto tomando en cuenta que el poder germinativo en cada variedad es de 85 a 90% para VA-110 siendo una semilla certificada, en H-220 del 91% (Casa Bernstein) y en TEC-84 del 84%, ésta última semilla fue experimental (Mendoza, 1991).

De manera general el porcentaje de germinación (en base a la densidad de población), desciende con respecto al aumento en el nivel de salinidad para VA-110, no presentándose la misma situación para las variedades H-220 y TEC-84. (Cuadro 1).

6.2 Altura total de la planta a través del ciclo vegetativo.

El crecimiento de las plantas puede expresarse de varias maneras como la altura de la planta, número de hojas y área foliar. Este crecimiento puede ser alterado por las condiciones ambientales como sucede con las diferentes concentraciones salinas presentes en el suelo.

En términos generales puede observarse que el desarrollo de la plántula durante los primeros 15 días después de la emergencia es más lento en el mayor nivel de salinidad para las tres variedades de sorgo, siendo más severo el efecto en la variedad VA-110, ya que estas plántulas presentaron clorosis a todo lo largo de la hoja, además de una necrosis radicular. (Fig. 3,4 y 5)

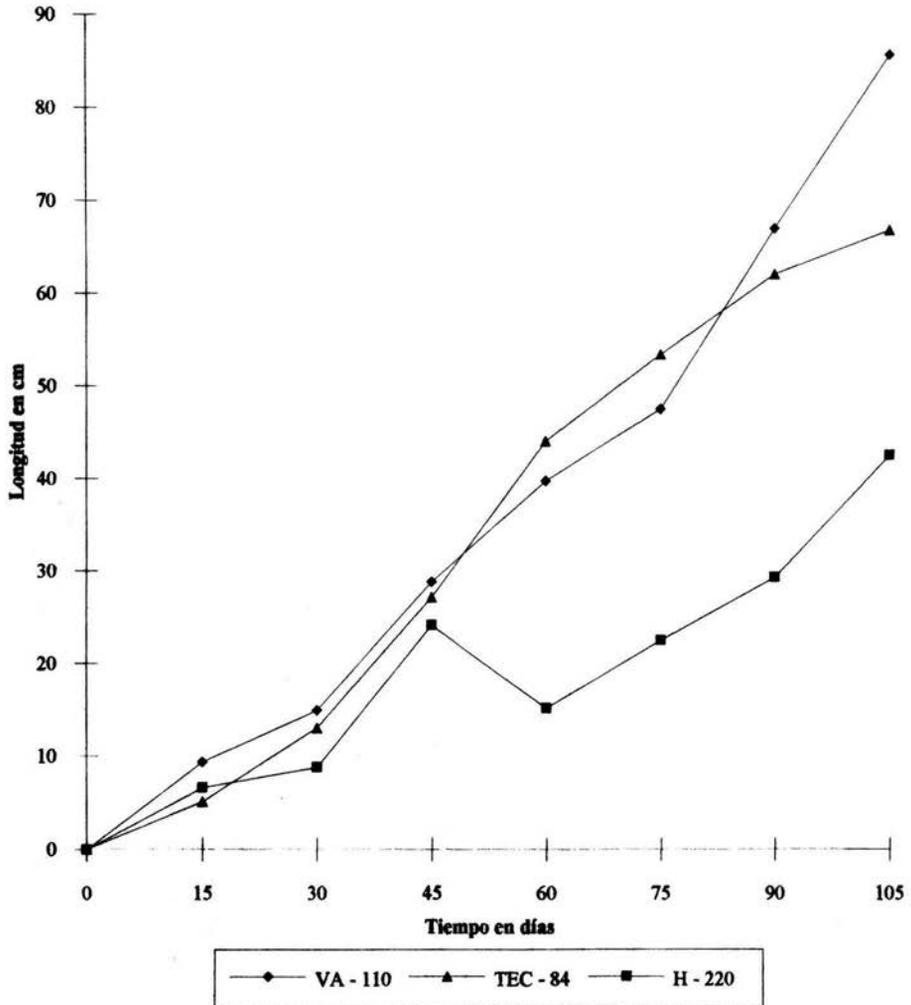
Cuadro No. 1

Porcentaje de germinación en base a la densidad de población.

Expresando el porcentaje promedio en cada tratamiento

VARIEDAD	NIVELES DE SALINIDAD		
	4.00 MMHOS/CM	8.00 MMHOS/CM	11.02 MMHOS/CM
VA-110	54.94%	52.15%	50.59%
TEC-84	13.93%	11.32%	12.42%
H-220	31.13%	36.69%	37.14%

SI = 4.00 mmhos/cm



-Fig. 3 Efecto de la salinidad 1 sobre la altura total de las variedades de sorgo a lo largo de su desarrollo. La variedad H-220 sufrió un retraso en su desarrollo (aprox. 45 días) a causa de una inundación ocasionada por las fuertes lluvias y al deficiente drenaje del suelo.

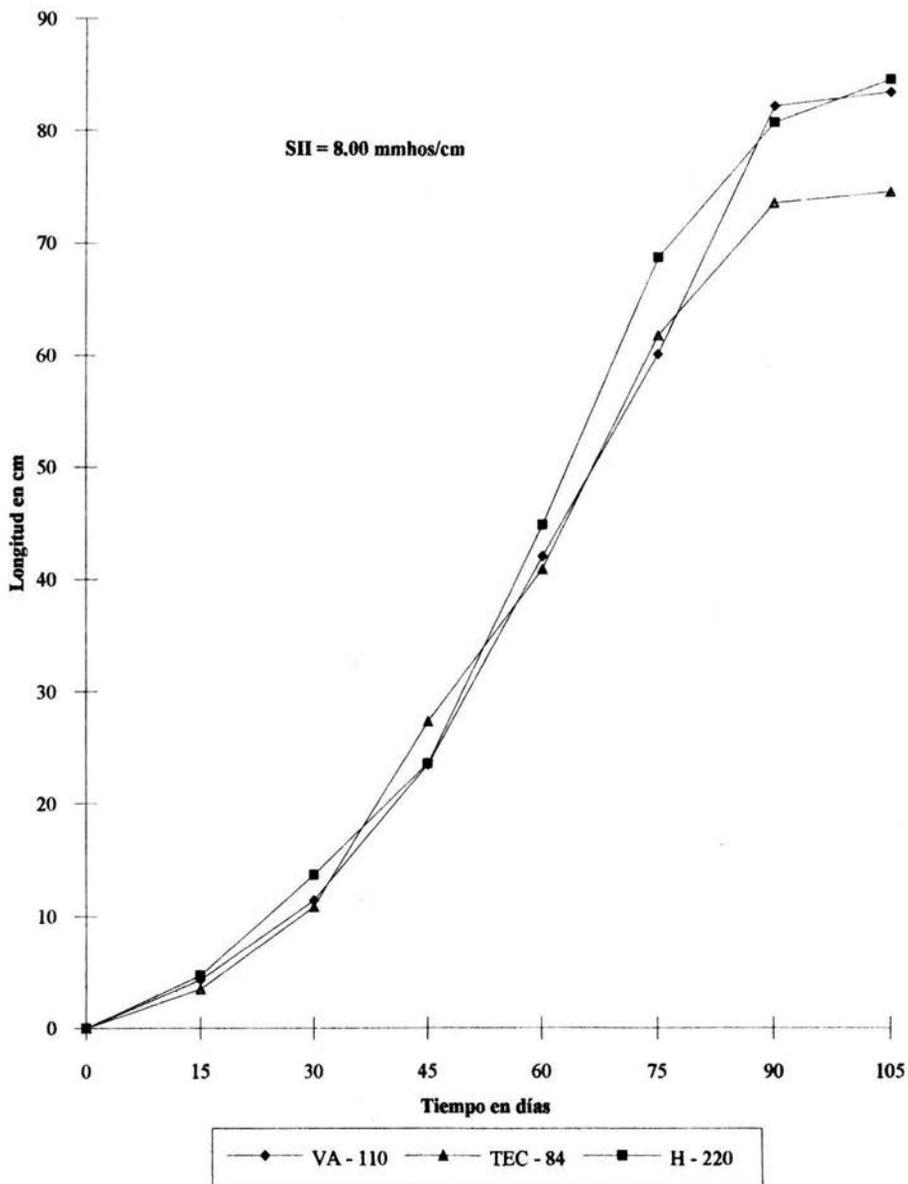


Fig. 4 Efectos de la salinidad 2 sobre la altura total de las variedades de sorgo a lo largo de su desarrollo. Para VA-110 y H-220 el crecimiento fué similar.

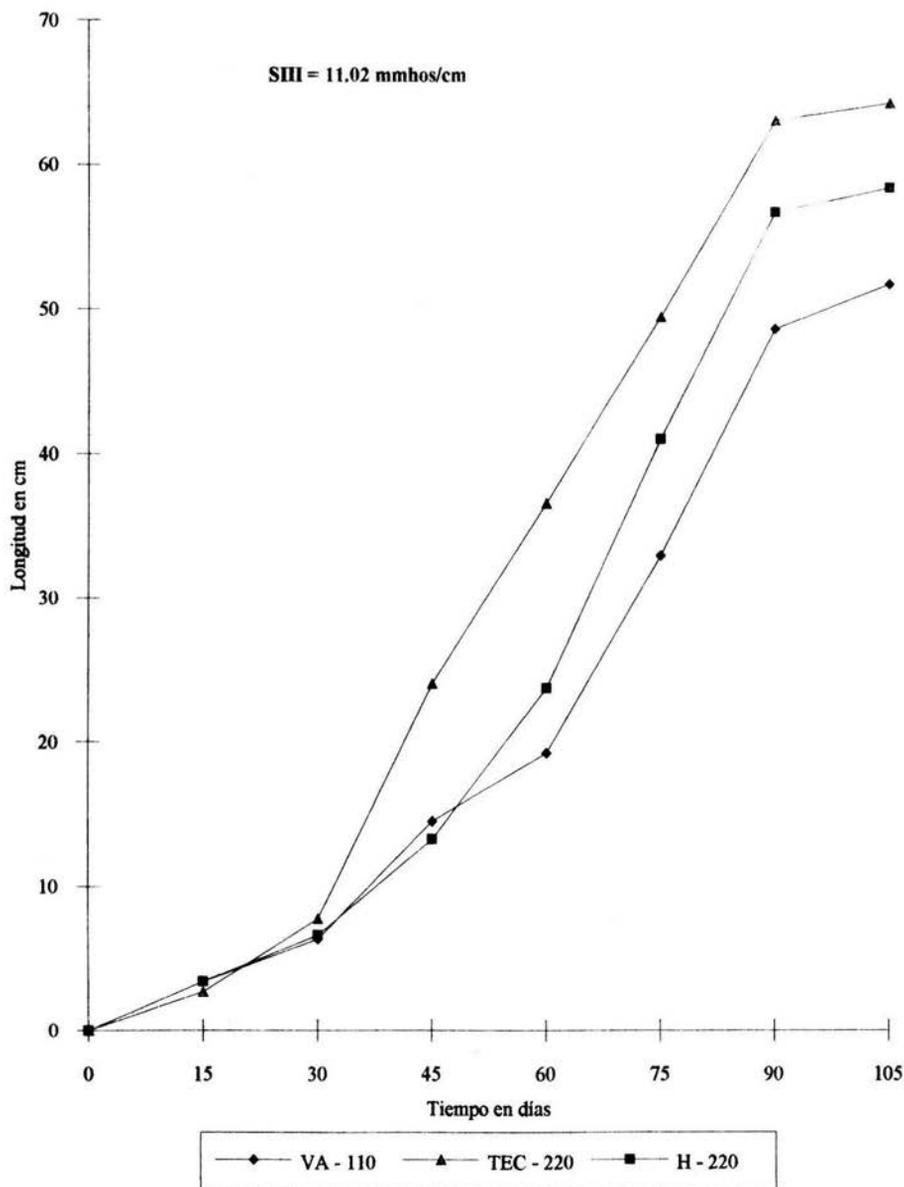


Fig. 5 Efectos de la salinidad 3 sobre la altura total de las variedades de sorgo a lo largo de su desarrollo. Apreciándose que VA-110 es la variedad mas afectada en su altura.

Alrededor de los 45 días después de la emergencia, las tres variedades de sorgo en el tercer nivel de salinidad manifestaron un desarrollo más lento en la altura de la planta con respecto a los otros dos niveles de salinidad, esto podría atribuirse a las altas concentraciones de sales presentes en la solución del suelo, efectos que se hacen más evidentes a lo largo del desarrollo de la variedad VA-110 que sufrió un mayor retraso en su altura total.

Mientras que el mayor desarrollo en la altura de las plantas a lo largo de su ciclo se presentó en la salinidad de 8.00 mmhos/cm para las tres variedades de sorgo.

De manera general, la altura total de la planta tuvo un comportamiento lineal (Fig. 6-14). Pudiendo compararse, en forma relativa, la respuesta de las variedades (VA-110, IEC-84 y H-220) en los diferentes niveles de salinidad (4.00, 8.00 y 11.02 mmhos/cm). Se aprecia que las pendientes de respuesta tuvieron un comportamiento casi similar en el nivel de salinidad dos, por otro lado la altura promedio en la variedad VA-110 disminuye al sembrarla en el nivel de salinidad más alto reportado para dicha variedad (medianamente tolerante) Fig. 6,9 y 12. Aunque en el caso de la variedad H-220 en la salinidad de 4.00 mmhos/cm después de los 45 días se presentó un decaimiento, esto probablemente ocasionado a un problema de inundación y consecuentemente una falta de aereación para el sistema radicular de las plantas.

El análisis de varianza aplicado, indicó que si hubo diferencias estadísticamente significativas entre las tres variedades de sorgo en la respuesta de crecimiento durante su desarrollo en los tres niveles de salinidad, (Ver cuadros 1 a 7 en el anexo). Utilizando la prueba de Scheffé se observan diferencias entre variedades y salinidades.

6.3 Respuestas del crecimiento en términos del número de hojas por planta.

Las pruebas estadísticas demuestran que existe una correlación negativa con respecto al número de hojas y altura de la planta, durante los primeros 15 días después de la siembra en las variedades H-220 y IEC-84 en los tres niveles de salinidad. Esto nos lleva a pensar que en estas dos variedades, ante las condiciones presentes, las plántulas en este tiempo incrementan su altura total y aumentan el tamaño de la hoja ya que el crecimiento no se produce indiscriminadamente en todas las partes de la planta (Meyer, 1966) pudiendo ser una forma de responder ante las condiciones limitantes a las que están sometidas. Mientras que la variedad VA-110 mostró una correlación

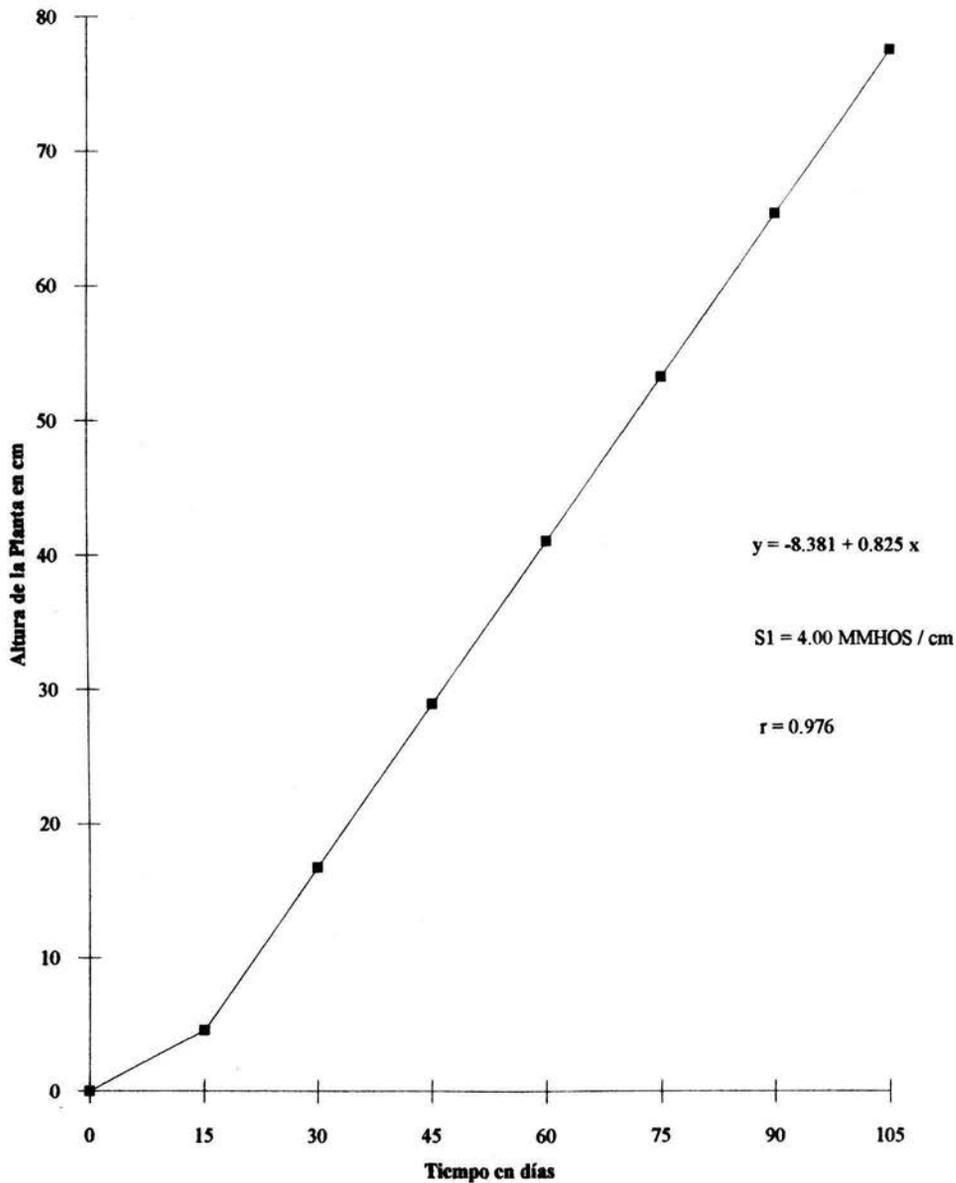


Fig. 6 Tasa de crecimiento de VA-110 (0.825) en la salinidad 1, variedad que presenta una mayor tasa de crecimiento en esta salinidad.

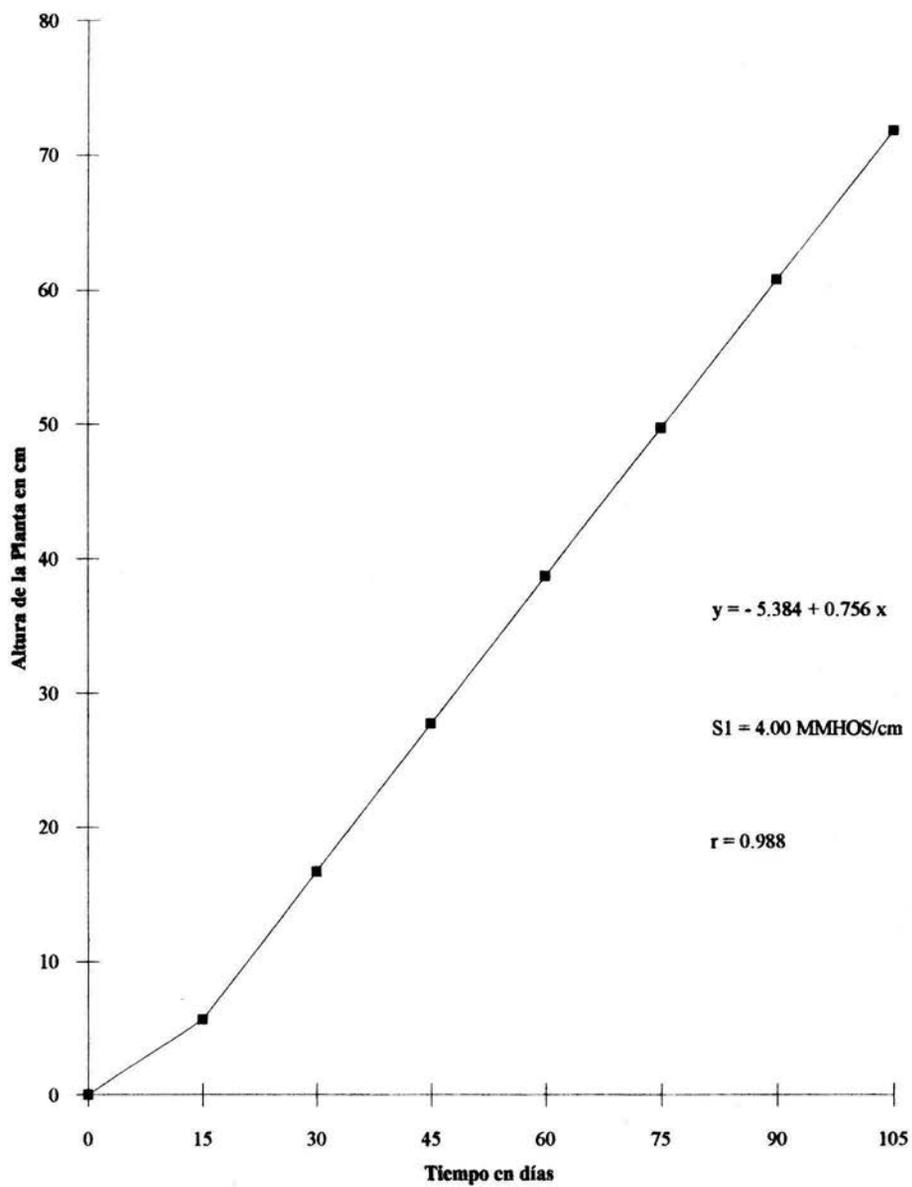


Fig. 7 Tasa de crecimiento de TEC-84 (0.756) en la salinidad 1, en donde se registra la menor tasa de crecimiento de esta variedad con respecto a los otros dos niveles.

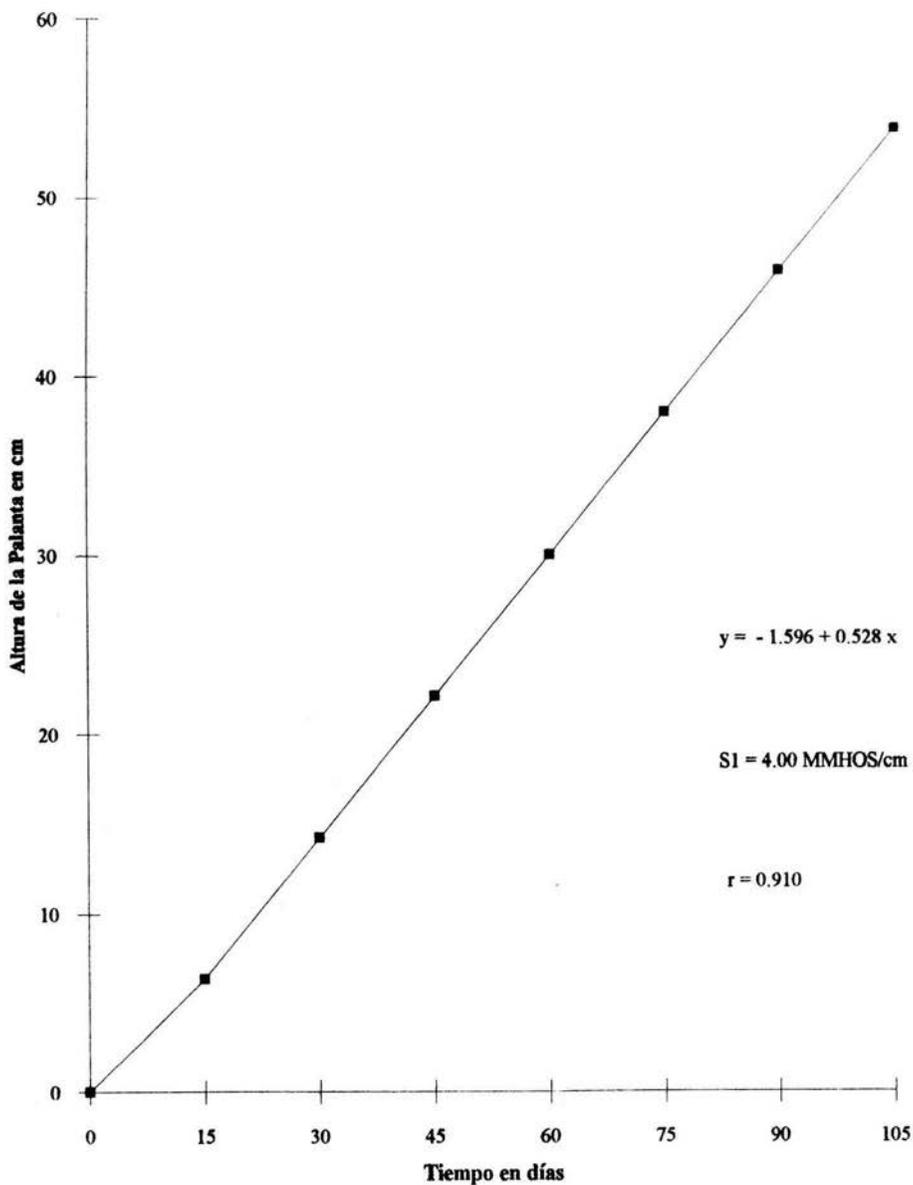


Fig. 8. Velocidad de crecimiento de H-220 (0.528) en la salinidad 1, esta variedad presentó el crecimiento más lento con respecto a las otras dos variedades en la misma salinidad, tal vez ocasionado por la inundación sufrida en sus primeros días de desarrollo (aprox. 45 días después de su siembra).

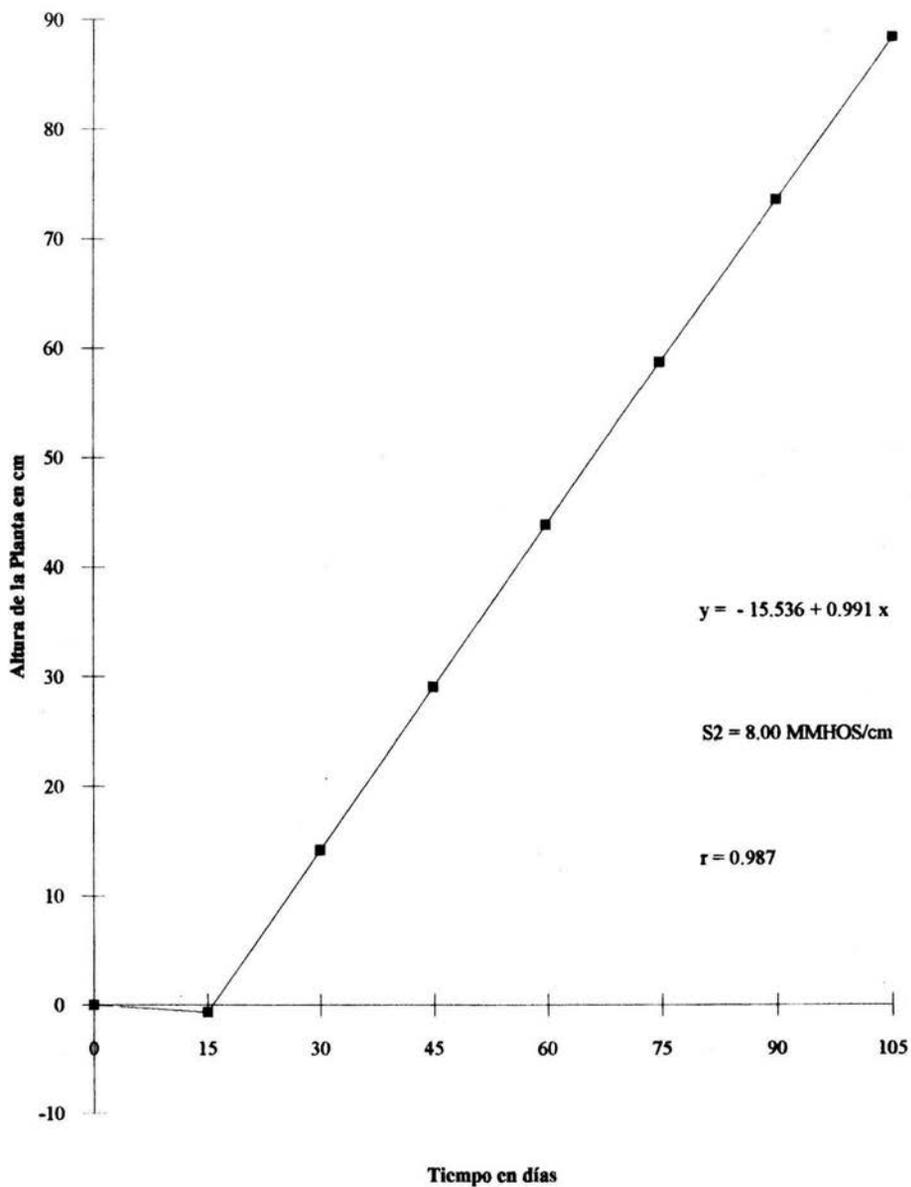


Fig. 9 Velocidad de crecimiento de VA-110 (0.991) en la salinidad 2.

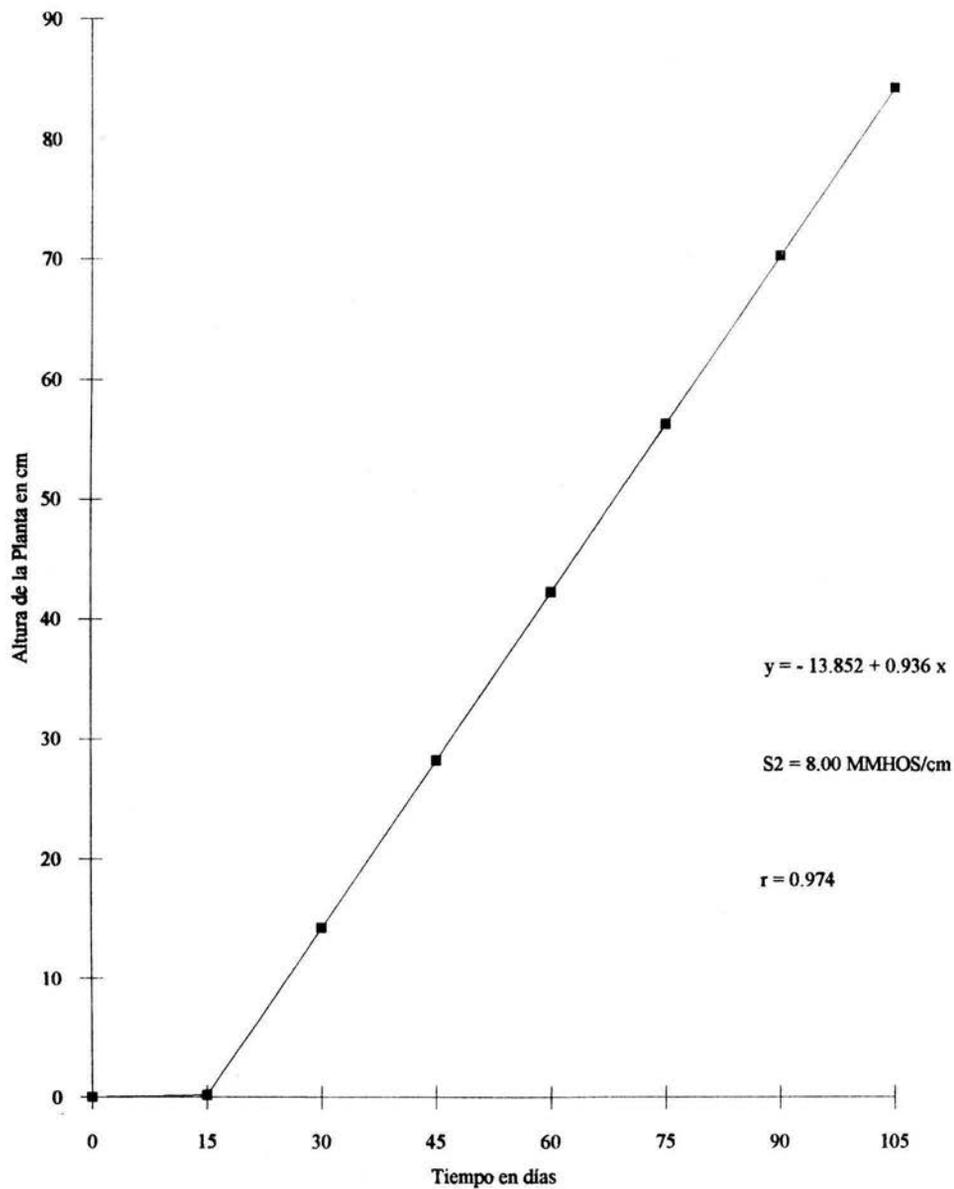


Fig. 10 Velocidad de crecimiento de TEC-84 (0.936) en la salinidad 2. Al igual que las otras dos variedades presentó una tasa de crecimiento alta (0.936).

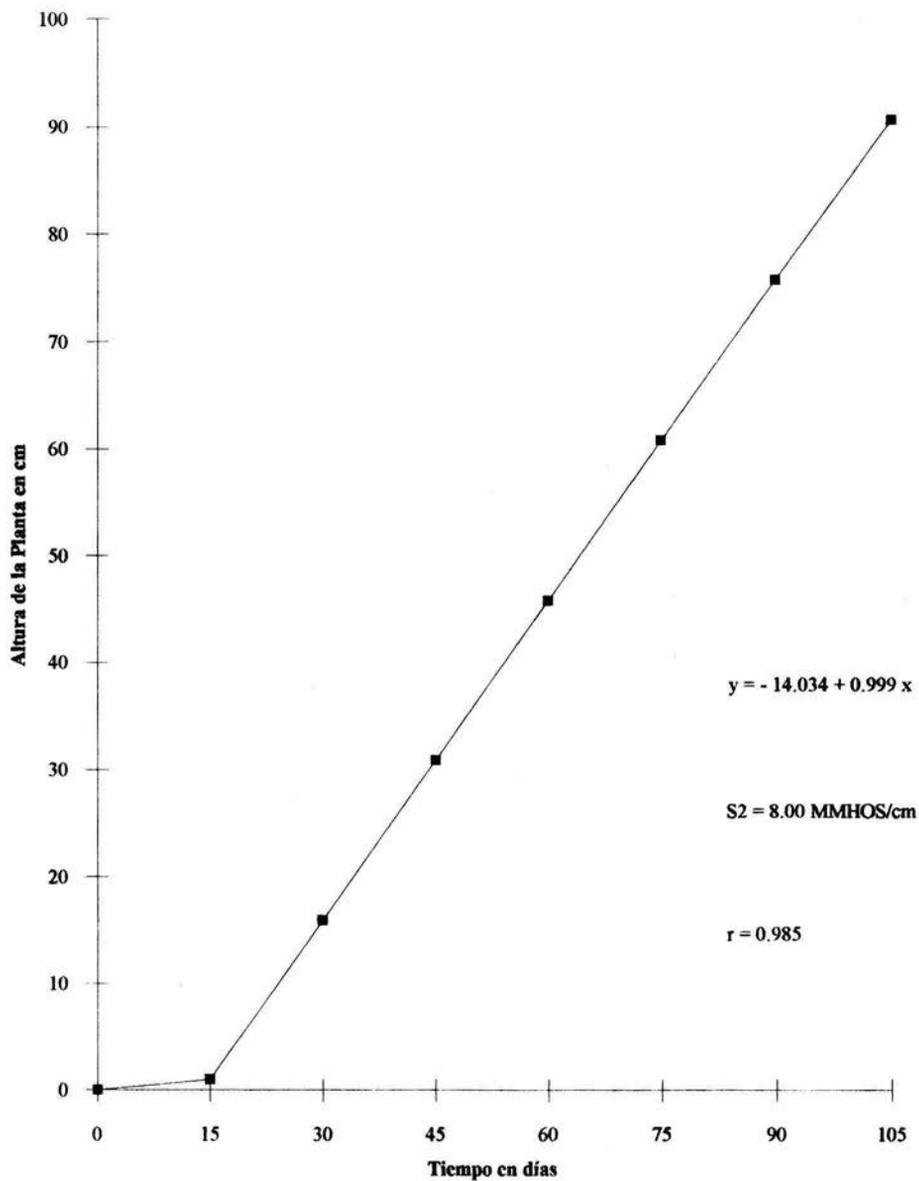


Fig. 11 Velocidad de crecimiento de H-220 (0.999) en la salinidad 2. Esta variedad presenta la mayor tasa de crecimiento con respecto a las otras dos variedades en esta misma salinidad.

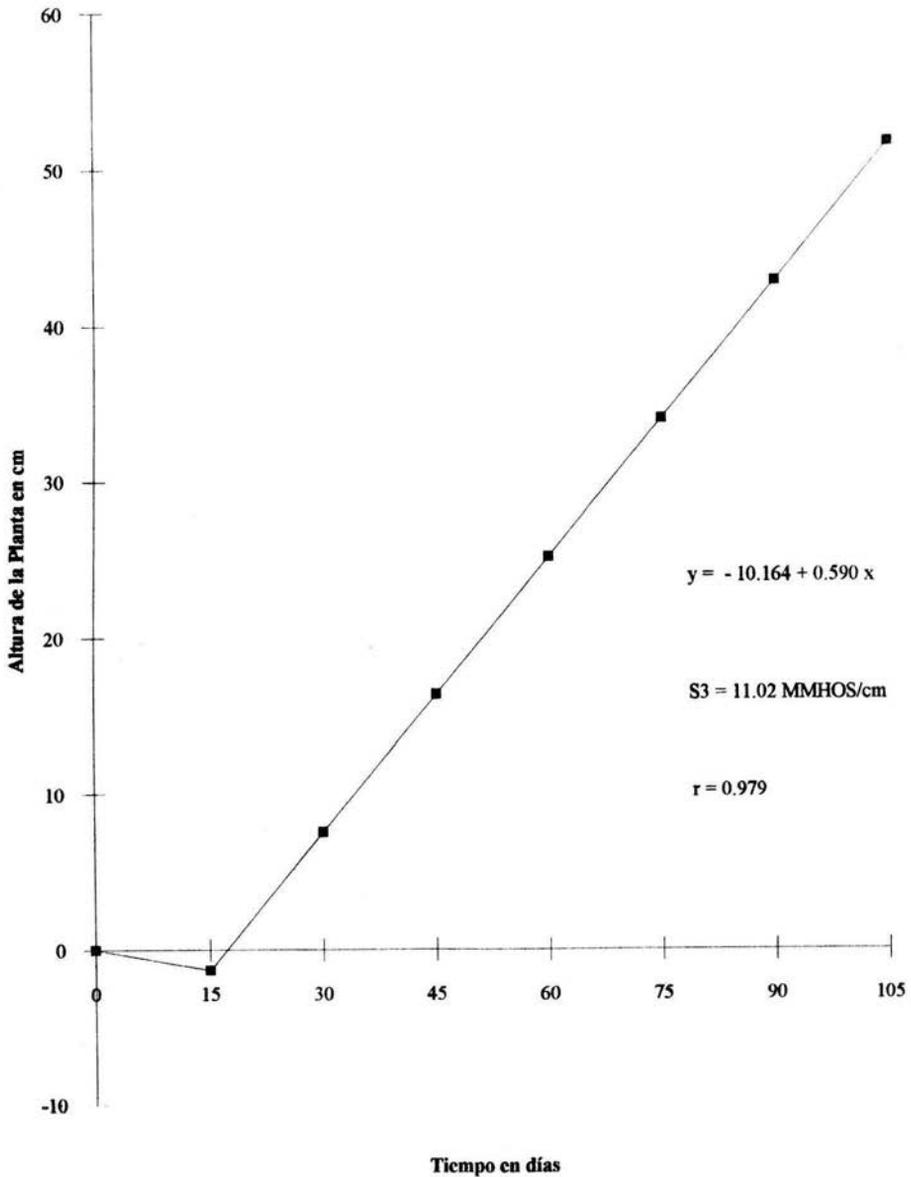


Fig. 12 Tasa de crecimiento (0.590) de VA-110 en la salinidad 3, variedad que fue más afectada a lo largo de su desarrollo por la salinidad de 11.02 mmhos/cm con respecto a TEC-84 y H-220.

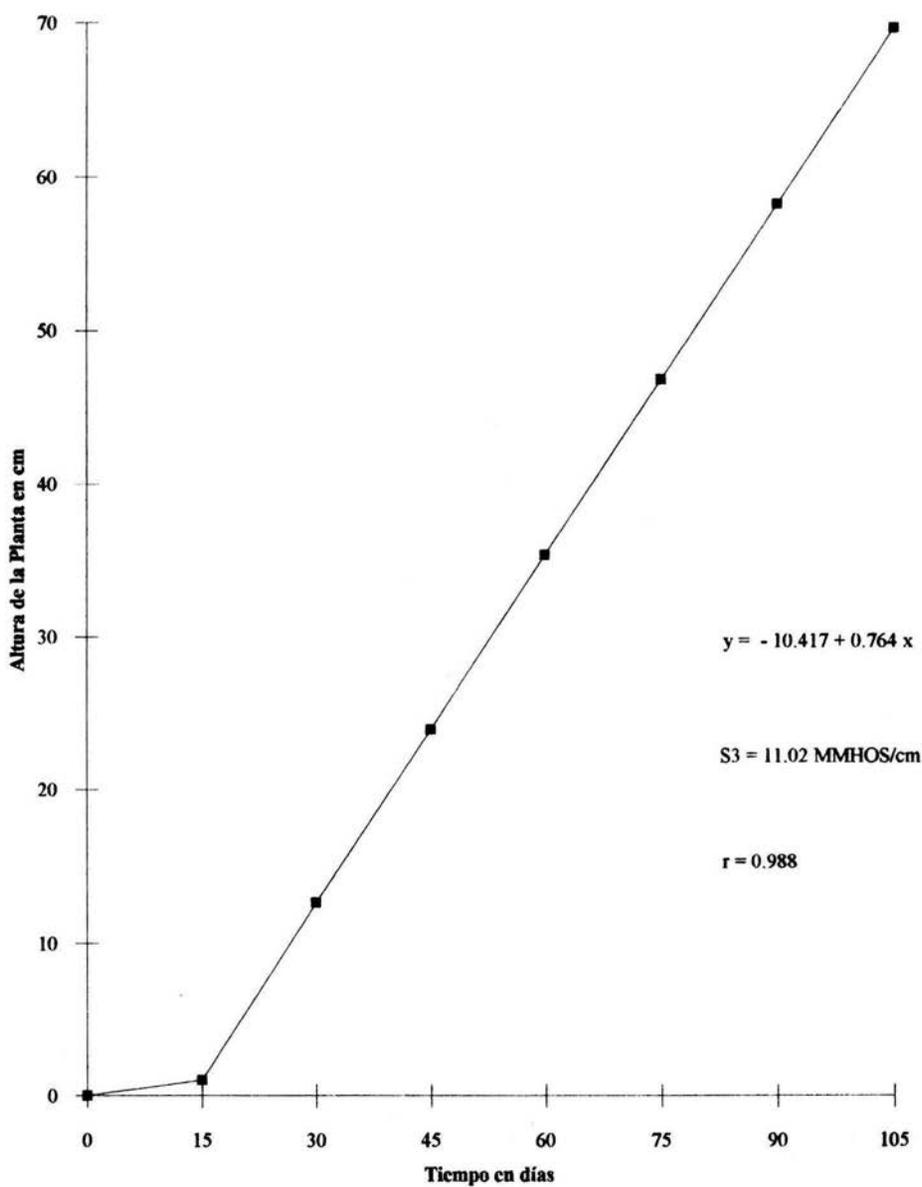


Fig. 13. Tasa de crecimiento (0.764) de TEC-84 en la salinidad 3, variedad que presenta la tasa de crecimiento más alta en este nivel de salinidad con respecto a las otras dos variedades.

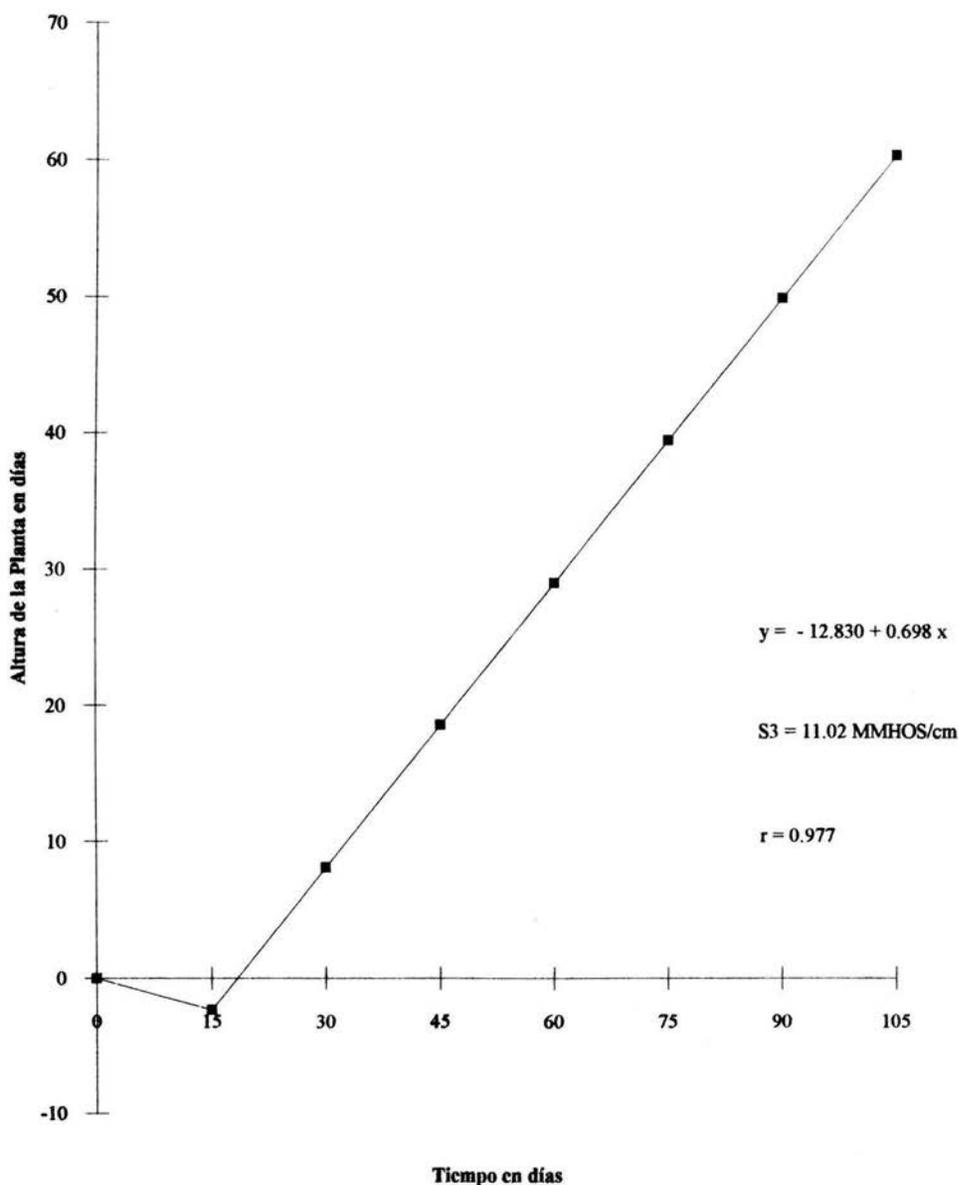


Fig. 14 Tasa de crecimiento de H-220 (0.698) en la salinidad 3. Su tasa de crecimiento se vio afectada por la salinidad de 11.02 mmhos/cm., ya que esta disminuyó con respecto a las otras dos salinidades.

positiva en los tres niveles de salinidad, durante su etapa inicial del crecimiento, esta variación en el comportamiento de estas plántulas nos sugiere una manera diferente de respuesta, pues en este mismo tiempo esta variedad si mantiene una relación directa entre el número de hojas y tamaño de la planta. Notándose además que el tamaño de la plántula fue menor con respecto a las variedades H-220 y TEC-84.

Sin embargo a los 30 días después de la siembra, de manera general para las tres variedades existe una relación directa entre el número de hojas y la altura de la planta en los tres niveles de salinidad, presentándose únicamente en la variedad H-220 una correlación negativa en el nivel de 8.00 mmhos/cm. Posiblemente se debe a que en esta etapa a pesar de registrarse un aumento en el tamaño de la planta, no hubo incremento en el número de hojas. Ya que durante el periodo vegetativo la planta, sufre el proceso de gran crecimiento o crecimiento logarítmico. Rojas, 1972.

Por otra parte, la variedad TEC-84 a los 45 días muestra una correlación negativa entre el número de hojas y la altura total de la planta en los tres niveles de salinidad. Las variedades H-220 y VA-110 siguen mostrando una correlación positiva en el primer y segundo nivel.

A los 60 días TEC-84 presenta una correlación positiva entre el número de hojas y altura de la planta en la salinidad 2 y 3, así mismo se puede observar que la variedad H-220 muestra una correlación negativa en los tres niveles de salinidad. De manera general ésta correlación positiva entre la altura de la planta y el número de hojas se debe a que el cultivo se encontraba en las primeras etapas de crecimiento (antes de la formación de los órganos reproductivos) por lo que la producción de fotosintetatos es principalmente enviada a los tejidos meristemáticos y algunas partes de la raíz, mientras que otros son almacenados en las hojas (Castellanos, 1983).

En relación con la variedad VA-110 el número de hojas y la altura total de la planta mantienen una correlación positiva a los 60 y 75 días en el primero y tercer nivel de salinidad.

A los 90 días la variedad H-220 sigue manteniendo una correlación positiva, en el primer y tercer nivel de salinidad; ésto indica que aún las hojas siguen manteniendo una relación estrecha con el desarrollo de la planta.

Las variedades VA-110 y TEC-84 presentan una correlación negativa a partir de ésta etapa. Lo que sugiere que estas variedades están cercanas a su etapa de producción de órganos reproductivos. Pues como se sabe la cinética del crecimiento de una planta sigue una curva sigmoidea en la cual al ocurrir la etapa final (etapa reproductiva), el crecimiento va siendo cada vez menos acelerado, además de que se suspende el surgimiento de nuevas hojas.

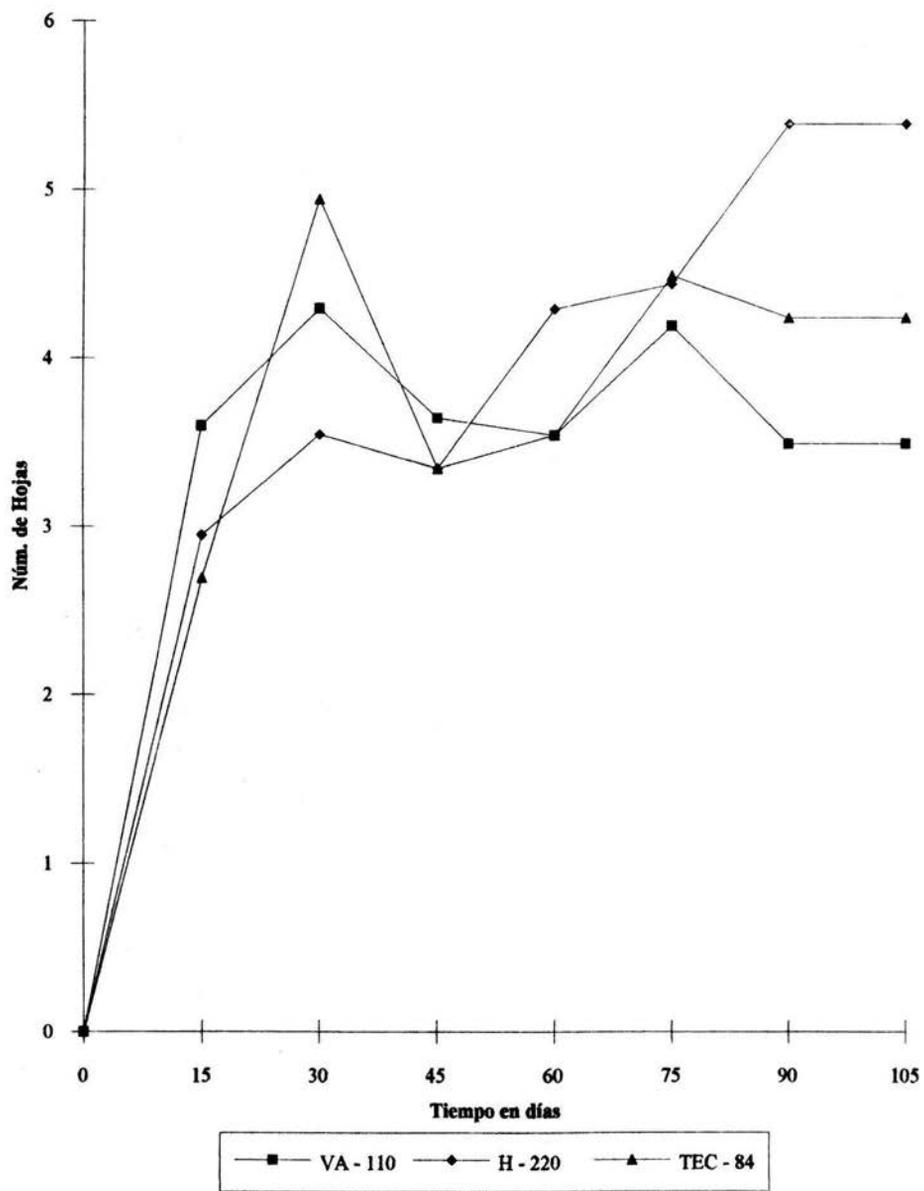


Fig. 15. Efectos de la salinidad 1 sobre la producción de hojas por planta.

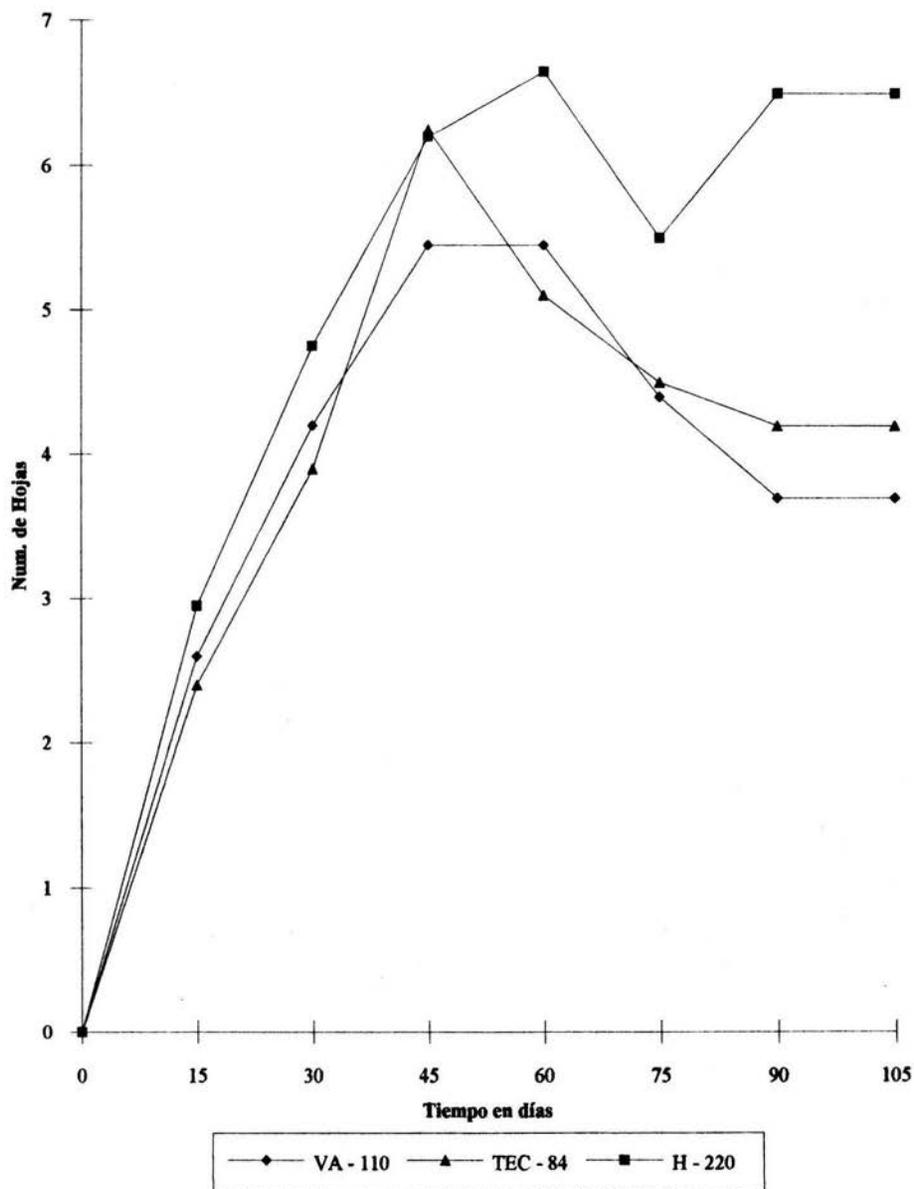


Fig. 16. Efectos de la salinidad 2 sobre la producción de hojas por planta.

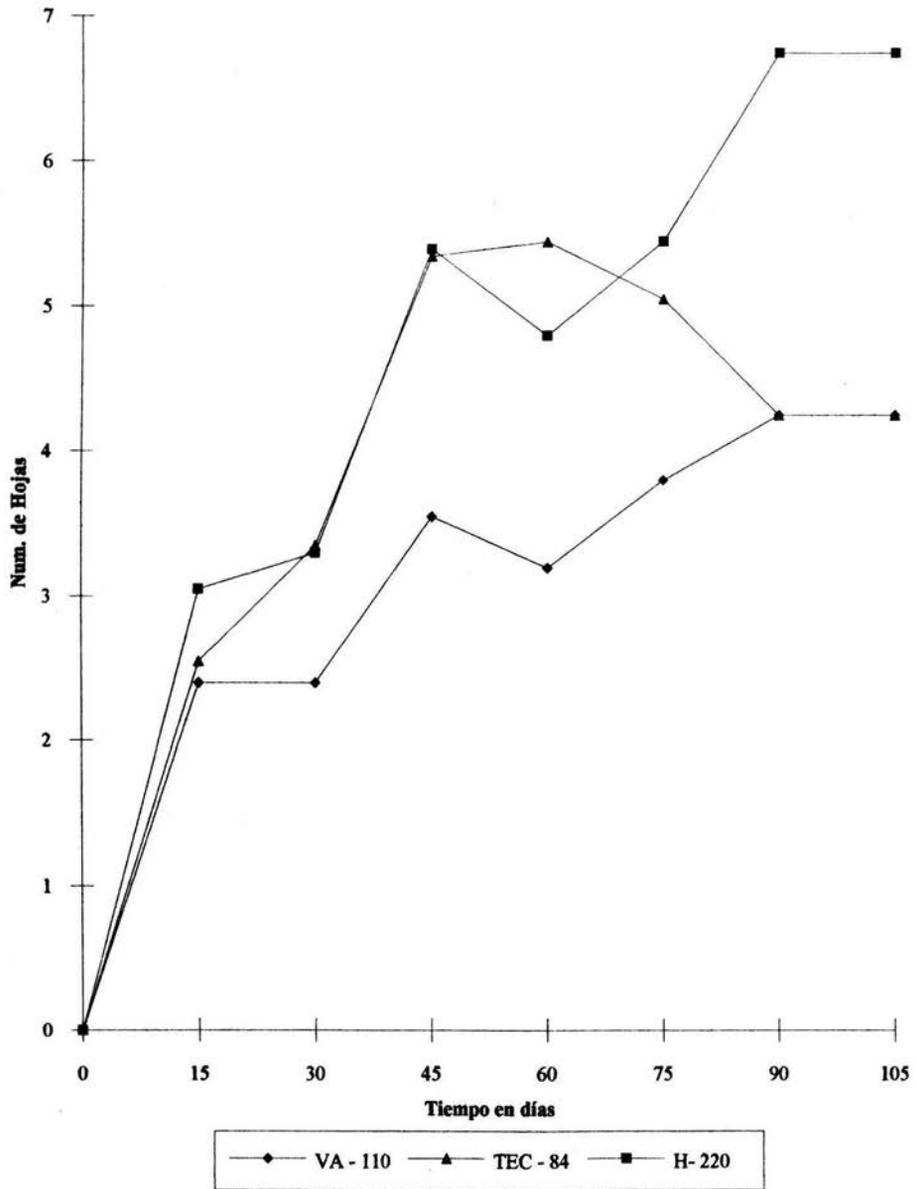


Fig. 17. Efectos de la salinidad 3 sobre la producción de hojas por planta.

Con respecto al Análisis de Varianza para el factor salinidad hay diferencias altamente significativas al 0.05 y 0.01% de significancia, esta misma situación se observa para el factor variedades. Este comportamiento se generalizó durante el desarrollo de las plantas.

Los resultados indican una clara variación de la respuesta de las tres variedades ante los tres niveles de salinidad, por lo que es importante observar el número de hojas durante el crecimiento de la planta, debió a que en las hojas ocurren procesos tan importantes como la asimilación de CO₂, transpiración y fotosíntesis.

6.4 Respuestas del crecimiento en términos de sus características de área foliar, frecuencia estomática y relación vástago/raíz.

Se sabe que la toxicidad de los suelos salinos es debida a las elevadas concentraciones de sodio, cloro y otros iones que puedan estar presentes, por lo que las sales afectan el crecimiento de las plantas por su efecto osmótico, ya que la presencia de sales en el suelo fuerza a la planta a dar más energía para obtener agua (Donahue, 1981).

De ésta forma las elevadas concentraciones de sales pueden afectar el crecimiento vegetativo del sorgo (tallos, hojas) como también a la raíz, aunque en menor grado (Munns, 1986).

Los diferentes genotipos de una misma especie como en este caso el sorgo, responden de diferente manera ante la presencia de sales en el suelo, de esta forma los efectos específicos en varias partes de la planta pueden ser variables.

Los resultados del análisis de varianza de área foliar y frecuencia estomática muestran que la diferencia entre variedades es altamente significativa al igual que en las tres salinidades.

La prueba de Scheffé mostró que la variedad H-220 es la que tiene las diferencias en la frecuencia estomática de la hoja bandera, mientras que en la hoja inferior de las tres variedades la frecuencia estomática estadísticamente fue igual. Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Meidner citado por Mendoza (1986); ya que al considerar la posición de las hojas en una planta, se observa que hay más estomas en las hojas superiores (aunque de menor tamaño) que en las hojas inferiores.

El ANOVA para área foliar al igual que el análisis de la relación vástago/raíz muestran que la diferencia entre variedades y salinidades es altamente significativa. Con el método de Scheffé para la variable área foliar se observa que la variedad H-220 marca la diferencia. El ANOVA de los resultados experimentales muestran que la relación

vástago/raíz presentó diferencias estadísticas significativas entre las variedades como también entre las salinidades. Por el método de Scheffé todas las variedades son diferentes, mientras que la salinidad tres, es la que ocasiona las diferencias en el comportamiento de las plantas con respecto a las otras dos salinidades. En general el comportamiento del coeficiente de la relación vástago/raíz, fue muy variado entre las variedades así como también con respecto a la salinidad, ya que con respecto a TEC-84 y H-220, el coeficiente no disminuyó drásticamente conforme fue aumentando la salinidad. Con respecto a la variedad H-220, al aumentar la salinidad del suelo no se reduce el número de hojas verdes por planta, aunque la altura total de la planta fue menor al aumentar la salinidad. Cabe mencionar que en la salinidad de 4.00 mmhos/cm estas plantas sufrieron un problema de inundación, lo que se reflejó en su crecimiento (plantas más pequeñas). Además de todo este comportamiento, esta variedad en todas las salinidades no llegó a la producción de grano a pesar de haber formación de órganos florales, ya que sus etapas fenológicas se retrasaron.

Mientras que para la variedad VA-110 el número de hojas sufre una reducción y por consiguiente el tamaño del vástago es menor, esto concuerda con Yang (1990), que encontró que al aumentar el NaCl en la solución de riego, se reducía significativamente el número de hojas verdes por planta en Sorghum bicolor y Sorghum halepense. Además, al aumentar la salinidad el tamaño del vástago y raíz disminuyen y por consiguiente el peso seco también, presentándose tallos más pequeños y con menor diámetro, así como un pobre crecimiento (plantas pequeñas y delgadas), especialmente en la salinidad tres (Ver cuadro 19, Anexo). Esto condujo a que se registrara un aumento en el coeficiente vástago/raíz en el mayor nivel de salinidad. Ver figura 27. Cabe mencionar que la relación vástago/raíz está regida por influencias correlativas y recíprocas entre las partes aéreas de la planta y sus raíces. La clase y magnitud depende mucho de las condiciones ambientales a las que está sometida la planta. Aunque esta variedad presentó formación de panoja en el tercer nivel de salinidad, pero estas fueron muy pequeñas y con escasa formación de grano.

Con respecto a la variedad TEC-84, el coeficiente vástago/raíz no disminuyó drásticamente conforme aumentó la salinidad del suelo, ya que no se presentó una reducción del número de hojas y producción de biomasa significativos en dicha variedad, además en los tres niveles de salinidad hubo producción de grano.

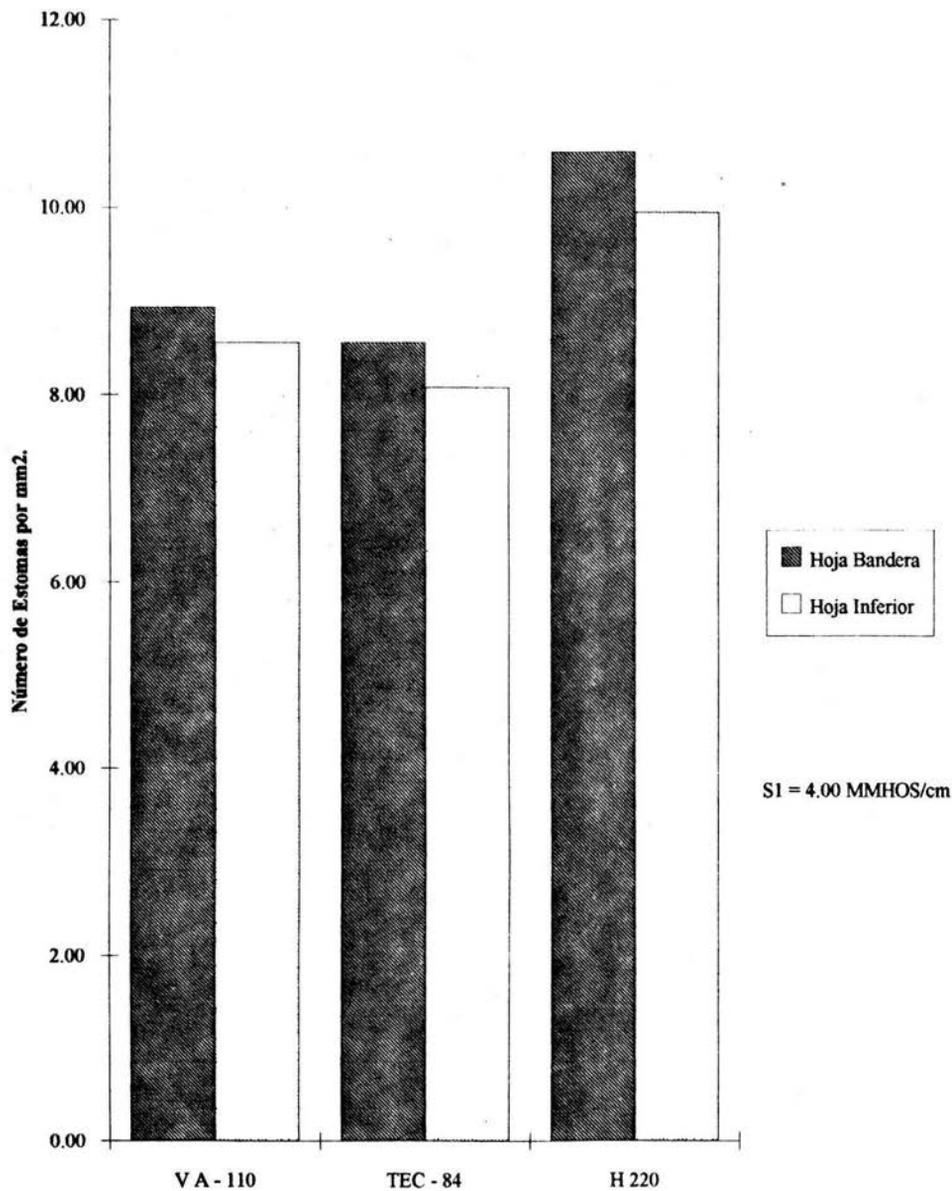


Fig. 18. Efecto de la salinidad sobre la frecuencia estomática en las hojas bandera e inferior en las tres variedades de sorgo. Mostrando que la variedad H-220 presentó la mayor frecuencia en ambas hojas.

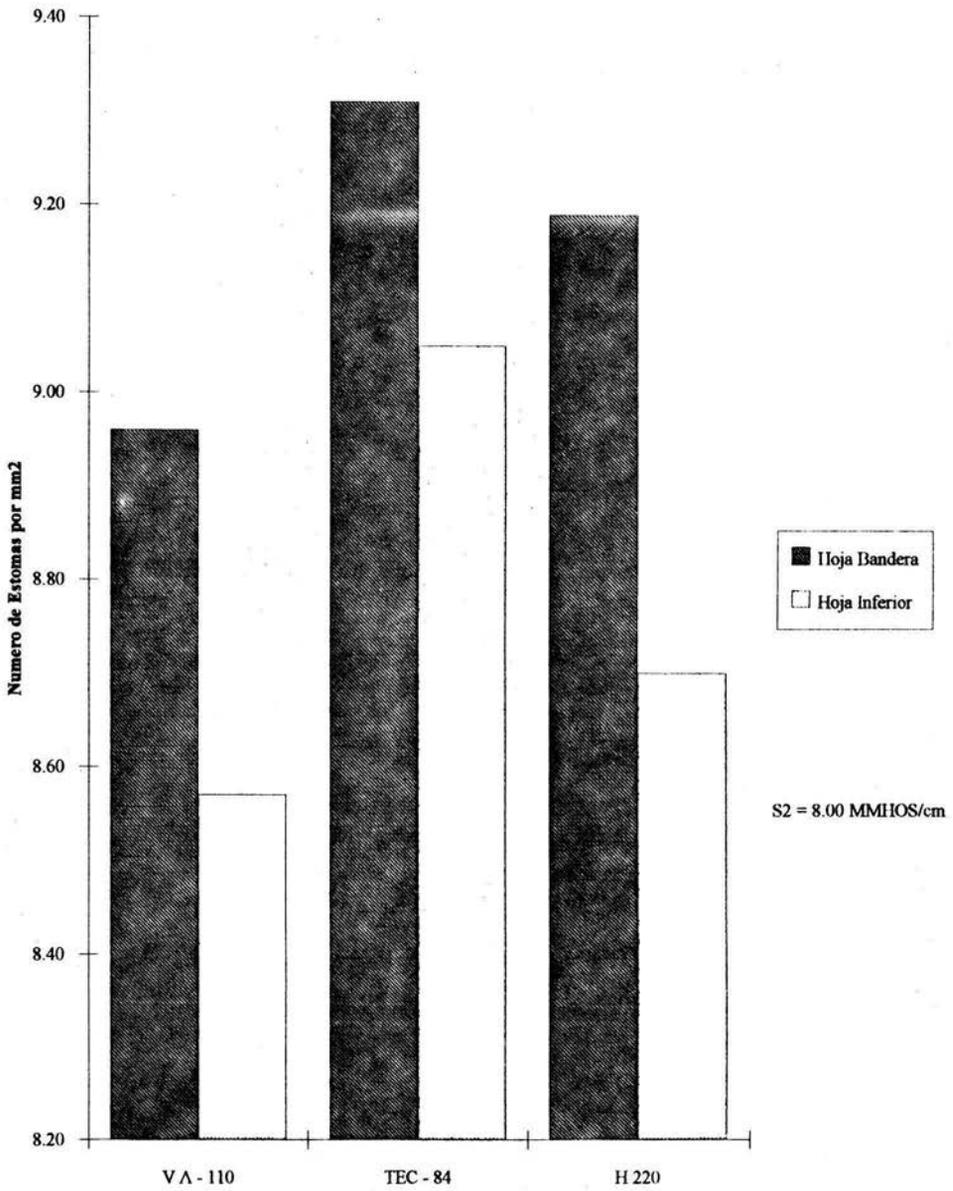


Fig. 19 Efecto de la salinidad sobre la frecuencia estomática en las hojas bandera e inferior en las tres variedades de sorgo.

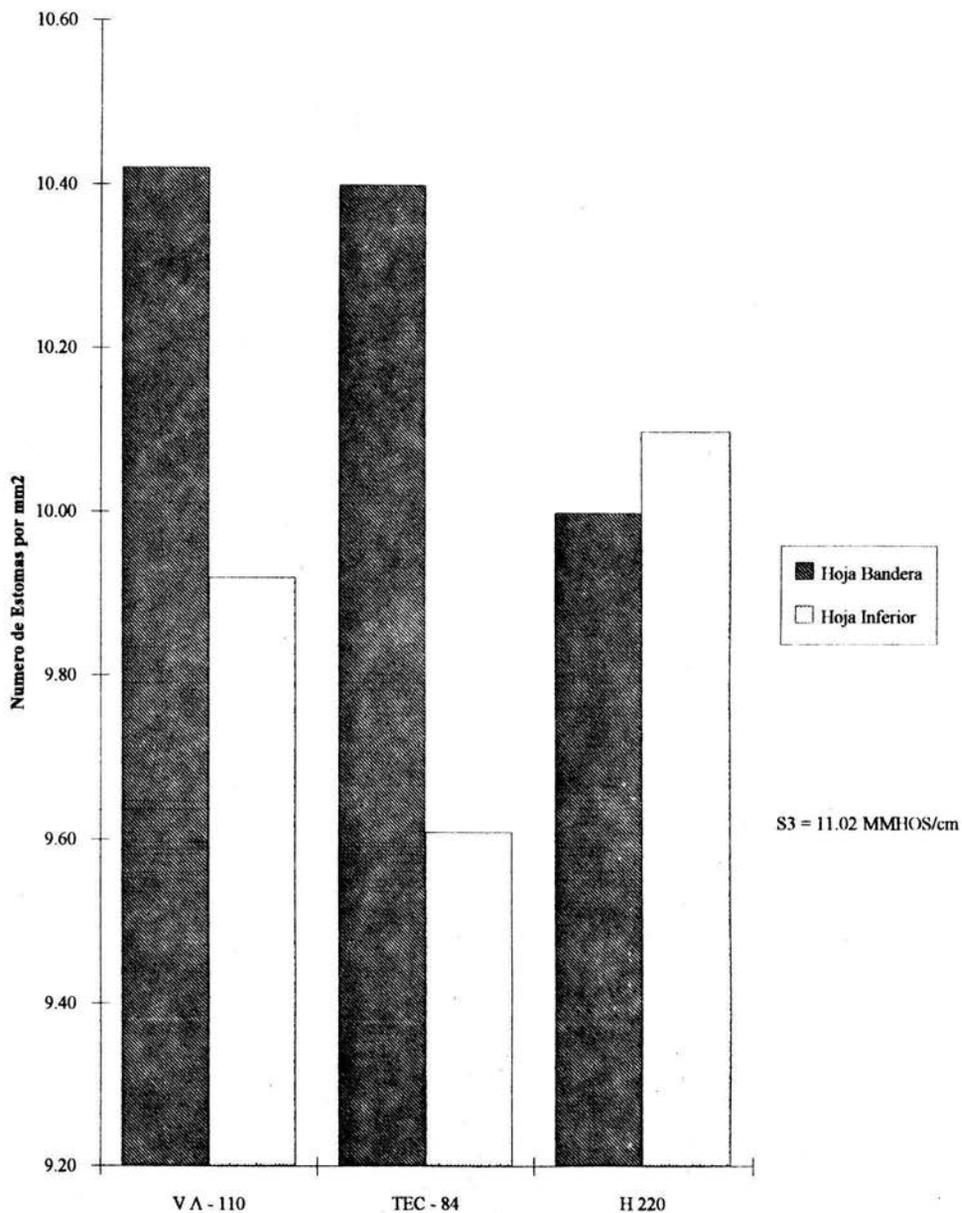
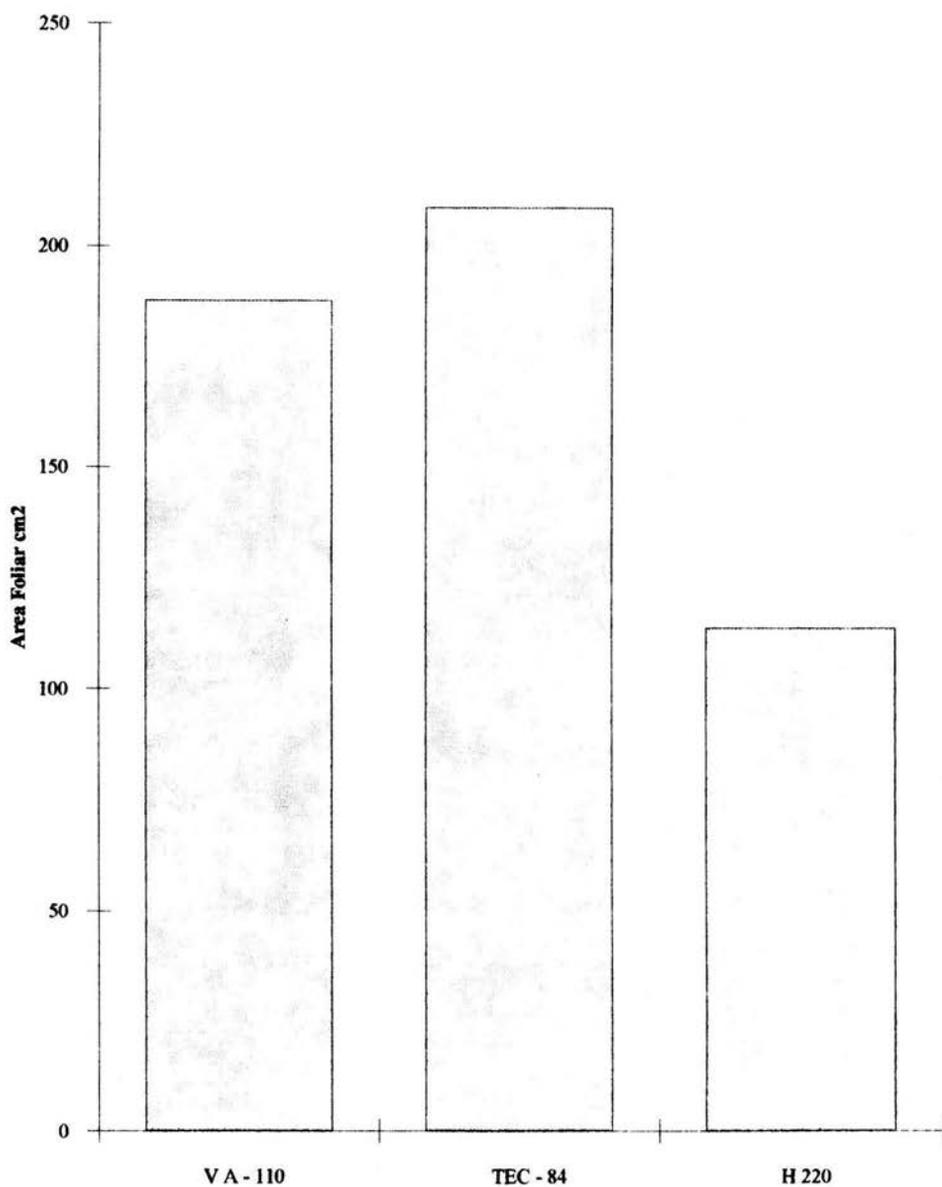


Fig. 20. Efecto de la salinidad sobre la frecuencia estomatica en las hojas bandera e inferior en las tres variedades de sorgo. Los datos fueron tomados después de la floración.



Fi. 21. Se representa el efecto de la salinidad I sobre el área foliar en antesis, en las tres variedades de sorgo.

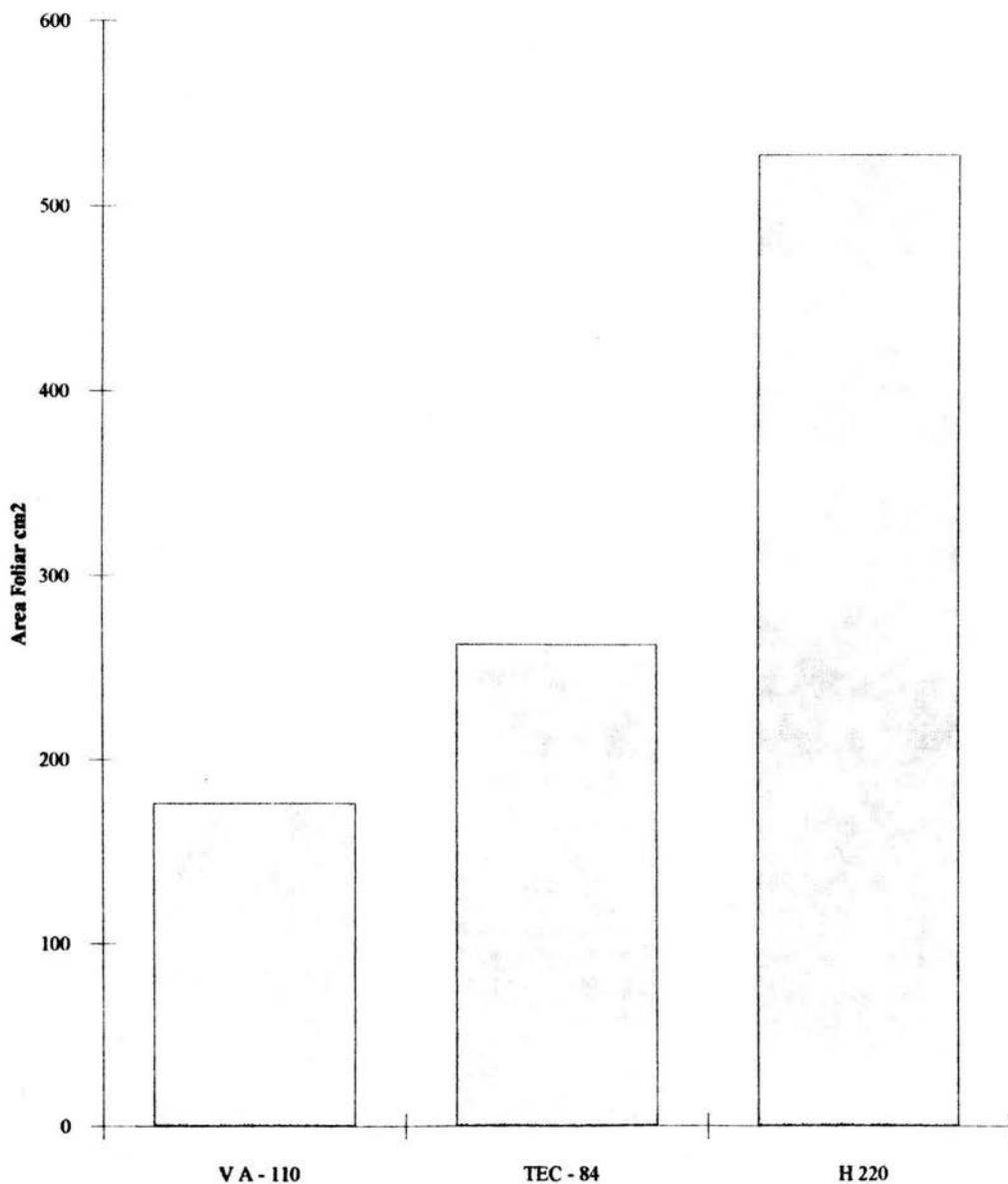


Fig. 22. Efecto de la salinidad 2 sobre el área foliar en las tres variedades de sorgo. Los datos fueron tomados en antesis.

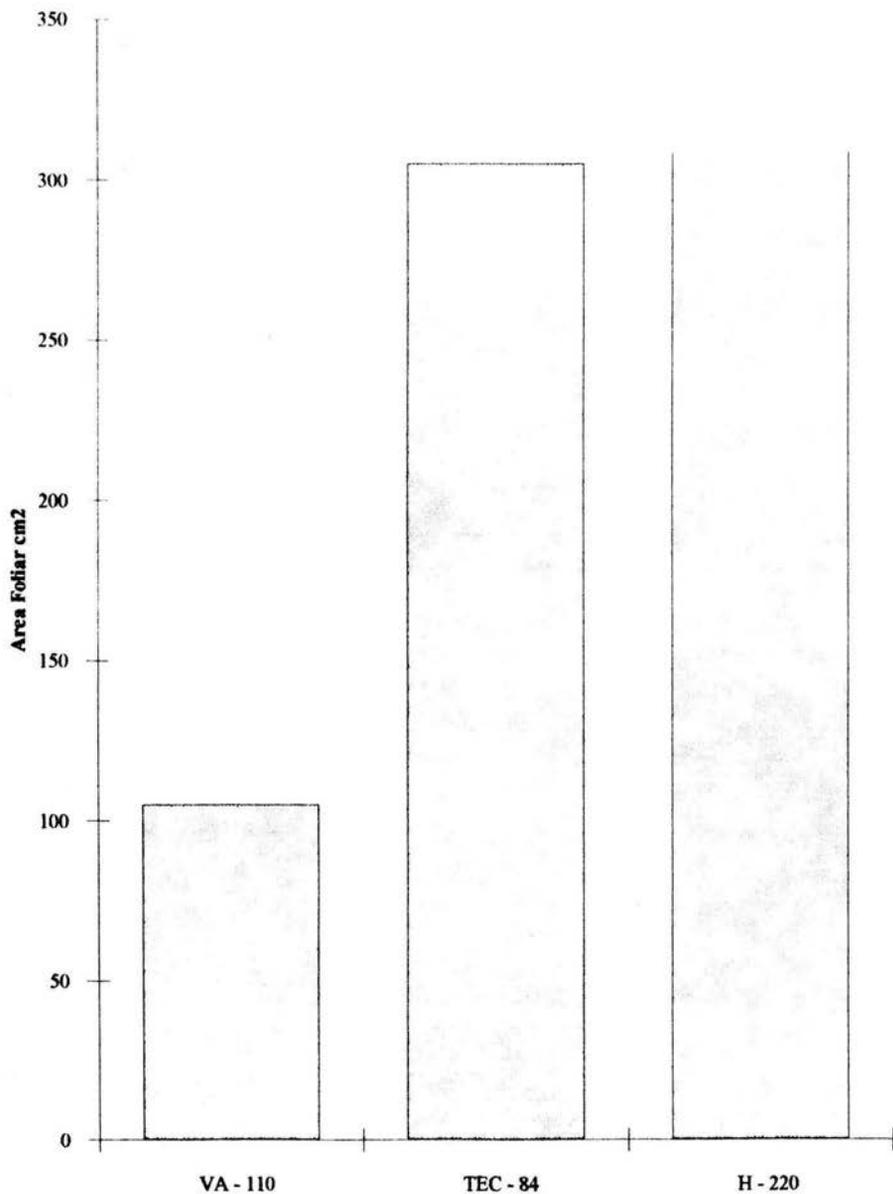


Fig. 23 Efecto de la salinidad 3 sobre el área foliar en las tres variedades de sorgo. Las variedades TEC'84 y H-220 presentaron la mayor producción de área foliar. Los datos fueron tomados en antesis.

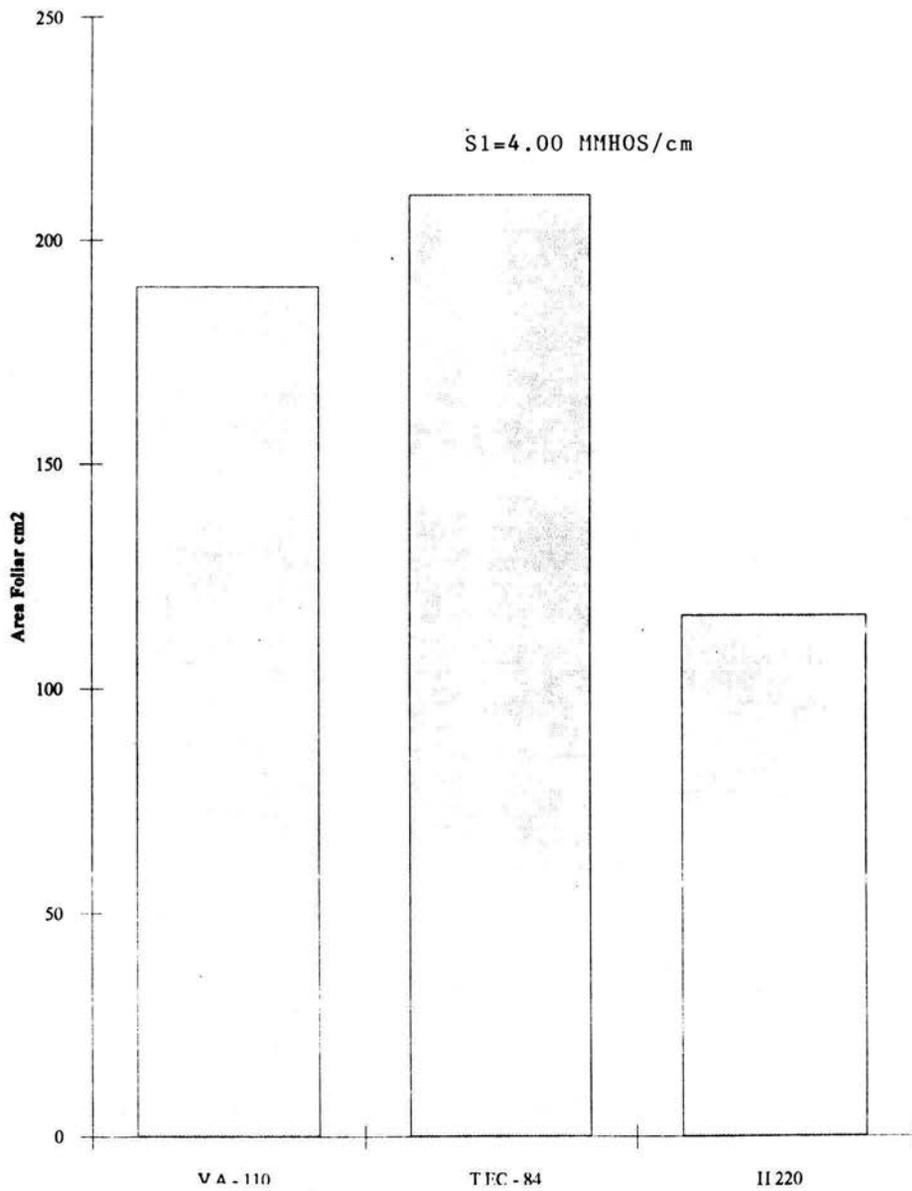


Fig. 24 Efecto de la salinidad 1 sobre el área foliar en las tres variedades de sorgo. Los datos fueron tomados después de la madurez fisiológica.

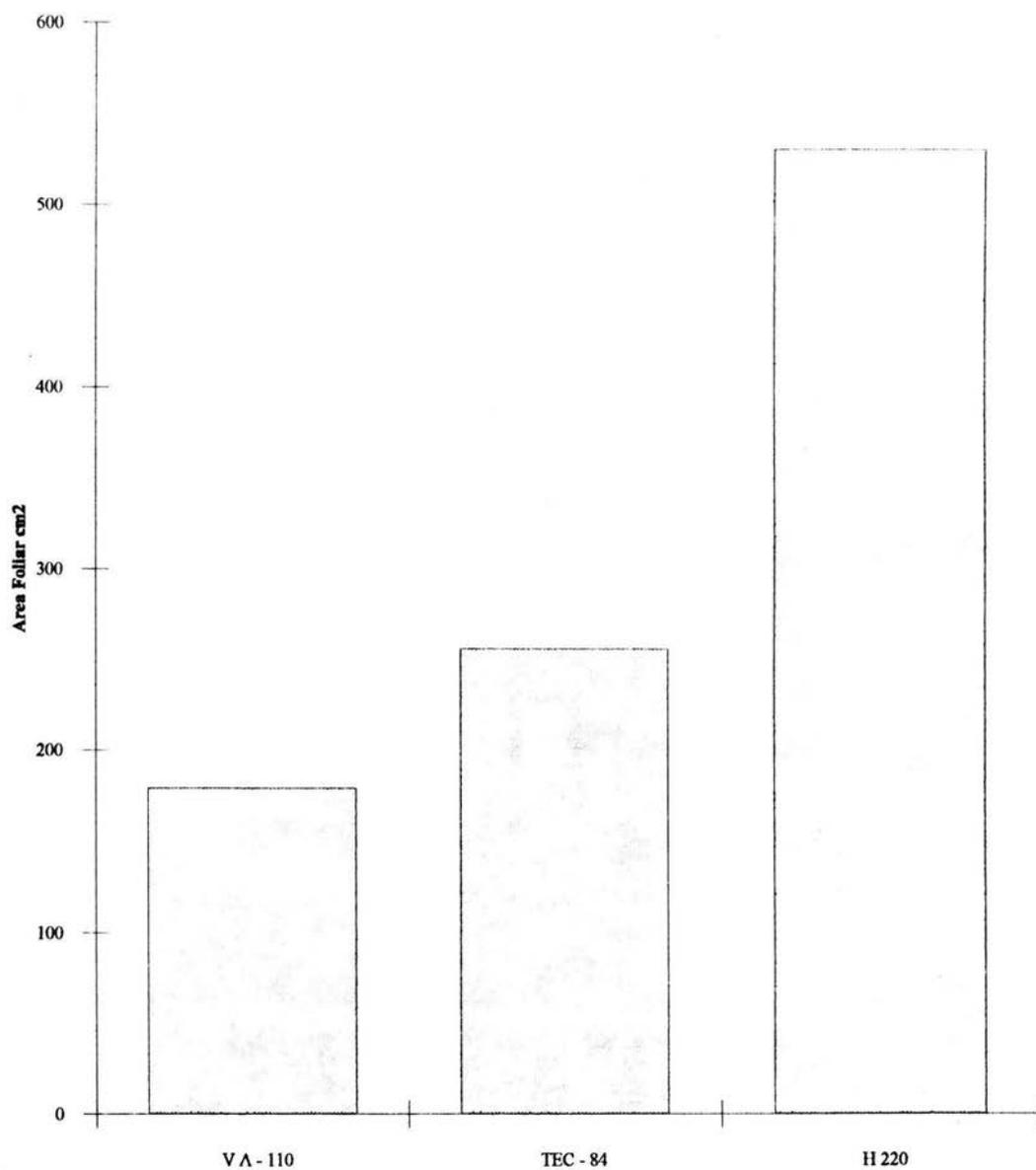


Fig. 25 Efecto de la salinidad 2 sobre el área foliar en las tres variedades de sorgo. La menor producción de área foliar fue para VA-110. Los datos fueron tomados después de la madurez fisiológica.

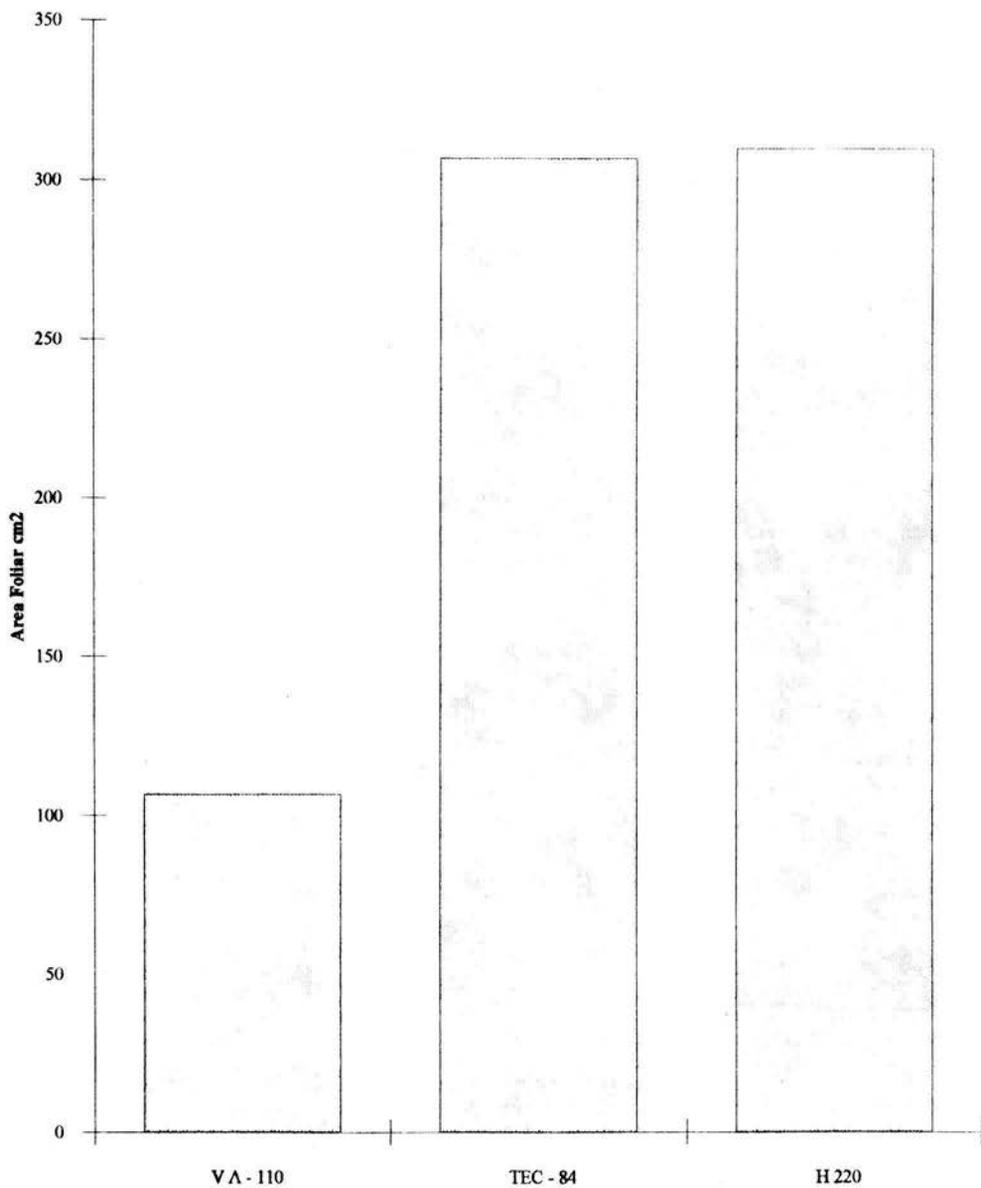


Fig. 26. Efecto de la salinidad 3 sobre el are foliar en las tres variedades de sorgo. Observando que la variedad VA-110 presentó los valores más bajos en producción de área foliar.

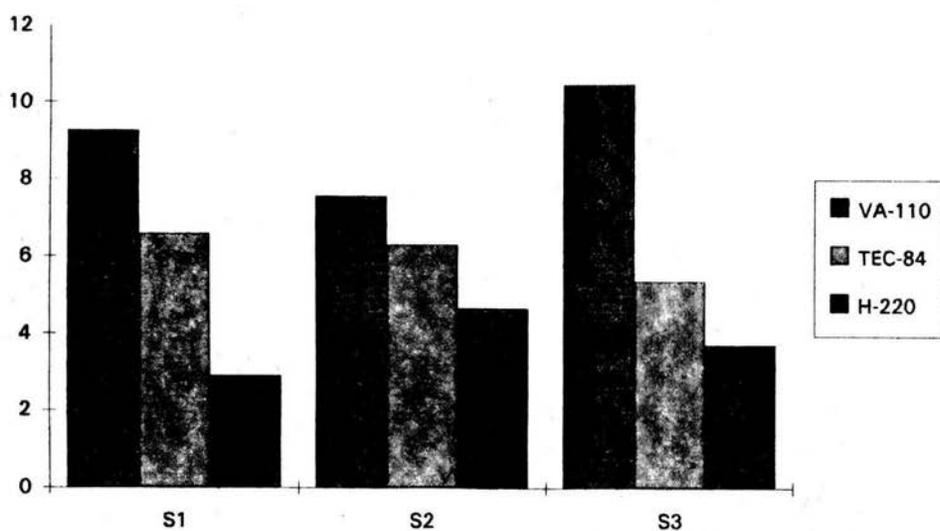


Fig. 27 Grafica comparativa de la relación vastago/raíz entre variedades y salinidades.

6.5 Días a floración

Los índices fisiotécnicos son una buena opción, ya que el uso de la información genético-fisiológica es una alternativa para hacer más eficiente el mejoramiento de las plantas, y al conocer datos como el número de días a floración, número de días a madurez fisiológica, rendimiento biológico, e índice de cosecha, pueden permitir establecer algunas relaciones de eficiencia útiles y de fácil aplicación en programas de mejoramiento genotécnico (Jiménez, 1979).

En el cuadro 2 se muestra una clara diferencia en el grado de afectación por cada salinidad sobre el número de días a floración, siendo H-220 la variedad afectada en la salinidad de 11.02 mmhos/cm, pues hasta los 136 días alcanzó la floración, así mismo desde el inició de su desarrollo fue más lento, ya que la germinación sufrió un retraso, pudiendo deberse a las condiciones salino-sódicas y a la elevada presión osmótica del suelo. A diferencia de la variedad VA-110 que en ésta misma salinidad presentó la floración a los 109 días, fase que no presentó un retraso muy marcado, ya que se ha reportado que la floración se presenta en condiciones normales entre 80 y 100 días para la variedad VA-110 en condiciones de temporal en los Valles Altos de México (Romo, 1982).

6.6 Madurez fisiológica

La madurez fisiológica se presentó en la variedad VA-110 hasta los 132 días y hasta 138 días para la variedad TEC-84 este comportamiento se presentó en la salinidad de 4.00 mmhos/cm. A los 136 días VA-110 logró la madurez fisiológica en las salinidades de 8.00 y 11.02 mmhos/cm, mientras que para TEC-84 ésta se alcanzó a los 138 días en las mismas salinidades (ver cuadro 3).

Los resultados indican que éste índice fisiotécnico no tuvo una gran variación entre las variedades de sorgo ante los diferentes niveles de salinidad, ya que el comportamiento fue similar para VA-110 y TEC-84, puesto que alcanzaron su madurez fisiológica en un periodo comprendido entre 132 a 138 días en los tres niveles de salinidad.

Esta característica agronómica no se vió tan modificada al aumentar el nivel de salinidad, ya que se ha reportado que la madurez fisiológica se alcanza entre 102-138 días bajo condiciones normales y comparando diferentes híbridos de sorgo, (Drozco, 1982).

La variedad H-220 vió interrumpido su desarrollo a causa del clima adverso (helada), ya que el sorgo necesita para su cultivo un período mínimo de 160 días continuos libres de heladas. Por lo que las heladas pueden suspender el desarrollo de la planta antes de alcanzar la madurez fisiológica y en consecuencia no hay formación de grano. (García, 1977).

6.7 Llenado de grano

El período de llenado de grano es a partir de la floración hasta la madurez fisiológica y se observó que la etapa de llenado de grano en la variedad VA-110 se obtuvo en 21 días y a los 29 días para TEC-84 en la salinidad 1; mientras que en la salinidad 2 ambas variedades alcanzaron el llenado de grano en 32 días. En la salinidad 3 fue a los 21 días para la variedad TEC-84.

Al comparar los resultados se observó que los días de llenado de grano fueron muy variables ante los niveles de salinidad, ya que para TEC-84 los días de llenado de grano fueron más en la salinidad de 8.00 mmhos/cm (32 días) mientras que en la salinidad de 4.00 mmhos/cm fue de 29 días en la salinidad de 11.02 mmhos/cm (ver cuadro 4).

Aunque la producción de materia seca total es consecuencia de los eventos que ocurren a todo lo largo del ciclo biológico de la planta, varios autores concuerdan en que la etapa de llenado del grano tiene una gran importancia sobre el rendimiento económico, ya que normalmente a mayor duración de ésta etapa se obtiene mayor rendimiento económico, (Jiménez, 1979).

Mientras que para la variedad VA-110 en la salinidad de 11.02 mmhos/cm, la etapa de llenado de grano fue más afectada al no presentarse un buen llenado de grano, que finalmente se alcanzó a los 27 días. Esto al observar plantas que presentaron la formación de grano por estratos, algunas plantas no tenían grano en el primer tercio de la panoja, otras tenían grano en la parte superior la inferior no, o bien presentándose sólo unos cuantos granos aislados, ésto aunado a la presencia de panojas pequeñas.

CUADRO No. 2 Muestra los días a floración a partir de la siembra. Estos datos se obtuvieron del promedio de 10 plantas por parcela, apreciándose que la variedad H-220 sufrió un retraso en la floración.

VARIEDAD	NIVELES DE SALINIDAD		
	4.00 MMHOS/CM	8.00 MMHOS/CM.	11.02 MMHOS/CM.
V.A.-110	111 DIAS	104 DIAS	109 DIAS
TEC.-84	116 DIAS	103 DIAS	117 DIAS
H-220	132 DIAS	125 DIAS	136 DIAS

CUADRO No. 3. Se presentan los datos de días a madurez fisiológica a partir de la siembra, observando que la variedad H-220 sufrió una interrupción en su desarrollo no alcanzando la madurez fisiológica, debido a las bajas temperaturas registradas en el mes de noviembre.

VARIEDAD	NIVELES DE SALINIDAD		
	4.00 MMHOS/CM	8.00 MMHOS/CM.	11.02 MMHOS/CM.
V.A.-110	132 DIAS	136 DIAS	136 DIAS
TEC-84	138 DIAS	138 DIAS	138 DIAS
H-220	-----	-----	-----

CUADRO No. 4 Se muestran los días de llenado de grano, apreciándose que la variedad H_220 no alcanzó a llenar el grano, debido a la interrupción durante su desarrollo.

VARIEDAD	NIVELES DE SALINIDAD		
	4.00 MMHOS/CM	8.00 MMHOS/CM.	11.02 MMHOS/CM.
V.A.-110	21 DIAS	29 DIAS	27 DIAS
TEC-84	29 DIAS	32 DIAS	21 DIAS
H-220	-----	-----	-----

CUADRO No. 5 Se presentan los datos del peso de 200 granos, y están expresados por el promedio de 40 datos por tratamiento. Apreciándose que para VA-110 en el mayor nivel de salinidad no hubo producción de grano.

VARIEDAD	NIVELES DE SALINIDAD		
	4.00 MMHOS/CM	8.00 MMHOS/CM	11.02 MMHOS/CM
VA - 110	3.9 GRS.	2.9 GRS.	-----
TEC - 84	1.9 GRS.	2.7 GRS.	1.6 GRS
H - 220	-----	-----	-----

CUADRO No. 6 Número de granos por panoja. Los resultados estan expresados por el promedio de 40 datos en cada tratamiento. VA - 110 tuvo mayor producción de granos en el menor nivel de salinidad, mientras que TEC - 84 mantiene su producción de granos a lo largo de las tres salinidades.

VARIEDAD	NIVELES DE SALINIDAD		
	4.00 MMHOS/CM	8.00 MMHOS/CM	11.02 MMHOS/CM
VA - 110	1225	268.9	-----
TEC - 84	515.7	686.3	658.7
H - 220	-----	-----	-----

CUADRO No. 7 Peso de granos por panoja, los datos estan expresados por el promedio de 40 datos por tratamiento. Se observa que VA - 110 disminuye drasticamente el peso de granos por panoja al aumentar la salinidad.

VARIEDAD	NIVELES DE SALINIDAD		
	4.00 MMHOS/CM	8.00 MMHOS/CM	11.02 MMHOS/CM.
VA - 110	23.6 GRS.	4.7 GRS.	-----
TEC - 84	5.3 GRS.	9.1 GRS.	5.9 GRS.
H - 220	-----	-----	-----

CUADRO No. 8 Indice de cosecha, observandose que la variedad VA - 110 muestra una mayor afectación en el nivel mas alto de salinidad, mientras que TEC - 84 fue la variedad menos afectada por la salinidad.

VARIEDAD	NIVELES DE SALINIDAD		
	4.00 MMHOS/CM	8.00 MMHOS/CM	11.02 MMHOS/CM.
VA - 110	88.7	27.5	-----
TEC - 84	29.3	50.9	29.7
H - 220	-----	-----	-----

6.8 Índice de cosecha

Se obtuvo un mejor índice de cosecha en la variedad VA-110 que fue de 88.7% en la salinidad más baja de 4.00 mmhos/cm, mientras que en la salinidad de 11.02 mmhos/cm el índice de cosecha fue nulo para esta variedad. De manera general la variedad TEC-84 presentó índices de cosecha medios en los tres niveles de salinidad.

En lo que respecta a la correlación simple entre tamaño de la panoja y número de granos, el coeficiente de correlación fue negativo para ambas variedades (TEC-84 y VA-110) en todas las salinidades, excepto en la salinidad 2 en donde la correlación es positiva para la variedad TEC-84. Cabe mencionar que en VA-110 salinidad 3, el llenado fue deficiente (panojas vanas) por lo que no hubo producción de semilla.

6.9 Análisis físico-químico del suelo.

Los resultados del análisis de suelo en forma general indican que la textura del suelo es franco arenosa, a excepción del sitio 2 en donde se presenta una textura franco-arcillo-arenosa en los primeros 30 cms., se encuentran sobre terrenos casi planos, con poca retención de humedad, son suelos someros pues a escasos centímetros se encuentra una estructura denominada jaboncillo que impide un buen drenaje.

El pH es moderadamente alcalino y permite el desarrollo de cultivos tolerantes y semitolerantes a la salinidad. La conductividad eléctrica en general es moderada siendo más baja en la profundidad de 30 a 60 cms. y más alta en profundidad 0 a 30 cms., ésto podría indicar un movimiento ascendente de sales solubles principalmente de Na⁺ todo esto influenciado por el elevado manto freático.

En cuando al contenido de materia orgánica los niveles registrados mostraron que estos suelos son ricos pues presentan un promedio de 2.1 a 3.4%.

Se presenta un contenido bajo de nutrientes primarios como el K⁺ y secundarios como el Ca⁺⁺. El Na⁺ varía de 29.4 a 102.6 meq/lt notándose que los valores aumentan con el incremento de la conductividad eléctrica y disminuyen con la profundidad del perfil de suelo. En los cuadros 9, 10 y 11 se muestran los resultados de los análisis físico-químicos que se le practicaron al suelo donde se desarrollo el experimento.

CUADRO No. 9 Analisis fisico-quimico del suelo de la zona Potrero Oriente Seccion "E", Ex-Lago de Texcoco.

PRIMER MUESTREO 7 - V - 1991	SITIO 1			SITIO 2			SITIO 3			
	0 - 30	30 - 60	0 - 30	0 - 30	30 - 60	0 - 30	0 - 30	30 - 60	0 - 30	30 - 60
PROFUNDIDAD CMS.	4.06	3.61	7.94	7.94	6.63	111.25	111.25	5.83	111.25	5.83
C. E. MMHOS/CM 25 C	7.75	7.8	8.3	8.3	8.45	9	9	8.95	9	8.95
pH										
% DE SATURACION	50	50	54.5	54.5	50	55	55	55	55	55
RAS	32.19	58.23	84.67	84.67	65.57	132.81	132.81	83.259	132.81	83.259
% DE HUMEDAD	5.0825	5.1585	5.0369	5.0369	5.3754	4.8018	4.8018	5.6276	4.8018	5.6276
% DE ARENA	78	81.28	69.28	69.28	73.64	73.28	73.28	68.28	73.28	68.28
% DE ARCILLA	9.64	6	20.36	20.36	15.36	12.36	12.36	15.36	12.36	15.36
% DE LIMOS	12.36	12.72	10.36	10.36	11	14.36	14.36	15.36	14.36	15.36
TEXTURA	FRANCO ARENOSO	ARENO FRANCOSO	FRANCO ARCILLO	FRANCO ARENOSO						
% DE MATERIA ORGANICA	3.48	2.193	3.354	3.354	2.769	3.21	3.21	2.228	3.21	2.228
Na + me / lt	29.4522	32.913	70.5565	70.5565	60.5542	102.6087	102.6087	53.6956	102.6087	53.6956
K + me / lt	3.5897	2.7308	6.8205	6.8205	4.141	7.666	7.666	3.6953	7.666	3.6953
Ca ++ me / lt	1.0778	0.7784	0.8583	0.8583	0.9681	0.7784	0.7784	0.5769	0.7784	0.5769
Mg ++ me/lt	0.5965	0.3521	0.5306	0.5306	0.6384	0.4155	0.4155	0.255	0.4155	0.255
CO3= me / lt	0	0	0	0	2.255	12.15	12.15	7.65	12.15	7.65
HCO3- me / lt	7.4399	9.6944	10.8216	10.8216	15.1047	16.975	16.975	15.346	16.975	15.346
Cl- me/lt	26.6	21.85	61.75	61.75	42.3	68.2	68.2	29.45	68.2	29.45
SO4= me / lt	6.72	5.165	6.149	6.149	60.4	13.896	13.896	5.725	13.896	5.725

Nota.- El análisis físico-químico del suelo se realizó en el laboratorio de la Dirección General de Investigación y Desarrollo de la comisión del lago de Texcoco.

CUADRO No. 1.0 Analisis fisico-quimico del suelo, zona Potrero Oriente Sección "E", Ex-Lago de Texcoco.

SEGUNDO MUESTREO 24 - VII - 1991	SITIO 1			SITIO 2			SITIO 3			
	0 - 30	30 - 60	0 - 30	0 - 30	30 - 60	0 - 30	0 - 30	30 - 60	0 - 30	30 - 60
PROFUNDIDAD CMS.	4.06	3.6	7.92	7.92	6.6	6.6	11.25	6.6	11.25	5.85
C. E. MMHOS/CM. 25 C	7.7	7.8	8.28	8.28	8.43	8.43	9	8.43	9	8.95
PH	50	49.8	54.1	54.1	51	51	55	51	55	54.85
% DE SATURACION	32	58.34	83.9	83.9	65.4	65.4	132.91	65.4	132.91	83.26
RAS	6.0749	6.2801	5.097	5.097	6.0751	6.0751	5.0871	6.0751	5.0871	5.6845
% DE ARENA	78	81.28	69.28	69.28	73.64	73.64	73.28	73.64	73.28	68.28
% DE ARCILLA	9.64	6	20.36	20.36	15.36	15.36	12.36	15.36	12.36	15.36
% DE LIMOS	12.36	12.72	10.36	10.36	11	11	14.36	11	14.36	15.36
TEXTURA	FRANCO ARENOSO	ARENO FRANCO	FRANCO ARCILLO ARENOSO	FRANCO ARCILLO ARENOSO	FRANCO ARENOSO					
% DE MATERIA ORGANICA	3.73	2.19	3.367	3.367	2.76	2.76	3.2	2.76	3.2	2.201
Na + me / lt	29.4491	32.8975	70.525	70.525	61.5025	61.5025	102.7091	61.5025	102.7091	53.7427
K + me / lt	3.5575	2.7301	6.7912	6.7912	4.0374	4.0374	7.5903	4.0374	7.5903	3.6512
Ca ++ me / lt	1.0654	0.6273	0.8029	0.8029	0.9061	0.9061	0.7235	0.9061	0.7235	0.5467
Mg ++ me/lt	0.5537	0.349	0.53	0.53	0.6522	0.6522	0.4023	0.6522	0.4023	0.2497
CO3= me / lt	0	0	0	0	2.278	2.278	12.35	2.278	12.35	7.6
HCO3- me / lt	7.4502	9.6539	10.7928	10.7928	15.1277	15.1277	17.0851	15.1277	17.0851	15.97
Cl- me/ lt	26.47	21.68	60.95	60.95	47.08	47.08	68.5	47.08	68.5	30.07
SO4= me / lt	6.57	5.25	6.27	6.27	60.97	60.97	14.597	60.97	14.597	6.815

CUADRO No. 11 Analisis fisico-quimico del suelo zona Potrero Oriente Seccion "E", Ex-Lago de Texcoco.

TERCER MUESTREO	SITIO 1		SITIO 2		SITIO 3	
	0 - 30	30 - 60	0 - 30	30 - 60	0 - 30	30 - 60
25 - X1 - 1991						
PROFUNDIDAD CMS.	4.06	3.61	7.99	6.6	11.27	5.85
C. E. MMHOS/CM 25 C	7.69	7.77	8.3	8.45	9.01	9
pH						
% DE SATURACION	50.5	50.85	54.47	52.3	55.04	54.8
RAS	32.07	58.3	84.27	66.03	133.43	84.3
% DE HUMEDAD	6.0253	6.3751	5.2307	6.1156	5.1923	5.7529
% DE ARENA	78	81.28	69.28	73.64	73.28	69.28
% DE ARCILLA	9.64	6	20.36	15.36	12.36	15.36
% DE LIMOS	12.36	12.72	10.36	11	14.36	15.36
TEXTURA	FRANCO ARENOSO	ARENO FRANCOSO	FRANCO ARCILLO ARENOSO	FRANCO ARENOSO	FRANCO ARENOSO	FRANCO ARENOSO
% DE MATERIA ORGANICA	3.9	2.027	3.426	2.701	3.191	2.072
Na + me / lt	29.4975	32.8923	71.27	61.8735	104.1647	54.2776
K + me / lt	3.7585	2.978	7.2345	4.5763	7.9575	4.0021
Ca ++ me / lt	1.1127	0.6985	0.8714	0.9516	0.7493	0.5815
Mg ++ me / lt	0.5449	0.3256	0.5316	0.6291	0.4117	0.2425
CO3= me / lt	0	0	0	2.331	12222.48	7.03
HCO3- me / lt	7.3991	9.5325	10.8003	15.2571	17.9839	16.029
Cl- me / lt	26.88	21.93	60.51	41.29	69.33	30.19
SO4= me / lt	6.98	5.43	6.364	61.23	14.953	6.336

V I I . D I S C U S I O N

7.1 Germinación

La relativa tolerancia de sorgo (*Sorghum vulgare*) a la salinidad durante la germinación no es sorprendente ya que éste cultivo es originario de regiones áridas y semiáridas con climas secos y donde además existen problemas de salinidad. Por lo que el establecimiento de esta especie de gramínea propagada con semillas en suelos afectados por sales depende principalmente de su capacidad para iniciar y completar los procesos de germinación, ya que esta fase es relativamente más sensible y frecuentemente más decisiva para los subsecuentes estados de crecimiento.

La iniciación de la germinación y la máxima germinación varía con las especies así como con la clase y nivel de estres. Como se observa en VA-110, donde existe una menor reducción en el porcentaje de germinación en los tres niveles de salinidad en comparación con las variedades H-220 y TEC-84, donde la germinación es alterada por la tensión osmótica existente por lo que se reduce la entrada de agua de éste modo se retarda la iniciación de los procesos metabólicos implicados en la germinación de la semilla (Sinha, 1982).

El porcentaje de germinación como se observa en los resultados se reduce conforme se aumentan los niveles de salinidad en la variedad VA-110, lo anterior concuerda con los resultados reportados por Kumar (1984), en donde la germinación de semilla y la producción por parcela decrece linealmente con los crecientes niveles de salinidad. Mientras que para la variedad H-220 en las dos salinidades más altas (8.00 mmhos/cm y 11.02 mmhos/cm) no hay un decremento lineal sino que por el contrario hubo un pequeño aumento en ésta etapa de germinación, como se observa en el cuadro 1. Roundy (1985), reporta que con potenciales osmóticos reducidos por las sales, la entrada de iones hacia las semillas puede aumentar o decrecer la germinación, dependiendo de la toxicidad de los iones sobre las variedades. También se observó un retraso en el tiempo de germinación de la variedad TEC-84, en comparación con las otras dos variedades; de acuerdo con Bernstein y Hayward citados por Ramírez 1989, mencionan que un incremento en la salinidad del suelo sobre la germinación de las semillas, generalmente provoca un retardo de la germinación y niveles altos agravan el retraso de este proceso.

Si bien los porcentajes de germinación obtenidos fueron bajos no son desalentadores puesto que la semilla de sorgo (Sorghum bicolor) con un poder germinativo del 90-95% suele dar sólo un 65% de germinación, bajo condiciones favorables de campo, (Hughes, 1966). Esto aunado a que la emergencia de sorgo no excede en un 40% en suelos con una salinidad de 16 mmhos/cm y una capacidad de campo de 0.33 atm. (Lyles, 1964).

7.2 Comportamiento de las características de crecimiento (número de hojas por planta, altura total de la planta y área foliar).

En todos los regimenes de salinidad estudiados, principalmente en 8.00 y 11.02 mmhos/cm, la salinidad abate el crecimiento, éste decremento en el crecimiento es expresado por una reducción en el tamaño de la planta, en el número de hojas por planta y una reducción en el área foliar.

El efecto de la salinidad a las concentraciones de 8.00 y 11.02 mmhos/cm marco un comportamiento considerablemente variado en el número de hojas entre las tres variedades. Como se visualiza en la figura 17, donde el efecto de la salinidad (11.02 mmhos/cm) fue determinante en la respuesta del número de hojas para VA-110, que resulto más afectada en éste rango de salinidad ya que el ambiente salino limita el crecimiento de la hoja, llegando a afectar también el desarrollo de la planta, ya que la tasa de extensión y la actividad de la superficie fotosintética es la clave que determina la productividad de la planta (Kriedemann, 1986). La variedad TEC-84 en la salinidad de 11.02 mmhos/cm presentó un crecimiento progresivo similar a H-220, pero después de los 60 días se observó en TEC-84 una fase de senescencia en las hojas, esto concuerda con un trabajo realizado por Yeo 1991, en el cual concluye que el principal efecto de la salinidad es causar una prematura senescencia en las hojas, lo que restringe severamente lo aprovechable de la vida fotosintética de la hoja.

Con respecto al nivel de salinidad 2 (8.00 mmhos/cm) se presentó una buena respuesta por parte de las tres variedades, resultando para TEC-84 y VA-110 un comportamiento similar en el cual hay un aumento en la producción total de hojas, hasta los 45 días y posteriormente una disminución. Mientras que para la variedad H-220, el número de hojas fue mayor (figura 16).

En general el incremento en el número de hojas se inició desde la emergencia de la plántula hasta los 45 días después de la siembra para las tres variedades de sorgo, hasta llegar a un límite donde ya no hay más producción de hojas figuras 16 y 17. Además el sorgo es una especie con inflorescencia terminal, por lo tanto los genes de precocidad indirectamente determinan el número de hojas, pues éstas no se diferencian más en el meristemo una vez que esta el cambio de actividad vegetativa a reproductiva. (Mendoza citado por Castellanos, 1983).

Cabe mencionar que en la salinidad 1 (4.00 mmhos/cm) se presentó un retraso en el desarrollo del número de hojas después de los 30 días para las 3 variedades, esto originado principalmente por la elevada precipitación (4.4 a 4.6 mm/mes, SARH, 1991) y aunado a un deficiente drenaje del suelo de la zona de estudio. Es necesario hacer notar que a pesar de este retraso en una etapa temprana de su crecimiento hubo una recuperación en el número de hojas después de los 45 días, figura 15.

Considerando que el nivel de salinidad de 4.00 mmhos/cm no causa un daño considerable a nivel morfológico, puesto que el sorgo es una planta semitolerante.

Altura total de la planta

El desarrollo de la planta se manifiesta por el tamaño y forma, lo que depende de patrones coordinados de división y alargamiento de constituyentes celulares que parecen ser controlados genéticamente pero que pueden ser modificados de acuerdo a las condiciones del medio en que se desarrolla, Kriedemann (1986). El crecimiento es un proceso cuantitativo y se encuentra relacionado con el aumento en masa del organismo.

Existe una diferencia en la respuesta al efecto de la salinidad del suelo sobre la altura total de las variedades de sorgo. Si bien en la salinidad 1 (4.00 mmhos/cm) VA-110 mostró una mayor tasa de crecimiento, en la salinidad 3 (11.02 mmhos/cm) fue significativamente menor esta tasa al igual que en la variedad H-220. Este comportamiento puede explicarse por el efecto de la salinidad del suelo sobre el incremento del sodio intercambiable, esto acompañado por un decremento en el calcio intercambiable, pudiendo resultar un desbalance iónico y un decremento en el potencial de agua de crecimiento, afectando significativamente el crecimiento de la planta (Weimber, 1984; Grieve 1988).

Además hay efectos tóxicos de ciertos iones de las sales, llegando a inhibir la toma y transporte de nutrientes minerales como son nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en plantas glicófitas (Lynch, 1987). Así como una desviación de los recursos asimilados para el mantenimiento del crecimiento.

El costo de energía es causado por un aumento en la tasa de respiración en presencia de sales y el consiguiente uso de asimilados y la tasa de asimilación de CO₂ puede ser menor por el cierre parcial de estomas (Schwarz, 1981). De acuerdo a los resultados obtenidos el crecimiento del sorgo sigue una curva sigmoide en la que se distingue un período de crecimiento lento de corta duración, que corresponde al estado de la plántula. Un período central de rápido crecimiento, que corresponde al período vegetativo de la planta, ésta etapa fue más lenta para la variedad H-220 en las tres salinidades (ver figuras 3, 4 y 5) y un período final en el que el crecimiento va siendo cada vez menos acelerado, hasta hacerse nulo (que corresponde a la etapa comprendida entre la floración y crecimiento del fruto hasta la madurez final).

El desarrollo de la variedad TEC-84 en las tres salinidades presentó menor fluctuación por lo que su tasa de crecimiento fue constante en los tres niveles de salinidad; sin embargo en la salinidad 2 las tres variedades tuvieron un comportamiento similar, ya que la tasa de crecimiento fue alta para cada una de ellas (0.936 a 0.999). Esto demuestra que el sorgo en éstas condiciones experimentales tuvo una mejor tolerancia en niveles bajos de salinidad y de acuerdo con Taylor (1975), los genotipos difieren significativamente en su respuesta a las sales.

Area foliar

En las tres variedades de sorgo el área foliar se vió más afectada por la salinidad de 11.02 mmhos/cm, básicamente ocasionando una disminución en la expansión foliar. Los efectos generales de la salinidad en la fisiología de la hoja pueden expresarse por una reducción en la división celular y una reducción en el alargamiento celular, aunado a una disminución en la conductancia estomática, llegando a afectar el crecimiento de la hoja (Hawker, 1978; Kriedemann, 1986). El efecto de una baja producción de área foliar se acentuó en la variedad VA-110 en la salinidad 3, debido principalmente a la presencia de hojas pequeñas y una senescencia prematura de hojas, en esta etapa de floración, a pesar de tener una disminución del área foliar en la madurez fisiológica se mantuvo cierta actividad fotosintética para disponer de energía, para así sobrevivir a la presión salina hasta el momento de la cosecha, reflejándose ésto en una ausencia de producción de grano (panojas banas, con una distribución desigual de granos a lo largo de la panoja), ya que de acuerdo con Fisher y Wilson, citados por Castellanos, 1983 indican que el rendimiento de grano está asociado con la magnitud y la

duración que el área foliar tiene durante la etapa de llenado de grano, cuando menos en el caso del sorgo. Mientras que en las otras dos salinidades (4.00 y 8.00 mmhos/cm) no hubo una reducción marcada del área foliar activa de la etapa de floración a la etapa de madurez fisiológica, pudiendo canalizar los fotosintetatos a la producción de grano, ya que se reportó que en dos híbridos de sorgo para grano durante el período de llenado de grano fue mayor que la del períodos vegetativo (Castellanos, 1983). En general el área foliar en las variedades TEC-84 y H-220 tuvo la tendencia a aumentar conforme avanzaba la edad de la planta, esto en las tres salinidades. No presentando una disminución del área foliar en las etapas de floración y madurez fisiológica en la variedad TEC-84. Jiménez (1983), reporta que para el caso del sorgo se espera que el área foliar activa presente durante la etapa de llenado del grano sea más importante que la misma en antésis.

A pesar de que la variedad H-220 presentó una tendencia a aumentar su área foliar a lo largo de su desarrollo, en las tres salinidades, no se registro producción de grano, ya que el llenado de grano se vio interrumpido en su ciclo a causa de las condiciones ambientales imperantes (bajas temperaturas), García 1977, señala que las heladas tempranas o tardías pueden suspender el desarrollo de la planta antes de alcanzar la madurez. Pues esta variedad se vio afectada por la salinidad retrasando sus etapas fenológicas (floración, madurez fisiológica).

7.3 Parámetro fisiológico (Frecuencia estomática).

De acuerdo con Mendoza(1986), el número de estomas por unidad de área varía entre especies, existiendo variación dentro de una misma especie, ocasionada por factores ambientales, incidentes durante el crecimiento de las plantas, así como la variación transmitida por factores genéticos. La frecuencia estomática de las tres variedades de sorgo se incrementó conforme el nivel de salinidad aumento en los lotes experimentales, cabe señalar que este aumento no fue altamente significativo, dado que esta característica está determinada genéticamente, además esta característica está relacionada inversamente con el tamaño de las células guarda, ó bien con el tamaño del área foliar, también el área de apertura del poro por unidad de área foliar (Zeiger, 1987) ya que los tratamientos con salinidad dan por resultado un cambio en el porcentaje de distribución de tipos estomáticos, frecuencia e índice estomático (Devi, 1981).

De manera general la frecuencia estomática siempre fue mayor en la hoja bandera en las tres variedades de sorgo, esto aunado a que la frecuencia estomática va siendo mayor conforme el grado de salinidad aumenta, este aumentó

fue mínimo no ocurriendo diferencias altamente significativas. Lo que nos lleva a pensar que la salinidad no altero el número de estomas, por unidad de área foliar existiendo un menor tamaño en las células epidérmicas y estomáticas. Esto concuerda con Meidner, citado por Mendoza 1986, al considerar la posición de las hojas en una planta, se observa que hay más estomas en las hojas superiores (aunque de menor tamaño) que en las hojas inferiores. Según Brouwer, citado por Gausman (1968) establece que la salinidad no influye en la división celular de las hojas, pero que reduce el área foliar por la reducción del alargamiento celular. Sin embargo las especies de plantas pueden diferir a este respecto.

Bajo las condiciones salinas de 11.02 mmhos/cm, de manera general las tres variedades presentaron mayor frecuencia estomática, aunque esta no fue significativa, particularmente la variedad VA-110, ya que a pesar de tener un mayor número de estomas la producción final de biomasa fue notablemente reducida. Pues no necesariamente la planta con los estomas mas grandes o la planta con el mayor número de estomas es la que presenta la mayor área de apertura estomatal por unidad de área que favorezca una mayor transpiración (Mendoza, 1986). Además las limitaciones estomáticas sobre el crecimiento de la hoja pueden manifestarse en el estres salino por una continua transpiración resultante de un mayor flujo de solutos en la interfase raíz-suelo por lo que se impone un estres de solutos dentro de las hojas, y aunado a una baja conductancia estomática lo que resulta una limitante en la tasa de asimilación de CO₂. Por lo que los efectos generales de la salinización sobre la fisiología de la hoja en plantas moderadamente tolerantes, muestran una substancial reducción de la biomasa. Además de que la conductancia estomática se reduce y puede ser más lenta la asimilación de CO₂ a pesar de que hay un 90% de retención de la capacidad fotosintética (en base a la clorofila), Kriedemanh, 1986.

7.4 Floración

El sorgo es una especie vegetal con hábito de crecimiento anual, su ciclo vegetativo tiene un rango muy amplio según las variedades y las regiones en que se cultive (Robles, 1978). Por lo que la variable días a floración estuvo influida por los elevados niveles de salinidad alterando su prefloración. En el caso de la variedad H-220 se encontró un retraso de la floración.

La etapa de floración se retrasó debido a las condiciones salino-sódicas del suelo (ver cuadro 2) y aunado a una humedad baja, la floración se alcanzó en la variedad VA-110 hasta los 104 días en la salinidad de 8.00 mmhos/cm y 109 días en la salinidad de 11.02 mmhos/cm, sufriendo un mayor retraso en la floración en salinidad de 4.00 mmhos/cm como ya se señaló estas plantas sufrieron una inundación durante las primeras etapas de su desarrollo, lo que ocasionó un pequeño retraso en su desarrollo.

En el caso de los suelos salino-sódicos del Ex-Lago de Texcoco en donde están presentes concentraciones altas de sales y sodio, dificultan la adaptación de plantas cultivables, como en éste caso el sorgo, éstos parámetros fisiotécnicos ayudan al mejoramiento genético a través de la selección de genotipos o variedades precoces y tolerantes a las sales, lo que permite ampliar la adaptación del sorgo, como sucedió con la variedad TEC-84.

7.5 Componentes del rendimiento

7.5.1 Rendimiento biológico

El mayor rendimiento biológico se obtuvo en la variedad H-220 en los tres niveles de salinidad, esto influenciado por la producción de biomasa. Ya que presentaron plantas más robustas tallos más gruesos y hojas más anchas, cabe mencionar que esta variedad no completo su desarrollo por lo que se obtuvieron panojas vanas. Mientras que el menor rendimiento biológico se obtuvo en VA-110 en el tercer nivel de salinidad, pues hubo una producción deficiente de biomasa y un bajo desarrollo de panoja. La producción total de materia seca depende principalmente de la magnitud, la duración y la eficiencia del área fotosintéticamente activa, que en su mayor parte corresponde a los limbos de las hojas, o sea de la fotosíntesis laminar. En cuanto a TEC-84 los efectos de los niveles de salinidad sobre el rendimiento biológico no tienen una disminución notable, puesto que no se vieron afectados la producción de biomasa y panoja.

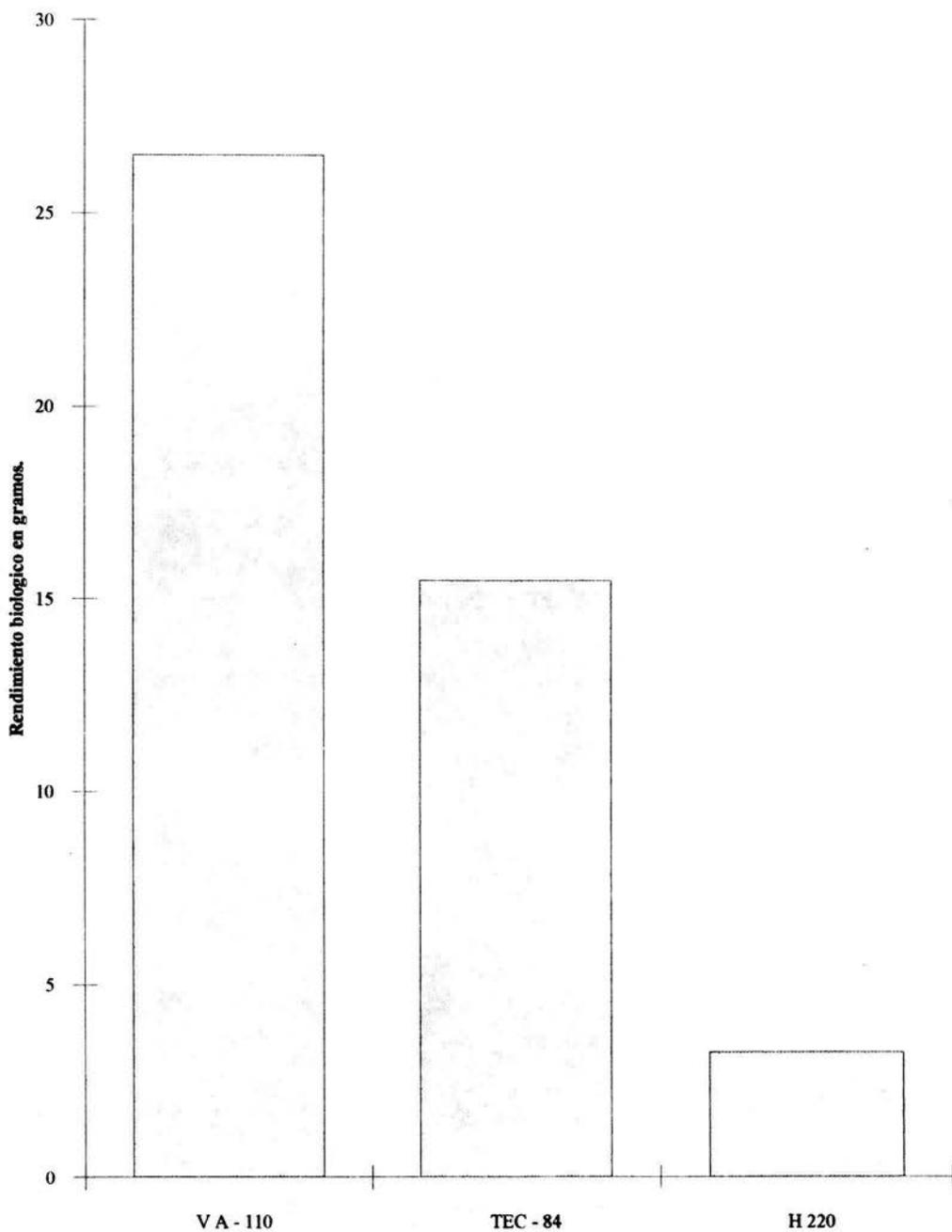


Fig. 28. Se representa el rendimiento biológico, mostrando que VA-110 tuvo un magnífico rendimiento en este nivel de salinidad (4.00 mmhos/cm). El rendimiento biológico en H-220 fue bajo a causa de un pequeño retraso en su desarrollo.

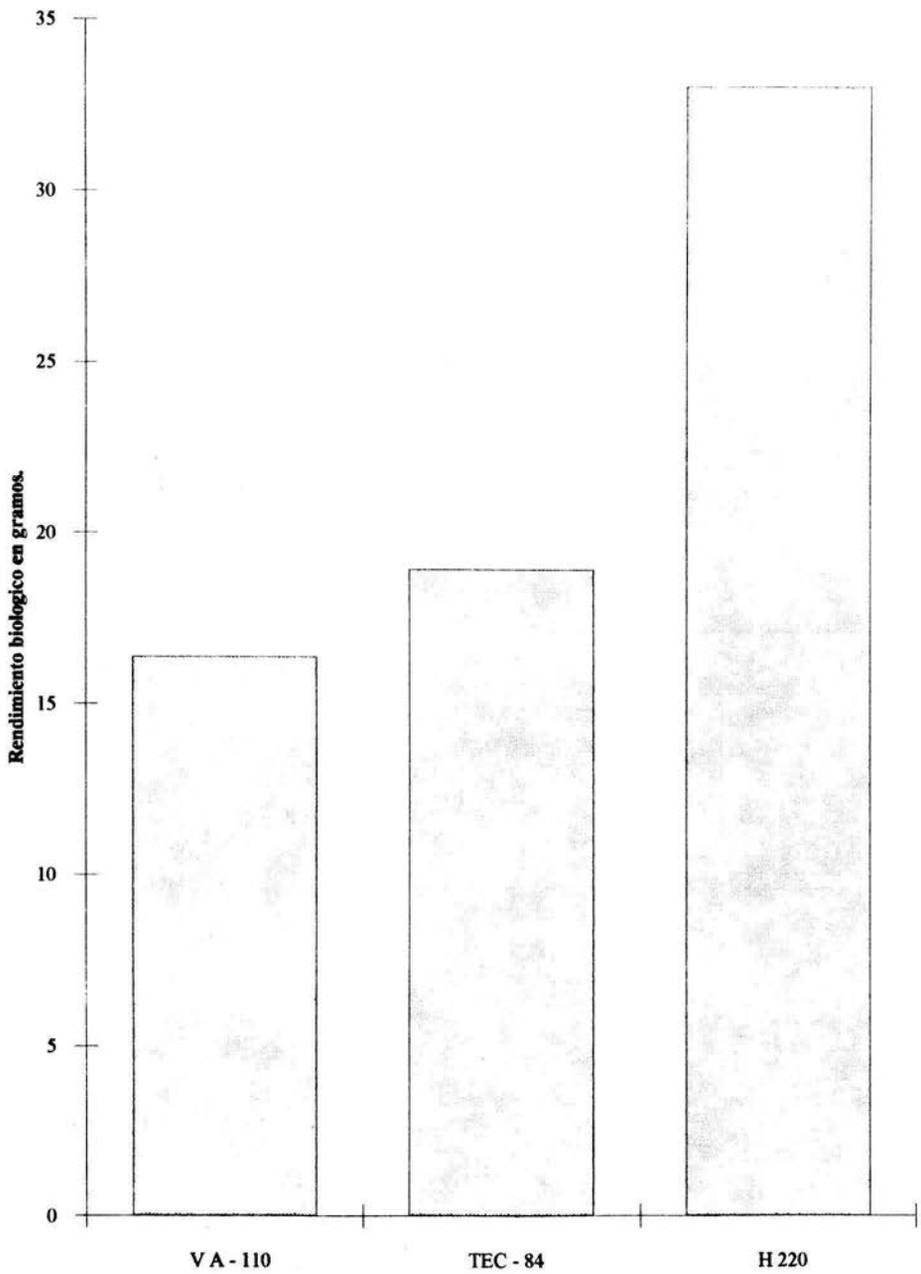


Fig. 29 Se representa el efecto de la salinidad 8.00 mmhos/cm sobre el rendimiento biológico. Apreciándose que VA-110 tuvo un rendimiento menor que disminuyó al aumentar la salinidad.

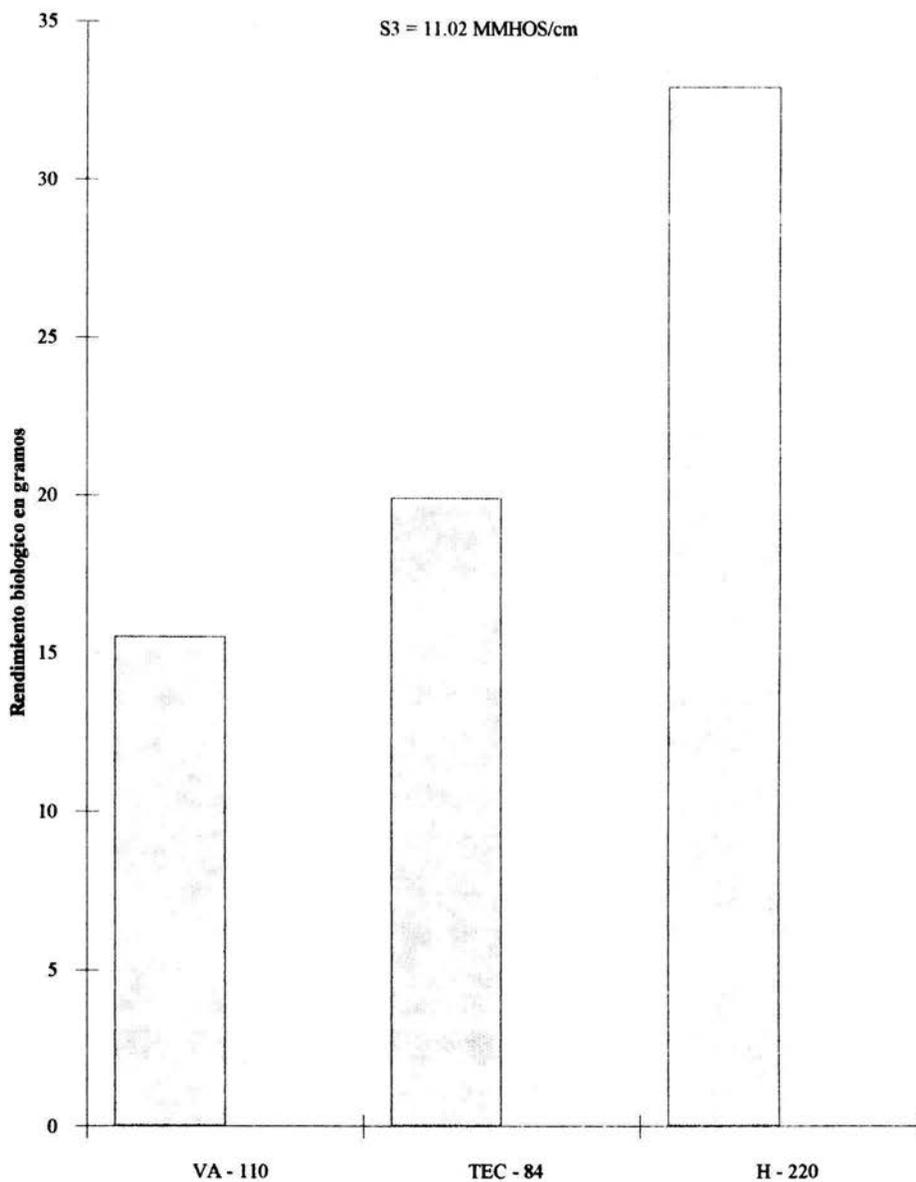


Fig. 30. Se representa el efecto de la salinidad 11.02 mmhos/cm sobre el rendimiento biológico de las variedades de sorgo. TEC-84 no sufrió una drástica reducción en su materia seca como VA-110 y H-220.

7.5.2 Rendimiento de grano

El mayor rendimiento en cuanto a número de granos por panoja, peso de 200 granos y peso de granos por panoja, para VA-110 se obtuvo en la salinidad 1, mientras que en el tercer nivel de salinidad no hubo producción de grano. El rendimiento de grano es un carácter complejo que resulta de la interacción de muchos caracteres primarios de la planta entre sí y de éstos caracteres con el ambiente. Y se considera que el rendimiento depende directamente de 2 factores: el suministro de carbohidratos en el período de prefloración y la capacidad de almacenamiento de carbohidratos en los granos, Beratto 1974. Además hay que considerar que la capacidad de la demanda para almacenar productos fotosintéticos tiene como componentes el número y el tamaño de grano y que el primero es determinado por la fotosíntesis durante etapas anteriores a la floración, específicamente durante la formación de órganos florales donde se define el número potencial de granos, Mendoza (1985). El rendimiento de grano en TEC-84 en cuanto al número de granos por panoja, peso de 200 granos, disminuyó a medida que aumentó el nivel de salinidad. La baja producción de grano es el resultado de una disminución en el tamaño del mismo, y consecuencia de una reducción del área foliar en la etapa de prefloración en el tercer nivel de salinidad. Según Selassie y Begekridan citados por Mendoza (1985); exponen que el tiempo nulo en el que permanece funcionando el área foliar durante el llenado de grano, que es la etapa en el que el área foliar activa tiene un mayor efecto sobre ese componente del rendimiento.

7.5.3 Relación vástago/raíz.

La tasa de formación de materia seca entre las variedades fue más baja en la variedad VA-110 con respecto a las demás variedades consideradas en los dos niveles de salinidad. Ver cuadro 14 del anexo. Esta disminución en la producción de biomasa de VA-110 es el resultado de una senescencia prematura de las hojas en el nivel más alto de salinidad, lo que repercute en una baja producción de fotosintetatos en la etapa de prefloración (Mendoza, 1985; Meiri, 1970) y consecuentemente ocasiona un pobre o nulo desarrollo de panoja y un coeficiente escaso, aunque el coeficiente vástago/raíz haya aumentado en la salinidad tres, éste se vio influenciado por las condiciones salino sódicas del suelo. Se ha reportado en algunos estudios que las condiciones ambientales influyen en un aumento del coeficiente vástago/raíz. (Meyer, 1966).

Mientras que la producción de materia seca más alta corresponde a la variedad H-220 en el segundo nivel de salinidad, a consecuencia de un mayor número de hojas por planta (7 a 9 hojas) y una mayor área foliar aunado a la presencia de tallos más robustos. Obteniéndose un aumento en la relación vástago/raíz. Ver cuadro 19 del anexo. Aunque la producción de biomasa no se vio severamente afectada, esta variedad sufrió un retraso en su ciclo vital no llegando a completar la etapa de madurez fisiológica y repercutiendo en la nula producción de grano.

En cuanto a la variedad TEC-84, se registraron diferencias ante la salinidad, observándose que en el mayor nivel la relación vástago/raíz fue menor, siendo más afectado el tallo ya que éstos fueron menos robustos, mientras que el número de hojas y el área foliar no fueron severamente afectados, al igual que el crecimiento de la raíz. Esta variedad a diferencia de la variedad H-220 no sufrió alteración en su ciclo vital, completando la etapa de madurez fisiológica en los tres niveles de salinidad.

7.5.4 Índice de cosecha

De manera general el índice de cosecha fue más sensible conforme aumento la salinidad, siendo mayormente afectada la variedad VA-110, encontrándose que en la salinidad más elevada el índice de cosecha fue reducido significativamente. El efecto de los niveles de salinidad sobre el índice de cosecha en la variedad TEC-84 no fue tan severamente afectado, por lo que ésta variedad se puede considerar como una variedad estable pues muestra buenos rendimientos y tolerancia en los tres niveles de salinidad (4.00, 8.00 y 11.02 mmhos/cm). Sin embargo, se debe mencionar que el mejor rendimiento fue para VA-110 en el nivel más bajo de salinidad.

El índice de cosecha es un parámetro que nos ayuda a estimar la respuesta del cultivo de sorgo a las condiciones salino-sódicas del suelo. Pues a un mayor índice de cosecha existe una mayor producción de grano como resultado de una mejor eficiencia de la planta (Velasco, 1981).

Se observa que las variedades de sorgo tienen rendimientos (índice de cosecha) entre 88.7% y 27.5% por lo que se pueden considerar rendimientos satisfactorios en estas condiciones. Se han reportado índices de cosecha en condiciones normales de 28% a 38% para sorgo de grano (Velasco, 1981).

Ante las características presentadas por la variedad TEC-84 se sugiere su siembra con bastante confianza en ambientes salinos debido a que su potencial de rendimiento fue bueno.

Se puede considerar que los suelos salino-sódicos de la zona Potrero Oriente del Ex-Lago de Texcoco caen dentro de los límites de tolerancia para el cultivo de sorgo en la variedad TEC-84, esto explica la existencia de rendimientos aceptables. Ver cuadro 8.

7.6 Análisis físico-químico del suelo.

De acuerdo al análisis de las partículas del suelo, proveniente de los sitios experimentales, la textura resulto ser en forma general Franco-Arenosa, donde hay predominancia de arenas, existiendo un mayor porcentaje de macroporos facilitando una buena aereación y absorción de agua de lluvia, así como la permeabilidad y percolación del suelo (Thompson, 1978). Cabe mencionar que estas propiedades están seriamente limitadas por la presencia de un alto porcentaje de sodio absorbido, aunado además a la elevada retención de agua por parte de las arcillas, a un elevado manto freático y a la existencia de "jaboncillo", ocasionando un retención de agua. Esto se ve reflejado en una deficiente percolación del agua de lluvia durante el desarrollo del cultivo de sorgo.

Los valores de pH registrados van de medianamente a fuertemente alcalinos. Estos valores se ven favorecidos por las condiciones de drenaje deficiente y una rápida evaporación superficial, resultando una acumulación de sales solubles en su superficie, las sales generalmente afectan el crecimiento de las plantas por su efecto osmótico. Las elevadas concentraciones de sal aumentan las fuerzas de succión sosteniendo el agua en el suelo, haciendo más difícil la extracción para las raíces. La sal en el suelo obliga a la planta a dar mas energía para obtener agua (Donahue, 1981; Thompson, 1970). Todo esto explica el comportamiento de las variedades de sorgo establecidas en el sitio 3, que presenta un pH fuertemente alcalino (pH 9.0) donde las plantas tuvieron un menor desarrollo en comparación con los otros dos sitios, específicamente para la variedad VA-110 que presentó un desarrollo pobre en su crecimiento. A pesar de este pH alcalino los micronutrientes fósforo y potasio y los macronutrientes como azufre, calcio y magnesio están disponibles, mientras que el nitrógeno y el hierro disminuyen ligeramente su disponibilidad.

En cuanto al porcentaje de materia orgánica, estos suelos son muy ricos. Este porcentaje de materia orgánica se ve favorecida por la presencia de maleza en la zona (Suaeda nigra, Eragrostis obtusiflora y quenopodiáceas) la cual es incorporada al suelo antes y después de la preparación del

terreno. A pesar que las condiciones de incorporación de materia orgánica al suelos no son propicias, debido a una elevada temperatura y un pH alcalino, la presencia de estos valores de materia orgánica pueden ayudar paulatinamente a mejorar las condiciones fisicoquímicas de éste suelo (salino-sódico), además de que proporcionan nutrientes.

Al encontrarse una alta cantidad de materia orgánica se favorece el aumento en la capacidad de intercambio catiónico, ya que la materia orgánica coloidal posee propiedades de intercambio de cationes similares a las de las partículas de arcilla (Ortiz, 1975).

Estos suelos salino-sódicos tienen una conductividad eléctrica que van de 4.0 a 11.0 mmhos/cm, lo que nos indica que las sales solubles presentes de la solución del suelos son principalmente el Na^+ , Cl^- y SO_4^{2-} y en menor proporción HCO_3^- . Comúnmente el sodio ejerce su mayor efecto en el crecimiento de las plantas por la dispersión del suelo, ya que los coloides hacen al suelo poco permeable o impermeable. Por lo que los poros de la capa superior del suelo poco permeable se llenan con las partículas dispersas y es reducido el intercambio de aire y agua hacia adentro y hacia afuera del suelo (Donahue, 1981). Estos efectos del sodio fueron mas severos en el sitio 3 donde la presencia de Na^+ , Cl^- y SO_4^{2-} es mas elevada, afectando el desarrollo del cultivo y en mayor medida la variedad VA-110.

Generalmente en los suelos salino-sódicos, el Ca^{2+} y Mg^{2+} forman carbonatos y sulfatos insolubles, los cuales se reducen en la solución suelo-agua, además que se operan cambios en la arcilla del suelo, pues el Na^+ desplaza al Ca^{2+} y Mg^{2+} formando carbonatos y sulfatos insolubles, los cuales son depositados luego en el suelo como cal insoluble. Los sitios 1 y 2 presentan mayor presencia de Ca^{2+} y Mg^{2+} por lo que se puede pensar que el desplazamiento de los iones en las arcillas es menor.

Se puede considerar de acuerdo a los resultados obtenidos que el alto contenido de sodio en la solución del suelo, afecta en gran medida las propiedades fisicoquímicas del suelo, principalmente al intercambio catiónico y estructura del suelo. Sin embargo hay zonas como las del presente trabajo en donde se han implementado " Métodos de recuperación de suelos" (aplicación de láminas de lavado) que han permitido el desarrollo de cultivos como el caso del sorgo que constituye un cultivo semitolerante y que a la vez contribuye a mejorar paulatinamente las condiciones fisico-químicas del suelo.

VIII. CONCLUSIONES

La variedad que mejor respondió a las condiciones salino-sódicas del área fue TEC-84, ya que completo su ciclo biológico desde su germinación hasta la producción de grano en los tres niveles de salinidad.

La variedad TEC-84 fue más eficiente que VA-110 y H-220 en la producción de grano por su mejor resistencia a la salinidad.

Las variedades VA-110 y TEC-84 mostraron similitud en los caracteres considerados como días a floración, días de madurez fisiológica, días de llenado de grano, pero no en la altura total de la planta.

A pesar de que la tasa de crecimiento en la variedad H-220 fue continua y no sufrió alteración en la producción de biomasa, no se obtuvo producción de grano, esto a consecuencia de una tardía etapa de floración influenciada por las condiciones salino-sódicas de la zona, y por consiguiente un retraso en la etapa de madurez fisiológica, no completando esta última a causa de las bajas temperaturas (noviembre).

Conforme aumento el nivel de salinidad se registró un mínimo aumento en el número de estomas por mm² en las tres variedades de sorgo.

Aunque hubo una variación en el número de estomas en las tres variedades de sorgo, ésta no fue significativa, ya que es una característica fenotípica que está determinada genéticamente.

IX RECOMENDACIONES

Con base en las experiencias que se obtuvieron en el presente trabajo se hacen las siguientes recomendaciones: Debe de continuarse la introducción de cultivos semi-tolerantes a las condiciones salino-sódicas del área de estudio, teniendo presente que el conocimiento de cada una de las etapas fenológicas por las que el cultivo atraviesa es de suma importancia para una mejor estimación del comportamiento biológico que tiene el cultivo ante las condiciones que están limitando su desarrollo.

Además de los parámetros fenológicos que se utilizaron en el presente trabajo, investigaciones posteriores pueden tomar en cuenta también:

- Índice de área foliar ya que sirve como un indicador de la superficie disponible para la absorción de luz y registra el potencial fotosintético de un cultivo determinado.
- Coeficiente de área foliar que es el área foliar entre el peso total de la planta; y expresa la proporción de área foliar cuya fotosíntesis mantiene a todo el individuo.
- Área foliar específica que es el área foliar entre el peso foliar; y es un índice del costo energético o material para la formación de una unidad de superficie foliar.

Todos estos parámetros se deben considerar pues la capacidad de demanda para almacenar productos fotosintéticos se refleja en el número y tamaño del grano y que es determinado por la fotosíntesis durante las etapas anteriores de la floración.

Puesto que el cultivo se desarrolla en una zona en donde se presentan problemas en el suelo, se sugiere realizar análisis bromatológico de las plantas que se cultiven bajo estas condiciones esto se debiera realizar tomando en cuenta el objetivo del trabajo. Se debe registrar también la conductividad estomática, así como los movimientos de apertura y cierre estomático.

Finalmente con respecto a los muestreos de suelos es conveniente registrar la capacidad de intercambio catiónico.

X. BIBLIOGRAFIA

- Ahmed A.M., Heikal, M.M y Zidan, M.A.. 1980. Effects of salinization treatments on growth and some related physiological activities of some leguminous plants. *Can. J. Plant Sci.* 60:713-720.
- Amzallag, G.N. et al.. 1990. Induction of increased salt tolerance in Sorghum bicolor by NaCl pretreatment. *Journal of Experimental Botany.* 41:29-34.
- Arana Muñoz, O.E.. 1970. Recuperación de suelos salino-sódicos del Valle de Mexicali con mejoradores y aguas salinas. Tesis Profesional. E.N.A. Chapingo, México.
- Arriaga Frias, A. 1985. Evaluación de la respuesta fisiológica de tres variedades de sorgo bajo el esquema riego-sequia. Tesis Profesional. E.N.E.P.I., UNAM.
- Ashraf, M. y Rasul, E.. 1988. Salt tolerance of mung bean (Vigna radiata (L.) Wilczek) at two growth stages. *Plant and Soil.* 110:63-67.
- Aspinall, D.. 1986. Metabolic effects of water and salinity stress in relation to expansion of the leaf surface. *Aust. J. Plant Physiol.* 13:59-73.
- Ball, M.C. Y Farquhar G.D.. 1984. Photosynthetic and stomatal responses of the grey mangrove, Avicennia marina, to transient salinity conditions. *Plant Physiol.* 74:7-11.
- Beratto, E.; Ficher, R.A. . 1974. Influencia de la longitud del ciclo sobre algunos parámetros fisiológicos y su relación con el rendimiento de grano en 10 cultivares de trigo (Triticum aestivum L.). *Agrociencia* No. 16:116-124.
- Bermúdez Cosío, F.. 1984. Germinación bajo presión osmótica alta de genotipos de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) seleccionados en pruebas de campo. Tesis Profesional. U.A.CH. Chapingo, México.
- Bidwell R.S.S.. 1979. Fisiología vegetal. AGI Editor. México.
- Binzel Maria L.; Hasegawa, P.M.; Rhoads, D.; Handa, Sangita, Handa, Avitar y Bressan. 1987. Solute accumulation in tobacco cells adapted to NaCl. *Plant Physiol.* 84:1408-1415.

- Boyer, J. S. 1982. Plant productivity and environment. Science. 218:443-448.
- Brady Nyle C. 1974. The nature and properties of soil. 8a. edition. McMillan Publishing. New York.
- Broadbent, F.E., Nakashima, T. y Rolston, D.E. 1988. Effects of salinity and moisture gradients on nitrogen uptake by Sorghum and Wheat. Soil Sci. 146:232-240.
- Castellanos Sánchez, Alejandro y Castillo Aguilar, J. Javier. 1983. Defoliación en sorgo (Sorghum bicolor L. Moench.) tolerante al frío en Chapingo, México. Tesis Profesional U.A.CH. Chapingo México.
- Cramer, G.R.; Lynch J.; Lauchli, A. y Epstein, E. 1987. Influx of Na⁺, K⁺ and Ca⁺ into roots of salt-stressed cotton seedlings. Plant Physiol. 83: 510-516.
- Coughlan, S.J. y Wyn Jones, R.G. 1980. Some responses of Spinacea oleracea to salt stress. J. Exp. Bot. 31:883-893.
- Delane, R.; Greenway, H; Munns, Rana y Gibbs, J.. 1982. Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of Hordeum vulgare growing at high external NaCl. J. Exp. Bot. 33:557-573.
- Devi, C. Sarada y G. Rajeswara Rao. 1981. Influence of salinity on stomatal behavior in groundnut. Indian J. Plant Physiol. 23:174-180.
- Dominy, P.J.; Baker, N.R.. 1980. Salinity in vitro ageing effects of primary photosynthetic processes of thylakoids isolated from Pisum sativum and Spinacia oleracea. J. Exp. Bot. 31:59-74
- Donahue, Roy. L. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Prentice/Hall Internacional. Colombia.
- Epstein, E.N.; Jach, D.; Rush, D.W; Kingsbury, R.W.; Kelly D.B.; Cunningham, G.A.; y Wrona, A.F.. 1980. Saline culture of crops: a genetic approach. Science.210:399-404.
- Flowers, T.J. y Yeo, A.R.. 1981. Variability in the resistance of sodium chloride salinity within rice (Oryza sativa L.) varieties. New Phytol. 88:363-373.
- Francois, L.E.; Donovan, T. y Maas, E.V.; 1984. Salinity effects on seed yield, growth and germination of grain sorghum. Agronomy Journal. 76:741-744.

- Fregoso, T. L. E.. 1982. Evaluación de la tolerancia a las sales de doce híbridos de sorgo (Sorghum vulgare Pers.) en el distrito de Riego No. 026, Bajo Río San Juan, Tam. Tesis Profesional. U.A.CH. Chapingo, México.

- García García, Juan Carlos, 1977. Herencia de la tolerancia al frío y restauración de la fertilidad en sorgos de grano (Sorghum bicolor L. Moench.) para Valles Altos. Tesis Profesional. E.N.A. Chapingo México.

- Gausman Harold W. S. y Cardenas Ruben. 1968. Effect of salinity on External Morphology of cotton leaves. Agronomy Journal. 60:566-567.

- González, G.R.C.; Ortega, E.M.; Ramírez, A.C.; Rone, P.J.L.. 1985. Establecimiento de relaciones funcionales entre láminas de lavado, sales desplazadas y sales residuales en los suelos salinos. Agrociencia. 59:131-147.

- González Hernández, Victor A. 1972. Análisis cuantitativo de apertura estomatal, rendimiento y otras variables en maíz sometido a riego y sequía. Tesis Profesional. E.N.A., Chapingo. México.

- Gorham, J.; Wyn Jones, R.G. y McDonnell, E.. 1985. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. Plant and Soil. 89:15-40.

- Greenway, H. y Munns, R.; 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. Ann. Rev. Plant Physiol. 31:149-190.

- Grieve, C.M. y Maas, E. V. 1988. Differential effects of sodium/calcium ratio on sorghum genotypes. Crop Science 28: 259-265.

- Hausenbuiller, R.L.. 1985. Soil Science, 3th edición. Brown Company Publishers. USA.

- Hawker, J. S. y Walker, R. R. 1978. Effect of sodium chloride on expansion rates and invertase activity of leaves. Aust. J. Plant Physiol. 5:73-80.

- Heuer, Bruria y Plaut, Zvi.. 1989. Photosynthesis and osmotic adjustment of two sugarbeet cultivars grown under saline conditions. J. Exp. Bot. 40:437-440.

- Hodges, Thomas K. y Vaadia, Y. 1964. Chloride uptake and transport in roots of different salt status. *Plant Physiology*. 39:109-114.
- Hoffman, G.J.; Shalhevet y Meiri, A.; 1980. Leaf age and salinity influence water relations of pepper leaves. *Physiol Plant*. 48:3 pp 463-469.
- House, Leland R. 1982. El Sorgo. Guía para su mejoramiento genético. U.A.CH., México.
- Hughes, 1966. Forrajes: La ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. Ed. Continental. México.
- Jiménez, Cordero, Angel. 1979. Estabilidad de rendimiento y de algunos componentes fisiotécnicos en sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). Tesis M.C. Colegio de Post-Graduados. Chapingo, México.
- Jiménez, C., Angel y Mendóza Onofre, Leopoldo 1983. Características agronómicas y fisiotécnicas de líneas e híbridos de (Sorghum bicolor L. Moench). *Agrociencia*. 51: 163-175.
- Johannes, Ipsen, M. D. et al. 1970. Bancroft's introduction to biostatistics. 2 th Edition. Harper and Row, Publishers. N.Y.
- Jones, H.G. 1977. Transpiration in barley lines with differing stomatal frequencies. *J. Exp. Bot.* 28:162-168.
- Kingsbury, R.W.; Epstein, E. y Percy, R. W.. 1984. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. *Plant Physiology*. 74:417-423.
- Kramer, P.J.. 1974. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Edutex. México.
- Kriedemann, P.E.. 1986. Stomatal and photosynthetic limitations to leaf growth. *Aust. J. Plant Physiol.* 13:15-31.
- Kumar, D. 1984. The value of certain plant parameters as an index for salt tolerance in Indian mustard (Brassica juncea). *Plant and Soil*. 79:261-272.
- Lessani, H. . 1978. Relationship between salt-tolerance and long distance transport of sodium and chloride in various crop species. *Aust. J. Plant Physiol.* 5:27-37.

- Lewis, Alvin E. 1966. Bioestadística. Compañía Editorial Continental. México.
- Llerena V.F.A.. 1977. Ventajas de la inclusión del trigo durante la recuperación de suelos afectados por sales. Boletín Informativo. SARH. 44:5-12.
- López Uriza, Jorge. 1976. Efecto de mejoradores y lavado de suelos en la recuperación de un suelo salino-sódico del distrito de Riego No. 25 Bajo Río Bravo, Tam.. Tesis Profesional. E.N.A. Chapingo, México.
- Lyles, Leon y Fanning, Carl D. 1964. Effects of presoaking, moisture tension, and soil salinity on the emergence of grain sorghum. Agronomy Journal. 56:518-520.
- Lynch, Jonathan; Cramer, G.R. y Läuchli, A. 1987. Salinity reduces membrane-associated calcium in corn root protoplasts. Plant Physiol. 83:390-394.
- Maas, E. V.. 1985. Crop tolerance to saline sprinkling water. Plant and Soil 89:273-284.
- Marschner, H.; Kylin, A. y Kuiper, P. J.. 1981. Differences in salt tolerance of three sugarbeet genotypes. Physiol Plant. 51:234-238.
- McCree, K.J.. 1986. Whole plant carbon balance during osmotic adjustment to drought and salinity stresses. Aust. J. Plant Physiol 13:33-43.
- Meiri, A. y Poljakoff-Mayber, A.. 1970. Effect of various salinity regimes on growth, leaf expansion and transpiration rate of bean plants. Soil Science. 109:26-34.
- Méndez, C.M.P. y Arreola, R.R.. 1985. Estado hídrico y respuesta estomática en plantas de café (Coffe arabica). Tesis Profesional. E.N.E.P.I. UNAM México.
- Mendoza Onofre L.; Corona, T.T. y Avellaneda, B.J.. 1985. Defoliación post-antesis, rendimiento de grano y sus componentes en tallos principales de dos cultivares de sorgo. Agrociencia. 62:87-99.
- Mendoza Castillo M. del Carmen. 1986. Fisiología, frecuencia estomatal e índice estomático en dos genotipos de maíz (Zea mays. L.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos. México.
- Mendoza Onofre L.. 1991. Comunicación personal. Campo Agrícola Experimental del Valle de México.

- Mergruen, E. S.. 1970. El mercado del sorgo. Tesis Profesional. E.N.A. Chapingo, México.
- Meyer B. S.; Anderson D. B. y Bohing R. H.. 1966. Introducción a la fisiología vegetal. Ed. Universitaria de Buenos Aires. Argentina.
- Montañó, García, S.; Ortega E; M.; Ramírez A., C. y Rone P., J.L. 1985. Estudio de tres yesos agrícolas y el yeso puro bajo dos formas de aplicación (incorporado al suelo y solubilizado en agua) en el mejoramiento de la capa arable de un suelo sódico. Agrociencia. 59:169-186.
- Mozafar, A. and Goodin, J.R.. 1986. Salt tolerance of two differently drought-tolerant wheat genotypes during germination and early seedlings growth. Plant and Soil. 90:303-316.
- Muhammed, Shah, et al.. 1987. Effect of Na/Ca and Na/K ratios in saline culture solution on the growth and mineral nutrition of rice (Oryza sativa L.). Plant and Soil. 104:57-62.
- Munns, Ranna y Termaat, A.. 1986. Whole plant responses to salinity. Aust. J. Plant Physiol 13:143-160.
- Nieman, R.H.. 1965. Expansion of bean leaves and it's suppression by salinity. Plant Physiol. 40:156-161.
- Orozco Meza, Felipe de Jesús. 1982. Comparación de híbridos de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench.) y algunos de sus progenitores empleando características agronómicas y fisiotécnicas. Tesis Profesional. U.A.CH. Chapingo, México.
- Ortiz Villanueva B. 1975. Edafología. U.A.CH., México.
- Prada Rodríguez, J.N. 1975. Capacidad de adaptación de tres especies vegetales a diferentes condiciones de ensalitramiento en suelos del Ex-Lago de Texcoco. Tesis. M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Rains, D.W.. 1972. Salt transport by plants in relation to salinity. Ann. Rev. Plant Physiol. 23:367-388.
- Ramírez Luna E.. 1982. Estudio de tres fuentes naturales de yeso agrícola en la recuperación de suelos salino sódicos bajo dos procedimientos de aplicación (solubilizados en agua e incorporados al suelo). Tesis Profesional. U.A.CH. Chapingo, México.

- Ramírez Montero, O.M.; et al.. 1989. Determinación experimental de la capacidad germinativa de algunos cultivos agrícolas en soluciones salinas de diferente concentración total y composición cualitativa. *Agrociencia*. 78:249-264.
- Rascón, R.R.. 1979. Metodología para el establecimiento de cuatro especies arbóreas en el vaso del Ex-Lago de Texcoco. Tesis Profesional. E.N.A. Chapingo, México.
- Robles Sanchez, Raúl. 1978. Producción de granos y forrajes. 2a. edición. Ed. Limusa. México.
- Rojas Garcidueñas, Manuel. 1972. Fisiología Vegetal Aplicada. Ed. McGraw-Hill. México.
- Romo, C.E. et al..1982. Guía para cultivar sorgo en los Valles Altos de México, Hidalgo y Tlaxcala. Campo Agrícola Experimental Valle de México. SARH, México.
- Roundy, B.A.; Young, J.A. y Evans, R.A. 1985. Germination of basin wildrye and tall wheat-grass in relation to osmotic and matric potential. *Agron. J.* 77:129-135.
- Schwarz, M. y Gale, J.. 1981. Maintenance respiration and carbon balance of plants at low levels of sodium chloride salinity. *J. of Exp. Bot.* Vol. 32:130 pp 933-941.
- Seemann, J. R. y Critchley, C.. 1985. Effects of salt stress on the growth, ion contents, stomatalbehaviour and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species, Phaseolus vulgaris. *Planta*. 164:151-162.
- Sevilla, R.L.. 1983. Resistencia a la sequia. El indice estomático, forma, tamaño y distribución de estomas en cuatro cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris Pers.). Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. UNAM, México.
- Sinha Anubha; Gupta, S.R.; Rana, R.S.. 1982. Effects of osmotic tension and salt stress on germination of three grass species. *Plant and Soil*. 69:13-19.
- Solano, V.M.A.. 1991. Comunicación personal. Comisión Nacional del Agua. Residencia de obras de Recuperación de Suelos. México.
- Sokal, R.R.. 1979. *Biometria*. Ed. H. Blume, España.
- S.R.H.. 1971. Estudio agrológico especial del Ex-Lago de Texcoco, Edo. de México. SRH. Dirección agrológica. Publicación No. 2, México.

- Tal, M.. 1985. Genetics of salt tolerance in higher plants: theoretical y practical considerations. Plant and Soil. 89:199-226.
- Tamhane, R.V.; Motiramani, D.P.. 1978. Suelos. Ed. Diana, México.
- Taylor, R.M.; Young, Jr. E.F. y Rivera, R. L.. 1975. Salt tolerance in cultivars of grain sorghum. Crop Sci. 15:734-735.
- Thompson, L. M. y Troech, F.R.. 1978. Soils and soil fertility. 4a edición. Mc Graw Hill. U.S.A. 197-204.
- Torre, Gomez, J. 1983. Evaluación de la calidad nutritiva de la proteína de cuatro variedades de sorgo. Tesis I.P.N., ENCB, México.
- Ureña, C.C.F.. 1975. Estudio preliminar para la utilización de diversos mejoradores y láminas de lavado para la recuperación de los suelos salino-sódicos del Ex-Lago de Texcoco. Tesis Profesional, E.N.A., Chapingo, México.
- Vega, Z.G.. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo de sorgo. SARH INIA, México.
- Velasco Lizama Victor R.. 1981. Respuesta de doce variedades de sorgo (Sorghum bicolor, Moench), bajo cuatro sistemas de siembra en Tomatlán, Jalisco. Tesis Profesional. U.A.CH. Chapingo, México.
- Villaseñor C.R.A.. 1973. Estudio preliminar para la recuperación de los suelos salino-sódicos del Lago de Texcoco del Edo. de México. Tesis Profesional. UAC Coahuila México.
- Vuelvas Cisneros M.A.. 1987. Respuesta de dos líneas de sorgo a diferentes regímenes de humedad en el suelo. En dos etapas fenológicas en el bajío. Tesis maestro en ciencias. Colegio de postgraduados. Chapingo, México.
- Weimberg, R.; Lerner, H.R. y Poljakoff-Mayber, 1982. A relationship between potassium and proline accumulation in salt-stressed Sorghum bicolor. Physiol Plant. 55:5-10
- Weimberg, R.; Lerner, H.R. y Poljakoff-Mayber. 1984. Changes in growth and water soluble solute concentrations in Sorghum bicolor stressed with sodium and potassium salts. Physiologia Plantarum. 62:472-480.

- Willmer, Colin M. 1983. Stomata. Ed. Longman. Singapore.
- Wong, R.R.. 1979. Comportamiento de las características agronómicas, índices fisiológicos y patrones de crecimiento de 50 genotipos de sorgo bajo esquema riego-sequia. Tesis M. en C.. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Yang, Y.W.; Newton, R.J. y Miller, F.R.. 1990. Salinity tolerance in Sorghum I. Whole plant response to sodium chloride in S. bicolor and S. halepense. Crop Sci. 30: 775-781.
- Yeo, A.R.. 1983. Salinity resistance: Physiologies and Prices. Physiol Plant. 58:214-222.
- Yeo, A.R.; Caporn, S.J.M. y Flowers, T.J.. 1985. The effect of salinity upon photosynthesis in rice (Oryza sativa L.): Gas exchange by individual leaves in relation to their salt content. J. Exp. Bot. 36:1240-1248.
- Yeo, A.R. y Flowers, T.J.. 1986. Ion relations of plants under drought and salinity. Aust. J. Plant Physiol 13:75-91.
- Yeo, A.R.; Lee, K.S.; Iqbal, P.; Boursier, P.J. y Flowers, T.J. 1991. Short and long-term effects of salinity on leaf growth in rice (Oryza sativa L.). J. Exp. Bot 42:881-889.
- Zeiger, Eduardo; Saqubar, G.D. y Cowan, I.R. 1987. Stomatal function. Ed. Stanford University Press. California, U.S.A.

XI. ANEJO

Se utilizó un ANOVA factorial de 3 X 3, para determinar si existieron diferencias significativas entre las salinidades (4.00, 8.00 y 12.00 mmhos/cm) y las variedades de sorgo (UA-110, TEC-94 y H-220). Estas determinaciones se efectuaron para la altura total de la planta, relación vástago/raíz, frecuencia estomatosa, área foliar en anthesis y después de madurez fisiológica.

CUADRO No.1 Tabla de ANOVA. Altura total de la planta a los 15 días después de su germinación.

F.U.	G.L.	S.S.	M.S.	F.	F(0.05)	F(0.01)
Entre filas (Salinidad)	2	955.006	477.503	145.332	3	4.61
Entre columnas (Variedades)	2	208.066	104.033	31.776	3	4.61
Interacción (Salin. X Vars.)	4	198.101	49.525	15.127	2.37	3.32
ERROR	341	1116.555	3.274			
TOTAL	349	2477.758				

CUADRO No.2 Tabla de ANOVA. Altura total de la planta a los 30 días después de la germinación.

F.U.	G.L.	S.S.	M.S.	F.	F(0.05)	F(0.01)
Entre filas (Salinidad)	2	2118.633	1059.316	69.196	3	4.61
Entre columnas (Variedades)	2	154.292	77.146	5.203	3	4.61
Interacción (Salin. X Vars.)	4	1083.916	270.979	17.735	2.37	3.32
ERROR	331	5067.233	15.309			
TOTAL	339	8435.085				

CUADRO No. 3 Tabla de ANOVA. Altura total de la planta a los 45 días después de la germinación.

F.U.	G.L.	S.S.	M.S.	F.	F(0.05)	F(0.01)
Entre filas (Salinidad)	2	4509.012	2254.506	27.636	3	4.61
Entre columnas (Variedades)	2	3467.816	1733.908	19.716	3	4.61
Interacción (Salin. X Vars.)	4	3161.733	790.433	9.758	2.37	3.32
ERROR	331	25105.481	75.844			
TOTAL	339	40248.042				

CUADRO No. 4 Tabla de ANOVA. Altura total de la planta a los 60 días después de la germinación.

F.U.	G.L.	S.S.	M.S.	F.	F.(0.05)	F.(0.01)
Entre filas (Salinidad)	2	13312.778	6656.389	30.245	3	4.61
Entre columnas (Variedades)	2	8964.0009	4482.0047	20.365	3	4.61
Interacción (Salin. X Vars.)	4	16816.59	4204.148	19.103	2.37	3.32
ERROR	321	70646.122	220.881			
TOTAL	329	109739.49				

CUADRO No.5 Tabla de ANOVA. Altura total de la planta a los 75 días después de la germinación.

F.U.	G.L.	S.S.	M.S.	F.	F(0.05)	F(0.01)
Entre filas (Salinidad)	2	38495.334	19247.917	87.79	3	4.61
Entre columnas (Variedades)	2	5731.656	2865.828	13.071	3	4.61
Interacción (Salin. X Vars.)	4	20902.424	5225.606	23.834	2.37	3.32
ERROR	321	70378.84	219.249			
TOTAL	329	135508.75				

CUADRO No.6 Tabla de ANOVA. Altura total de la planta a los 90 días después de la germinación.

F.U.	G.L.	S.S.	M.S.	F.	F(0.05)	F(0.01)
Entre filas (Salinidad)	2	47336.711	23668.356	74.651	3	4.61
Entre columnas (Variedades)	2	7230.847	3615.424	11.403	3	4.61
Interacción (Salin. X Vars.)	4	18059.873	4514.968	14.241	2.37	3.32
ERROR	311	98601.438	317.046			
TOTAL	319	171228.86				

CUADRO No.7 Tabla de ANOVA. Altura total de la planta a los 105 días después de la germinación.

F.U.	G.L.	S.S.	M.S.	F.	F(0.05)	F(0.01)
Entre filas (Salinidad)	2	18425.073	14212.54	51.122	3	4.61
Entre columnas (Variedades)	2	14302.228	7151.114	25.722	3	4.81
Interacción (Salin.X Vars.)	4	27241.975	6810.494	24.497	2.37	3.32
ERROR	321	86462.338	278.014			
TOTAL	319	156431.62				

CUADRO 8. Error estandar de los datos promedio en la variable Altura Total de las plantas de sorgo a través de su desarrollo.

VARIEDAD		15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS	60 DIAS	75 DIAS	90 DIAS	105 DIAS
S	UA-110	X 9.343	X 14.938	X 28.850	X 39.788	X 42.200	X 67.000	X 85.658
		E 0.455	E 1.337	E 2.635	E 4.885	E 4.134	E 5.029	E 5.885
	TEC-84	X 5.120	X 13.043	X 27.133	X 44.057	X 53.433	X 62.057	X 66.783
		E 0.260	E 0.817	E 1.456	E 3.715	E 4.148	E 4.199	E 2.622
	H-220	X 6.625	X 8.600	X 17.150	X 15.200	X 22.525	X 33.133	X 42.520
		E 0.210	E 0.445	E 0.636	E 0.697	E 0.841	E 1.681	E 1.269
2	UA-110	X 4.323	X 11.408	X 23.538	X 42.150	X 60.212	X 82.337	X 83.580
		E 0.225	E 0.505	E 1.420	E 1.863	E 1.601	E 1.856	E 1.812
	TEC-84	X 3.510	X 10.860	X 27.417	X 41.000	X 61.866	X 73.666	X 74.663
		E 0.245	E 0.417	E 2.031	E 2.170	E 1.709	E 1.041	E 2.818
	H-220	X 4.728	X 13.653	X 23.620	X 44.950	X 68.913	X 80.837	X 84.730
		E 0.170	E 0.396	E 1.213	E 1.793	E 2.220	E 2.832	E 1.066
3	UA-110	X 3.393	X 6.350	X 14.525	X 19.267	X 32.966	X 48.625	X 51.730
		E 0.278	E 0.748	E 0.839	E 1.135	E 2.433	E 3.489	E 3.319
	TEC-84	X 2.700	X 7.753	X 24.065	X 36.620	X 49.475	X 63.120	X 64.305
		E 0.280	E 0.617	E 1.542	E 1.512	E 1.504	E 2.115	E 1.765
	H-220	X 3.398	X 6.625	X 13.288	X 23.763	X 40.030	X 56.735	X 58.440
		E 0.352	E 0.350	E 1.073	E 1.166	E 1.215	E 1.402	E 1.148

CUADRO No. 9 Tabla de ANOVA. Frecuencia estomática (Hoja bandera).

F.U.	G.L.	S.S.	M.S.	F.	F.(0.05)	F.(0.01)
Entre filas (Salinidad)	2	69.94	34.97	29.1183	3	4.61
Entre columnas (Variedades)	2	27.552	13.776	11.496	3	4.61
Interacción (Salin. X Vars.)	4	65.26	16.315	13.615	2.37	3.32
ERROR	311	372.67	1.198			
TOTAL	319	535.422				

CUADRO 10. Error estandar de los datos promedio en la variable Frecuencia estomática de la hoja bandera de las plantas de sorgo.

SALINIDAD	VARIETADES		
	UA-118	TEC-84	H-228
1	X 8.935	X 8.567	X 10.605
	E 0.151	E 0.220	E 0.214
2	X 8.96	X 9.307	X 9.185
	E 0.213	E 0.234	E 0.113
3	X 10.42	X 10.4	X 10.4
	E 0.157	E 0.129	E 0.149

CUADRO No.11 Tabla de ANOVA. Frecuencia estomática (Hoja inferior).

F.U.	G.L.	S.S.	M.S.	F.	F.(0.05)	F.(0.01)
Entre filas (Salinidad)	2	71.861	35.931	30.895	3	4.61
Entre columnas (Variedades)	2	34.364	17.182	14.732	3	4.61
Interacción (Salin. X Vars.)	4	43.469	10.867	9.344	2.37	3.32
ERROR	311	361.798	1.163			
TOTAL	319	511.512				

CUADRO No.12 Error estandar de los datos promedio en la variable
Frecuencia estomática de la hoja inferior en las
plantas de sorgo.

SALINIDAD	VARIETADES		
	VA-118	TEC-84	H-228
1	X 8.55	X 8.093	X 9.34
	E 0.152	E 0.193	E 0.160
2	X 8.565	X 9.04	X 8.725
	E 0.241	E 0.183	E 0.178
3	X 9.32	X 9.622	X 10.06
	E 0.095	E 0.131	E 0.179

CUADRO No.13 Error estándar de los datos promedio de la variable Número de hojas de las plantas de sorgo, a lo largo de su desarrollo.

VARIEDAD		15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS	60 DIAS	75 DIAS	90 DIAS
S 1	VA-110	X 3.6	X 4.3	X 3.65	X 3.55	X 4.2	X 3.5
		E 0.286	E 0.325	E 0.257	E 0.165	E 0.207	E 0.112
	TEC-84	X 2.7	X 4.95	X 3.35	X 3.55	X 4.05	X 4.25
		E 0.143	E 0.149	E 0.276	E 0.239	E 0.132	E 0.120
	H-220	X 2.95	X 3.55	X 3.75	X 4.3	X 4.5	X 5.45
		E 0.149	E 0.193	E 0.177	E 0.225	E 0.166	E 0.180
S 2	VA-110	X 2.6	X 4.2	X 5.45	X 5.45	X 4.4	X 3.7
		E 0.109	E 0.114	E 0.206	E 0.229	E 0.109	E 0.124
	TEC-84	X 2.4	X 3.3	X 6.25	X 5.1	X 4.85	X 4.2
		E 0.109	E 0.186	E 0.139	E 0.186	E 0.107	E 0.114
	H-220	X 2.95	X 4.75	X 6.2	X 6.65	X 5.5	X 6.5
		E 0.049	E 0.156	E 0.27	E 0.128	E 0.132	E 0.166
S 3	VA-110	X 2.4	X 2.4	X 3.55	X 3.2	X 3.8	X 4.25
		E 0.109	E 0.13	E 0.269	E 0.207	E 0.207	E 0.211
	TEC-84	X 2.55	X 3.35	X 5.35	X 5.45	X 5.05	X 4.25
		E 0.111	E 0.237	E 0.31	E 0.206	E 0.229	E 0.120
	H-220	X 3.05	X 3.3	X 5.4	X 4.8	X 5.05	X 4.25
		E 0.217	E 0.201	E 0.342	E 0.195	E 0.275	E 0.177

CUADRO No. 14 Tabla de ANOVA. Area foliar en antesis.

F.V.	G.L.	S.S.	M.S.	F.	F(0.05)	F(0.01)
Entre filas (Salinidad)	2	1452524.6	726262.32	53.819	9	4.61
Entre columnas (Variedades)	2	1249496.1	624748.04	46.296	9	4.61
Interacción (Salin. X Vars.)	4	2243349.1	560837.27	41.56	2.37	3.32
ERROR	311	4196812.1	13494.573			
TOTAL	313	9142181.9				

CUADRO No.15 Error estandar de los datos promedio en la variable
Area foliar en anthesis.

SALINIDAD	VARIETADES		
	UA-110	TEC-84	H-220
1	X 187.787	X 208.586	X 528.334
	E 19.821	E 18.196	E 4.307
2	X 175.956	X 262.474	X 528.334
	E 11.817	E 10.643	E 29.942
3	X 104.945	X 303.758	X 308.427
	E 10.664	E 26.541	E 14.667

CUADRO No. 16 Tabla de ANOVA. Area foliar después de la madurez
fisiológica.

F.U.	G.L.	S.S.	M.S.	F.	F(0.05)	F(0.01)
Entre filas (Salinidad)	2	1468148.9	734074.43	41.293	3	4.61
Entre columnas (Variedades)	2	1249251.4	624625.72	35.136	3	4.61
Interacción (Salin. X Vars.)	4	913203.65	228300.91	12.842	2.37	3.32
ERROR	311	5528750.7	17777.334			
TOTAL	319	9159354.7				

CUADRO No. 17 Error estandar de los datos promedio en la variable
Area foliar en madurez fisiologica.

SALINIDAD	VARIEDADES		
	VA-110	TEC-04	H-220
1	X 189.604	X 210.015	X 116.366
	E 19.037	E 10.246	E 4.376
2	X 170.632	X 265.166	X 531.017
	E 10.042	E 10.672	E 29.969
3	X 105.637	X 307.311	X 307.920
	E 10.039	E 26.466	E 14.924

CUADRO No. 10 Tabla de ANOVA. Relacion vástago/raiz.

F.U.	G.L.	S.S.	M.S.	F.	F(0.05)	F(0.01)
Entre filas (Salinidad)	2	14.805	7.403	1.052	3	4.61
Entre columnas (Variedades)	2	1395.255	697.628	99.129	3	4.61
Interaccion (Salin. X Vars.)	4	202.904	50.722	7.200	2.37	3.32
ERROR	311	2100.689	7.030			
TOTAL	319	3001.653				

CUADRO No.19 Cuadro comparativo de la influencia de las condiciones salino-sódicas del suelo sobre el peso seco del vástago (tallo, hojas y panoja según Bremer, 1974) y raíz en las tres variedades de sorgo. Datos promedio.

SALINIDADES	PESO SECO (grs.)	VARIETADES		
		VA-110	TEC-04	H-220
1	VASTAGO	X 26.67	X 15.50	X 3.27
		E 4.03	E 1.81	E 0.11
	RAIZ	X 2.32	X 2.37	X 1.14
		E 0.31	E 0.27	E 0.03
2	VASTAGO	X 15.28	X 19.81	X 36.57
		E 1.43	E 1.71	E 3.52
	RAIZ	X 2.21	X 3.45	X 7.37
		E 0.2	E 0.28	E 0.49
3	VASTAGO	X 6.84	X 16.82	X 16.67
		E 0.54	E 1.86	E 1.44
	RAIZ	X 0.70	X 2.02	X 4.59
		E 0.06	E 0.18	E 0.37

CUADRO No.20 Correlación simple entre las variables Número de hojas y Altura de la planta (cms.), los datos se registraron por variedad y salinidad a lo largo de su crecimiento.

TIEMPO (días)	SALINIDAD 1			SALINIDAD 2			SALINIDAD 3		
	VA-110	TEC-04	H-220	VA-110	TEC-04	H-220	VA-110	TEC-04	H-220
15	1.057	0.598	0.342	0.644	0.372	0.084	0.755	0.295	0.429
30	0.939	0.228	0.743	0.714	0.736	0.496	0.591	0.813	0.68
45	0.745	0.343	0.638	0.232	0.16	0.235	0.664	0.416	0.95
60	0.814	0.113	0.36	0.477	0.73	0.054	0.705	0.559	0.235
75	0.676	0.233	0.217	0.096	0.187	0.882	0.76	0.729	0.016
90	0.423	0.303	0.763	0.007	0.187	0.058	0.512	0.042	0.728