

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

COLEGIO DE GRADUADOS

INFLUENCIA DE DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD Y DE FERTILIZACION
NITROGENADA SOBRE LA ABSORCION DE AGUA Y NUTRIENTES, EN
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO EN DOS VARIEDADES DE MAIZ

JORGE LUIS GARCIA AVILA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN SUELOS E IRRIGACION

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA

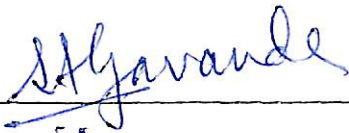
1975

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

COLEGIO DE GRADUADOS

INFLUENCIA DE DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD Y DE FERTILIZACION
NITROGENADA SOBRE LA ABSORCION DE AGUA Y NUTRIENTES, EN
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO EN DOS VARIETADES DE MAIZ

COMITE SUPERVISOR DE TESIS



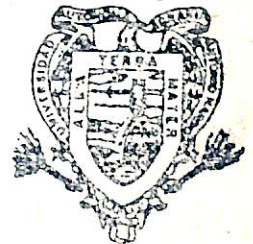
SAMPAT A. GAVANDE Ph.D.



MARIO CASTRO GIL Ph.D.



JUAN D. VEGA GUTIERREZ Ph.D.



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

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA

ABRIL DE 1975

A MIS PADRES

Con todo mi cariño

A MIS HERMANOS

A MI ASESOR

Dr. Sampat A. Gavande

Con Agradecimiento y Respeto

A MIS CONSEJEROS

Dr. Graciano Patiño

Ing. Regino Morones

Dr. Mario Castro G.

Dr. Juan D. Vega G.

A MIS PROFESORES

A MI ASESOR

Dr. Sampat A. Gavande

Con Agradecimiento y Respeto

A MIS CONSEJEROS

Dr. Graciano Patiño

Ing. Regino Morones

Dr. Mario Castro G.

Dr. Juan D. Vega G.

A MIS PROFESORES

AGRADECIMIENTO

Al Centro Nacional de Investigación para el Desarrollo de Zonas Aridas y al Colegio de Graduados a quienes agradezco profundamente la oportunidad que me brindaron para superarme.

I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	1
LITERATURA REVISADA	4
MATERIALES Y METODOS	14
RESULTADOS Y DISCUSION	21
RESUMEN Y CONCLUSIONES	44
BIBLIOGRAFIA	47
APENDICE	51

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Características Físicas y Químicas del Suelo estudiado	15
2	Tratamientos de Humedad y de Fertilización así como cantidad de agua aplicada a los tratamientos	21
3	Turgencia Relativa correspondiente a cada uno de los tratamientos de Humedad y Fertilización de los Maíces Normales y Super-enanos respectivamente	34
4	Etapas Fenológicas de las Plantas de Maíz	43

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Curva de Retención de Humedad del Suelo estudiado, Horizonte 0-30 cm	16
2	Agua aplicada en litros por maceta para cada variedad de Maíz y para los diferentes niveles de Nitrógeno	23
3	Eficiencia en el Uso del Agua para las dos variedades de Maíz a diferentes tensiones de Humedad del Suelo	24
4	Eficiencia en el Uso del Agua para las dos variedades de Maíz a diferentes Niveles de Fertilizante	25
5	Fluctuaciones en el Potencial de Agua del Suelo en relación con el tiempo para cuatro tensiones en suelo cultivado con Maíz Normal	27
6	Fluctuaciones en el Potencial de Agua del Suelo en Relación con el tiempo para cuatro Tensiones en suelo cultivado con Maíz "Super-enano",	28
7	Temperaturas Diarias Máximas y Mínimas dentro del invernadero	29
8	Agua Absorbida durante un ciclo de riego por ambos maices	32

Figura No.		Página
9	Rendimiento de Materia Seca para las dos Variedades de Maíz y para los diferentes Niveles de Nitrógeno aplicado	36
10	Rendimiento de Materia Seca para las dos variedades de Maíz y para los diferentes Esfuerzos de Humedad del Suelo	37
11	Curvas de Respuesta para la interacción Humedad-Fertilidad	39
12	Porcentaje de Proteína en el Grano de los maíces Super-enanos para los diferentes niveles de Fertilidad y de Humedad en el Suelo	41
13	Variación en la Cantidad de Nitrógeno -- absorbido para las dos variedades de Maíz y para los diferentes Niveles de Nitrógeno	42

INDICE DEL APENDICE

Cuadro		Página
1A	Cantidad de Agua absorbida diariamente por los maices normales y por los maices super- enanos, durante un ciclo de riego .	52
2A	Alturas de los Maices Normales y de los Su- per-enanos a los 46 días de la germinación y a los 19 días de iniciados los tratamien- tos de humedad	53
3A	Alturas de los Maices Normales y de los Su- per-enanos al momento de la cosecha	54
4A	Diámetros de los Tallos de los maíces Norma- les y Super-enanos a los 47 días de la ger- minación y a los 20 días de iniciados los - tratamientos de humedad	55
5A	Diámetros de los Tallos de los Maices Norma- les y Super-enanos al momento de la cosecha	56
6A	Rendimiento total de materia seca para dos variedades de Maíz, así como rendimiento en grano de los Maíces Super-enanos	57
7A	Porciento de Materia Seca para cada uno de los tratamientos y para cada variedad de Maíz	58

Cuadro		Página
8A	Rendimiento en Paja de maíces Super-enanos y Normales incluyendo los <u>órganos reproductivos</u> al momento de la cosecha	59
9A	Análisis de varianza para el rendimiento en Paja	60
10A	Análisis de Regresión para la Interacción Humedad-Fertilidad	60
11A	Resultados de Análisis para la determinación de Proteína en Forraje y Grano	61
Fig. 1A	Esquema representativo de la distribución de las Macetas en el invernadero	62

INTRODUCCION

La falta de alimentos amenaza al mundo hoy día en proporciones no conocidas antes en la historia. A partir de 1900, la población mundial se ha duplicado. Con el régimen de aumento actual, esta población volverá a duplicarse en solo 33 años más, lo que obliga a que la producción de alimentos aumente en mayor proporción que la población, de lo contrario dicen los expertos, dos terceras partes de los habitantes de nuestro planeta podrán encontrarse al borde de la inanición antes del año 2000.

Una batalla prometedora contra la falta de alimentos se inició en el Campo Experimental de Roque, Gto. en el verano de 1968, cuando se obtuvo un híbrido de maíz de altura muy reducida, pero de hojas erectas, espiga chica y acortamiento solamente en los entrenudos inferiores, características que tienden a mejorar la eficiencia fotosintética de las plantas y han permitido lograr rendimientos en mazorca hasta de 19.9 ton/ha en una densidad de población de 130,000 plantas por hectárea (5).

Debido a la importancia y adaptabilidad de este cultivo, este híbrido está siendo probado en una amplia gama de condiciones climáticas y edafológicas. Los fitomejoradores han sido capaces de modificar la planta de maíz para obtener una mayor producción, pero se necesita de un mejor conocimiento de los factores limitantes en el rendimiento de grano.

Los genetistas y fitomejoradores pueden contribuir al aumento de la producción mediante el desarrollo de variedades de plantas mejor adaptadas y económicamente más eficientes. Ciertas re-

giones con períodos cortos de lluvia podrían ser explotados más efectivamente mediante el desarrollo y utilización de variedades de maíz, sorgo, pastos y mijos de crecimiento rápido, precoces y tolerantes a la sequía.

Con la inmensa variación genética disponible en la mayoría de estas especies, es posible desarrollar variedades que se adapten a casi cualquier ambiente. Es posible aumentar la eficiencia en la utilización del agua por las plantas y su adaptación a condiciones secas, así como desarrollar variedades de crecimiento rápido, de madurez precoz, que utilicen al máximo períodos cortos de lluvias. Es posible también desarrollar variedades resistentes a la sequía con un sistema radicular profundo para áreas en que las lluvias tienen una distribución pobre.

La necesidad de establecer programas de mejoramiento de variedades en lo que respecta al comportamiento del cultivo en las condiciones de déficit de humedad que se presentan con periodicidad y duración variables, especialmente en zonas de temporal irregular, ha estimulado numerosas investigaciones. El déficit interno del agua de la planta limita el crecimiento vegetativo y los rendimientos por su efecto sobre una variedad de procesos básicos, tales como división celular, elongación de células y fotosíntesis. La humedad inadecuada es el mayor factor limitante del ambiente y una tolerancia inadecuada a la sequía limita el potencial de producción.

El maíz, juntamente con el frijol y el trigo constituyen los productos agrícolas básicos en la alimentación del pueblo mexicano. Su importancia puede deducirse, además, por la extensión de

tierras dedicadas a su cultivo.

Dado que la República Mexicana posee recursos limitados de tierra y agua para extender el cultivo de éstas y otras especies agrícolas, cobra significativo interés el conocimiento de la interrelación de los factores que contribuyen a elevar los rendimientos unitarios. Con este antecedente y considerando que la capacidad productiva de variedades de maíz con características genéticas para alto rendimiento, frecuentemente está limitado por falta de un equilibrio entre la cantidad disponible de nutrientes y el esfuerzo de humedad del suelo en que se desarrollan las plantas, se hizo este estudio cuyos objetivos consistieron en:

- a). Estudiar, bajo condiciones de invernadero, la influencia del esfuerzo de humedad del suelo, y el efecto de dosis crecientes de nitrógeno, en el rendimiento de dos variedades de maíz y establecer preliminarmente la combinación adecuada de estos factores para una mayor producción.
- b). Obtener información sobre el grado de absorción de agua y elementos fertilizantes por las plantas en cada condición de humedad y fertilización, a fin de determinar la combinación óptima de los factores bajo estudio para su eficiente uso de agua y nutrientes.
- c). Comparar la respuesta en rendimiento y calidad de grano de maíz a la fertilización nitrogenada y esfuerzo de humedad del suelo.

LITERATURA REVISADA

La eficiencia en el uso del agua por los cultivos ha sido el objetivo de una gran cantidad de investigación agronómica. Montgomery y Kiesselbach (17) demostraron que la fertilidad del suelo tiene una pronunciada influencia en el requerimiento de agua en el maíz. Ellos notaron más producción vegetativa por unidad de agua usada con suelos fértiles que con infértiles. La resistencia a la sequía de un cultivo fertilizado ha sido atribuída a un más activo sistema radicular con más capacidad para extraer humedad del suelo.

Viets (28) en una reciente revisión racionaliza la significancia de uso eficiente del agua determinado por diversos trabajos de investigación de la relación humedad-fertilidad. El reportó un aumento de la eficiencia en el uso del agua debido a la fertilización, y dice que la adecuada nutrición de un cultivo es un factor de gran importancia en el uso eficiente y conservación de fuentes de agua.

En un trabajo realizado en Nebraska (19) el uso eficiente del agua se incrementó en un 29% en un tratamiento fertilizado óptimamente en el cultivo de maíz. Este aumento fue especialmente asociado con incremento en los rendimientos. El maíz y el sorgo evidenciaron más capacidad para extraer humedad del subsuelo que los granos pequeños.

En áreas de menos de 500 mm de lluvia anual, los cultivos en estos suelos están sujetos frecuentemente a tensión por falta de humedad en algunos períodos durante el crecimiento, lo

que ocasiona que los rendimientos sean por abajo del potencial genético del cultivo. La mayor parte de las pérdidas de agua - que sufre la planta ocurren en la transpiración y a mayor área de la hoja aquellas serán mayores (15).

Este efecto ha sido inferido de la evidencia de que dentro de ciertos límites, una baja población de plantas resulta en un mayor rendimiento que una alta población bajo condiciones de se quía (15).

Incrementando las aplicaciones de nitrógeno aprovechable - se incrementa el crecimiento vegetativo en la mayoría de los sue los.

Denmead y Shaw (8) demostraron que el grado de crecimiento de las plantas está estrechamente relacionado con el tiempo que las hojas pueden mantenerse turgentes y tener la transpiración en su grado de máximo potencial.

La disponibilidad del agua dentro de los límites de humedad aprovechable ha sido motivo de controversias con la evolución - del conocimiento en el campo de la física de sue los (10). La evi dencia acumulada en México a este respecto, indica que el crecimiento de la planta disminuye a medida que la humedad del suelo se reduce, desde la capacidad de campo hasta el porcentaje de mar chitamiento permanente (18).

El efecto de la humedad del suelo puede entenderse claramen te cuando se utiliza como base la energía libre del agua en el - suelo, o más concretamente, el esfuerzo de la humedad del suelo.

El esfuerzo de la humedad del suelo afecta fundamentalmente la absorción de agua por la planta (24), y lógicamente la disponibilidad de nutrientes en solución. Asimismo, debe afectar los procesos biológicos del suelo de los que depende en alto grado la disponibilidad de nutrientes.

Prácticamente el momento en el cual la planta es más sensitiva a las condiciones de sequía, coincide con la etapa reproductiva. Denmead y Shaw (7) en sus trabajos realizados con maíz, sometidos a 2-3 ciclos de humedad seguidos de sequía, con aproximadamente siete días de duración cada etapa de déficit, encontraron un 25% de reducción vegetativa medida por la reducción del área foliar, mientras que cuando el déficit de humedad coincidió con la etapa previa a la emergencia de los estigmas, se registró una disminución en el rendimiento de grano del 25%; cuando el déficit se manifestó después de esta etapa. La mayor sensibilidad coincide con la fase embriónica.

Cruz (6), trabajando bajo condiciones de invernadero con trigo, maíz y cebada, encontró una alta correlación entre la apertura estomatal relativa y el esfuerzo de humedad del suelo. Gómez y Fernández (9) trabajando con este mismo método en frijol y alfalfa bajo condiciones de campo, encontraron que, tanto la apertura estomatal relativa, como la turgencia relativa, reflejan las condiciones de energía de la humedad del suelo y pueden usarse en las determinaciones del momento de regar.

Baldovinos (2) indica que el número de los estomas influye en razón directa en la velocidad de transpiración de las plantas

y el tamaño influye en razón inversa.

Penman y otros (20) también mostraron que cuando el agua aplicada no es limitante, el grado de transpiración está muy relacionado con las condiciones climatológicas. Si la transpiración potencial excede a la cantidad de agua que la planta puede absorber del suelo, el marchitamiento ocurre acompañado por un cierto grado de cierre de los estomas y una reducción en la fotosíntesis. La cantidad de agua removida del suelo por una planta depende del flujo de agua de la masa del suelo a la superficie de la raíz, y la cantidad de flujo depende de la tensión con la cual el agua es retenida y de la conductividad capilar del suelo.

Denmedad y Shaw (8) encontraron disminución en la producción de materia seca a altos rangos de transpiración potencial (6-7 mm por día), cuando el promedio de tensión de humedad del suelo fue mayor que un tercio de bar o aproximadamente a capacidad de campo. El rango de transpiración potencial de cultivos bajo riego en muchas áreas áridas o semiáridas es mayor de 7 m.m. por día durante una gran parte de la época de crecimiento, las disminuciones en rendimiento probablemente ocurren debido a la insuficiente agua rápidamente disponible en el suelo. Una inadecuada aplicación de agua al cultivo conduce al cierre estomatal al cual causa una reducción en el crecimiento.

Carlson et al (4) encontró que la evapotranspiración es considerablemente mayor en las áreas irrigadas que en las no irrigadas, y la cantidad de materia seca producida por pulgada de agua

usada en la evapotranspiración se incrementó con altas densidades de población y con fertilizante nitrogenado. Este efecto fue menos marcado en los tratamientos no irrigados. La cantidad de materia seca producida por pulgada de agua usada fue mayor en los tratamientos no irrigados, que en los irrigados, excepto en los de altas dosis de nitrógeno y alta densidad de plantas. De esto se concluye que para una máxima eficiencia de la humedad del suelo se requiere una adecuada fertilización y una óptima densidad de plantas (4).

Hanks reporta (10) el efecto de la fertilidad del suelo sobre el rendimiento y consumo de agua por las plantas, y muestra que la fertilidad del suelo afecta el requerimiento del agua por el maíz. En suelos pobres el agua requerida se redujo casi a la mitad por la adición de fertilizantes, pero en suelos con alta productividad la reducción de agua fue poca.

La absorción de nutrientes bajo la influencia de diferentes condiciones de humedad fueron estudiados por varios autores en numerosas especies vegetales en la revisión que hacen Richards y Wadleigh (29), quienes concluyen que hay evidencia experimental que a un nivel dado de fertilidad, la disminución en el provisiónamiento de agua está asociado con un aumento definido de nitrógeno en los tejidos, una disminución en el contenido de potasio, y un efecto variado sobre el fósforo, calcio y magnesio.

Los estudios recientes sobre necesidades de humedad de las plantas están referidas a los conceptos de energía del agua en el suelo y en la planta. El momento de regar se define en forma

teórica y simple como el punto en el cual un nivel mínimo de humedad permisible en el suelo (en una etapa o a través de todo el ciclo vegetativo) permite obtener un rendimiento económico máximo, pero este nivel de humedad solo tiene un significado preciso y general cuando se expresa por la energía de la humedad en el suelo y para establecerlo es preciso considerar sus efectos en la fisiología de la planta.

Se estima que menos del 1% del agua absorbida por las plantas es utilizada químicamente en la fotosíntesis (16), y si bien se ha encontrado que ocurre fotosíntesis en caña de azúcar estando el suelo abajo del P.M.P., la velocidad de fotosíntesis queda afectada por el esfuerzo de la humedad en el suelo, lo mismo que el alargamiento del tallo. Aunque las funciones esenciales del agua en las plantas comunmente no requieren más del 5% del agua que absorben (14), la restitución del agua perdida en la transpiración es inevitable y esencial para mantener un balance interno favorable bajo la forma de déficit de presión de difusión. El balance interno de agua en la planta es un aspecto esencial en las relaciones agua-suelo y está controlado por la velocidad de absorción y de transpiración. Los déficits de agua se traducen en disminución de la actividad fisiológica y en general, aceleran la maduración de las células y tejidos y disminuyen la succulencia (16).

El balance interno de agua en las plantas ha sido comunmente estimado a partir de las condiciones de humedad del suelo determinadas directamente o indirectamente. Dado que las resistencias de los bloques son afectadas por la humedad del suelo, así

como por otras características de cada suelo en particular, es necesario la calibración de los bloques para una área de suelo de características razonablemente uniformes. Aún así, el éxito en el uso de los bloques de yeso dependerá de su colocación en la masa del suelo en contacto con las raíces de la planta. Humbert (13) opina que pueden ser colocados ventajosamente a $2/3$ de la profundidad de la zona de máxima concentración de raíces.

En las plantas bien abastecidas con agua, la velocidad de transpiración es controlada por el poder evaporante del ambiente y las características de la planta. La velocidad de absorción - depende de la velocidad de pérdida, el desarrollo y eficiencia de las raíces y la disponibilidad del agua en el suelo. Ambas series de factores (transpiración y absorción) no siempre están equilibradas y la mejor manera de conocer el balance de agua en la planta, bajo este punto de vista, es determinarlo directamente en los tejidos de la planta, cuyas condiciones representan la integración de todos los factores.

De acuerdo con varios experimentos realizados, se sugiere que el crecimiento y rendimiento máximo pueden obtenerse cuando los cultivos se riegan a un potencial de humedad antes del correspondiente al punto de marchitez. Además se ha llegado a la conclusión de que no toda el agua, entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento, es igualmente aprovechable por la planta.

Diferentes estudios experimentales indican que la producción de material vegetal es una función de agua y fertilizante

Se ha demostrado que el rendimiento total de material verde de maíz continuó aumentando con cada incremento de fertilizante nitrogenado, cuando había una cantidad adecuada de agua; pero cuando el agua se restringió hubo un pequeño aumento adicional en el rendimiento, pero no de la misma magnitud que cuando el suelo se mantuvo a un nivel alto de humedad. (21).

Singleton y otros (26) obtuvieron rendimientos de maíz de 6.7 ton/ha regando durante todo el ciclo del cultivo, al lograr se en el suelo una tensión de humedad de 9.0 atmosferas, en cambio, el rendimiento fue de 8.25 ton/ha manteniendo ese mismo nivel de humedad en todo el ciclo excepto en el período de espigamiento y jiloteo en que la tensión de humedad del suelo se mantuvo a un nivel inferior de 0.4 atmosferas y manteniendo la tensión de humedad del suelo abajo de 0.4 atm durante todo el ciclo; el rendimiento de maíz fue de 8.27 ton/ha.

Los máximos rendimientos en maíz no pueden ser obtenidos hasta no tener definido un sistema de producción en el cual la humedad del suelo no sea un factor limitante. De acuerdo a varios autores (23), el maíz puede tolerar una apreciable tensión de humedad en el suelo con solamente un limitado efecto en el rendimiento de grano, excepto durante el período que comprende desde que se inicia el espigamiento hasta la polinización. En épocas tempranas las tensiones altas reducen el rendimiento de grano solamente cuando ocurren marchitamientos severos.

La producción de materia seca de plantas de maíz sembradas en invernadero fue mayor donde se mantuvo una lámina de agua en

forma permanente de 15 cm abajo de la superficie del suelo (23) Los rendimientos máximos de maíz fueron obtenidos a una tensión de menos de 1 bar en la capa de 0-90 cm del suelo en el norte de Negev.

La respuesta de rendimiento de maíz en grano a bajos niveles de tensión de humedad del suelo de 1 bar o menos, no ha sido definido en áreas piloto de investigación bajo las condiciones de suelo y clima del Sureste de los Estados Unidos. Los materiales fertilizantes son generalmente mezclados al suelo con arado poco profundo, y como resultado la concentración de raíces de maíz es generalmente grande en la superficie del suelo; por esto la demanda de agua podría ser más alta en las capas aradas (23).

Los experimentos de Hernández y Laird (12) indican que el cultivo de maíz es más exigente en humedad durante el período de espigamiento que en la primera parte de su ciclo; asimismo, el maíz fertilizado resultó ser más sensible a las deficiencias de humedad que el no fertilizado.

Rhoades y otros (22) encontraron que la mayor necesidad de un alto nivel de humedad del suelo para el cultivo de maíz se encontró en la etapa comprendida desde poco antes del espigamiento hasta finalizado el jiloteo. Tres riegos aplicados durante este período crítico produjeron rendimientos semejantes a los obtenidos con seis riegos distribuidos uniformemente durante todo el ciclo. Tres riegos distribuidos durante todo el ciclo produjeron rendimientos mucho más bajos.

Los resultados de todos los experimentos citados en general señalan la importancia de mantener un alto porcentaje de humedad en el suelo durante la etapa de espigamiento, fecundación y fase inicial de la formación de grano en el cultivo de maíz.

MATERIALES Y METODOS

SUELO EMPLEADO

Para la realización del presente estudio se colectó suelo en los terrenos agrícolas de la Universidad Autónoma Agraria - "Antonio Narro"; se tomó la capa de 0-30 cm e inmediatamente después se procedió a secarlo a la intemperie para luego tamizarlo pasándolo por una malla de 1.0 cm y posteriormente se colocó en las macetas.

1. Análisis del Suelo

El análisis mecánico del suelo fue realizado por el método del Hidrómetro (1).

El porcentaje de materia orgánica se determinó por el método de Wakely y Black (1)

El fósforo se determinó por el método Bray Pi (25)

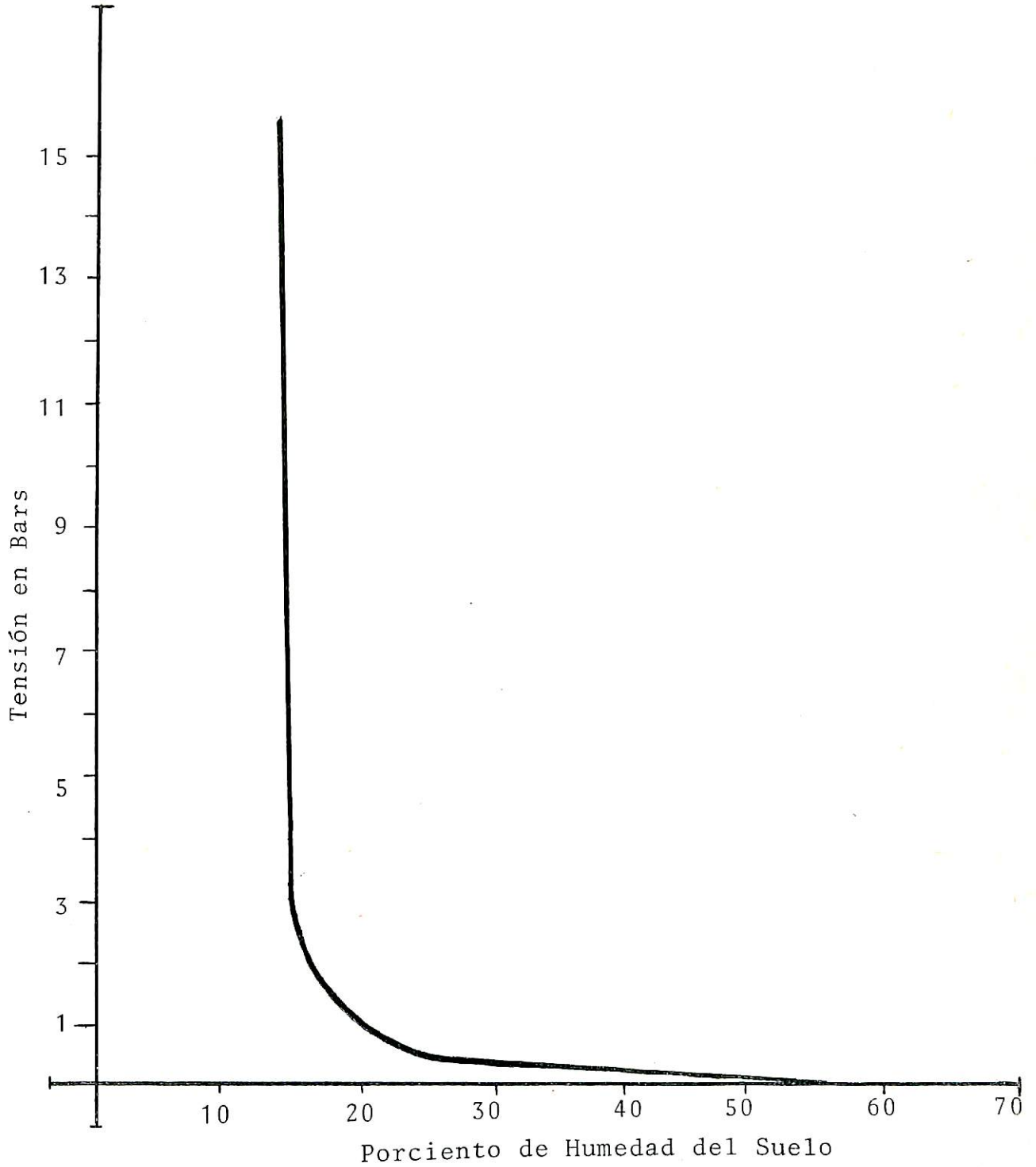
La densidad aparente se determinó por medio del método Gravimétrico (25).

En el Cuadro 1 se pueden observar las características físicas y químicas del suelo, que influyen directamente en la curva de humedad del suelo. En la Figura 1 se muestra la curva de retención de humedad del suelo estudiado en el experimento.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo estudiado
Buenavista, Coah. 1973

Característica	Unidad	Valor
Textura		
Arena	%	23
Limo	%	49
Arcilla	%	28
Clasificación textural: <u>Migajón arcilla</u>		
Contenido de humedad a		
0.00 atmósfera	%	57.64
0.24 "	%	24.82
0.34 "	%	24.05
0.54 "	%	21.80
0.68 "	%	21.65
1.22 "	%	18.74
3.19 "	%	14.85
4.96 "	%	13.77
10.20 "	%	13.41
15.30 "	%	13.32
Densidad aparente	g/cm ³	1.30
Reacción	pH	7.95
Materia orgánica	%	2.877
Nitrógeno	% N.T.	0.1438
Fósforo	kg/ha	24.431
Potasio	kg/ha	460.700
Color	6/2 10YR	gris pardo claro

Fig. 1. Curva de Retención de Humedad del Suelo Estudiado. Horizonte 0-30 cm.



La determinación de las constantes de humedad, capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente, se hizo utilizando la olla y la membrana de presión.

2. Diseño Experimental y Tratamientos

El diseño empleado en el estudio fue un factorial completamente al azar con cuatro repeticiones. El experimento constó de cuatro tratamientos de humedad, tres tratamientos de fertilizante nitrogenado y dos variedades de maíz.

Los tratamientos de humedad estuvieron basados en términos de humedad aprovechable y fueron:

- A. Regar cuando la tensión de humedad del suelo alcance 0.25 atm (aproximadamente 80% de humedad aprovechable)
- B. Regar cuando la tensión de humedad del suelo alcance 0.50 atm (aproximadamente 60% de humedad aprovechable)
- C. Regar cuando la tensión de humedad del suelo alcance 1.0 atm (aproximadamente 40% de humedad aprovechable)
- D. Regar cuando la tensión de humedad del suelo alcance 2.0 atm (aproximadamente 20% de humedad aprovechable).

Las dosis de fertilizante nitrogenado que se estudiaron fueron:

- 1. 0 kg de nitrógeno por hectárea
- 2. 60 kg de nitrógeno por hectárea
- 3. 120 kg de nitrógeno por hectárea

Se aplicó por igual a todos los tratamientos 40 kg de fósforo y 40 kg de potasio; las variedades de maíz utilizadas fueron:

- I. Maíz Super-enano (Cortazar 71, SSE-316-2XSSE-97-1-4)
- II. Maíz Alto (híbrido BJ-1 para doble propósito)

La distribución en el invernadero se presenta en la Figura 1A del Apéndice.

3. Instalación del Experimento

Una vez preparado el suelo se continuó con el trabajo de invernadero para el cual se utilizaron 96 macetas que fueron pintadas de negro en su interior y aluminio por fuera.

Se pesó cada una y se colocó en el fondo una capa de 3 cm de grava para facilitar el drenaje; se utilizaron 10 kg de suelo en cada maceta.

Aplicación del Fertilizante. Este se calculó y colocó en cada maceta mezclándolo perfectamente bien con el suelo, habiéndose aplicado las siguientes cantidades: 1.50 gramos de sulfato de amonio equivalente a una aplicación de 60 kg de nitrógeno por hectárea.

Una vez pesado el fertilizante se pesaron los 10 kg de suelo que se colocaban en cada maceta, mezclando íntimamente el fertilizante con el suelo. Inmediatamente después se procedió a realizar la siembra para lo cual se depositaron cinco semillas en cada maceta para dejar dos plantas después de la germinación. Terminada la siembra se procedió a dar el riego aplicando tres litros de agua por maceta considerando que era la cantidad neces

ria para llevar el suelo a capacidad de campo.

4. Observaciones de Invernadero

Periódicamente se hicieron observaciones y toma de datos -- del experimento entre los cuales destacan las siguientes:

- a). La tensión de humedad del suelo se registró mediante el uso de tensiómetros y blocks de resistencia. Estas lecturas se hicieron una vez al día por la mañana, que serían para indicar el momento oportuno del riego.
- b). Temperatura ambiente se registró con termómetros instalados en los bancales donde se encontraban las macetas.
- c). Absorción de agua. Para determinar esta variable se pesaron diariamente las macetas en observación a las 8 de la mañana durante un ciclo de riego. Estas pesadas eran antes de aplicar el riego.
- d). Etapa fenológica del cultivo.
- e). Cantidad de agua aplicada a cada uno de los tratamientos
- f). Se tomaron muestras de hojas para la determinación de la turgencia relativa, estas determinaciones fueron obtenidas para dos ciclos de riego (30).
- g). Se determinó rendimiento total y porciento de materia seca para las variedades de maíz, así como el rendimiento de grano de los maíces super-enanos.
- h). Los rendimientos de paja para las dos variedades de maíz
- i). La toma de muestras de forraje y grano para análisis de proteínas se hizo inmediatamente después de la cosecha.

j). Toma de muestras de suelo después de la cosecha para la determinación de nitrógeno para comparar estos resultados con el análisis efectuado antes de la siembra.

También en forma periódica se hicieron medidas de altura y diámetros de las plantas para comprobar la influencia de los tratamientos de humedad y fertilización en estas características.

A las macetas se les aplicaba agua tan pronto como los tensiómetros y los blocks de resistencia marcaban la tensión esperada, y la cantidad aplicada era la necesaria para llevar el suelo a capacidad de campo.

RESULTADOS Y DISCUSION

El principal objetivo de este trabajo fue para verificar - o rechazar la hipótesis de que los maíces "super-enanos" debido a su menos desarrollo vegetativo, pero a la vez mayor rendimiento en grano que los maíces normales, requieren menor cantidad de agua.

Cuadro 2. Tratamientos de humedad y de fertilización, así como cantidad de agua aplicada a los tratamientos. Buenavista, Coah. 1973.

Tratamientos de: Humedad-Fertilización E.H.S. (Prom.)			Agua aplicada (lt)	
			Maíces Normales	Maíces Super-enanos
0.25 bar	0 kg N/ha		29.8	29.0
"	60	"	34.2	27.8
"	120	"	39.4	29.8
0.50	0	"	37.4	34.0
"	60	"	40.6	34.2
"	120	"	43.8	35.8
1.00	0	"	36.2	32.6
"	60	"	41.0	33.8
"	120	"	43.0	35.0
2.00	0	"	36.6	30.2
"	60	"	38.2	33.4
"	120	"	41.4	35.0

Observando el Cuadro 2 en donde se presentan estos datos y en la Figura 2 tenemos que la cantidad de agua aplicada a la planta fue superior para los maíces normales, que para los super-enanos; esto es comparando entre si cada nivel de fertilizante. Asimismo, se tiene que a medida que aumentaban las dosis de fertilizante nitrogenado, también se incrementaba la cantidad de agua aplicada a las plantas, en ambas variedades. Esto se comprobó estadísticamente ya que al realizarse la prueba de t de muestras independientes, se determinó que si había diferencia significativa para el consumo de agua entre variedades. Esto corrobora en parte la hipótesis de este trabajo de que si consumían más agua los maíces normales pero, al evaluar la eficiencia en el uso de agua se detectó que los maíces normales fueron más eficientes, ya que necesitaron menor cantidad de agua para producir un gramo de materia seca. La eficiencia de uso del agua con respecto a la producción de grano no se pudo evaluar en este trabajo que era para lo que se había planeado originalmente. Esto fue debido al mal funcionamiento del invernadero que ocasionó que no hubiese producción de grano. La eficiencia del uso del agua en la producción de materia seca para ambas variedades fue mayor cuando había una tensión de humedad en el suelo de 0.25 bars, y se habían aplicado 120 kg de nitrógeno en los maíces normales y 60 kg en los super-enanos; lo anterior lo podemos observar en las Figuras 3 y 4.

Resultados semejantes han sido encontrados por diferentes investigadores (11,19 y 28), que reportan que la eficiencia del uso del agua es mayor cuando el suelo se encuentra en condicioo

Fig. 2. Agua Aplicada en Litros por Maceta para cada Variedad de Maíz y para los diferentes Niveles de Nitrógeno.

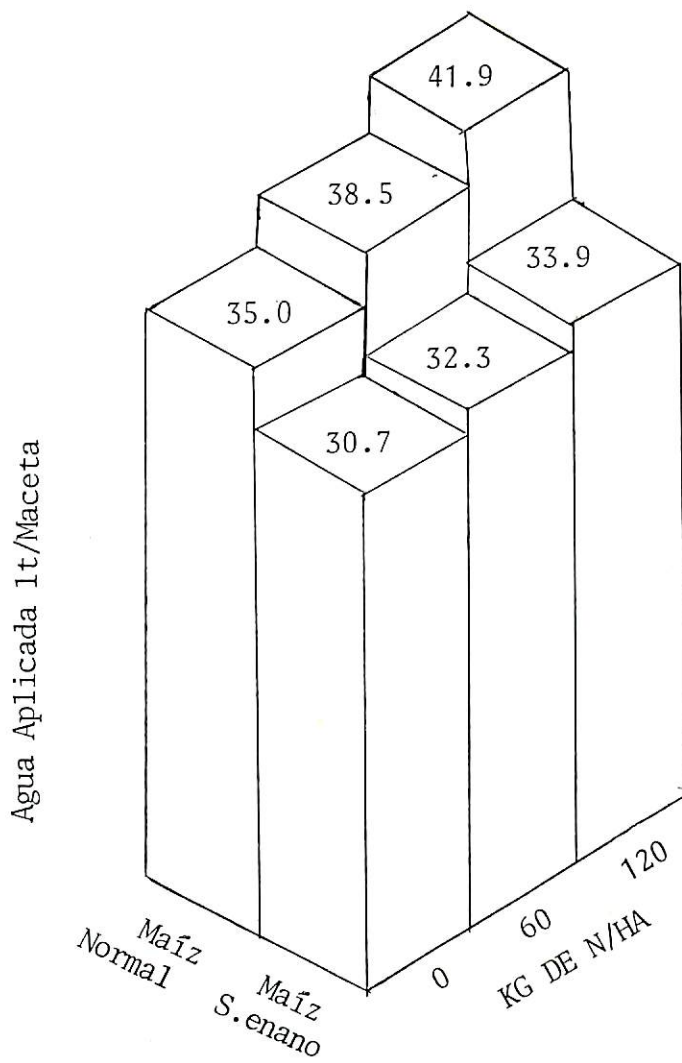


Fig. 3. Eficiencia en el Uso del Agua para las dos Variedades de Maíz a diferentes Tensiones de Humedad del Suelo.

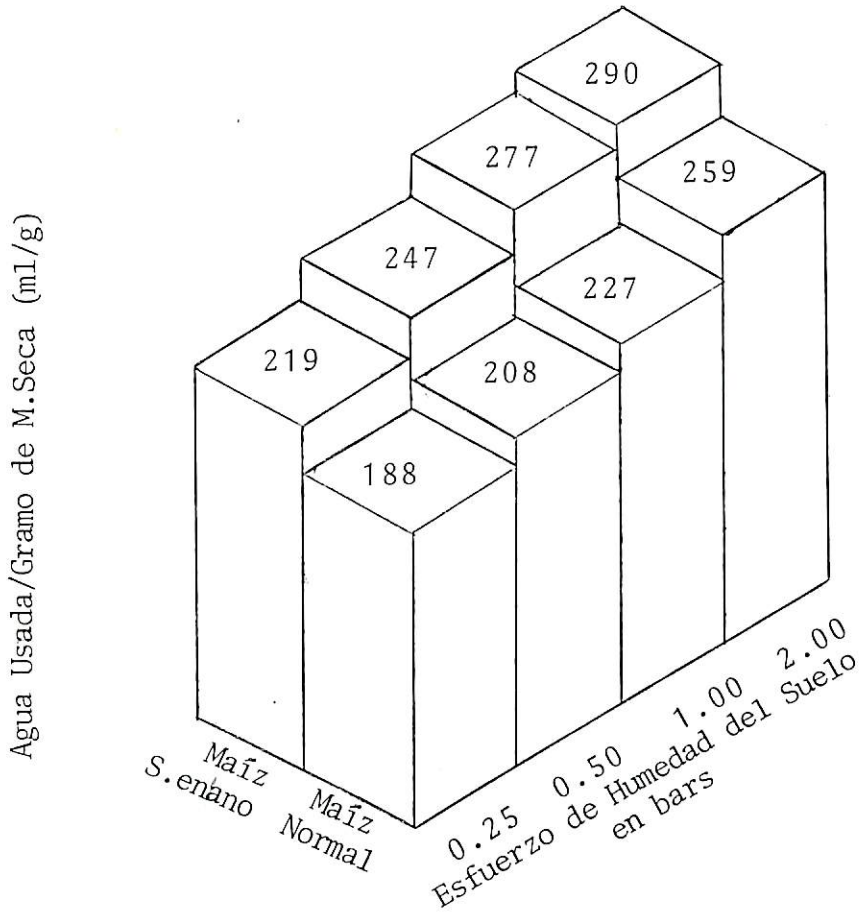
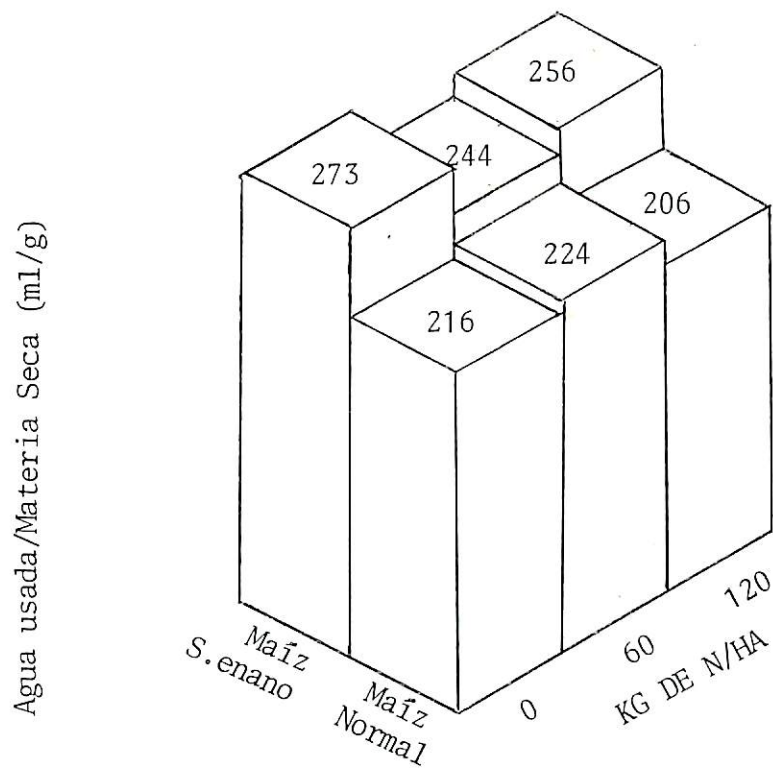


Fig. 4. Eficiencia en el uso del Agua para las Dos Variedades de Maíz en diferentes Niveles de Fertilizante.



nes adecuadas de fertilidad, ya que esto tiene una pronunciada influencia en el requerimiento de agua en el maíz.

En las Figuras 5 y 6 se presentan las fluctuaciones de humedad en el suelo, para los distintos tratamientos de esfuerzo de humedad, así como las fechas en que se aplicaban los riegos al llegar la humedad a la tensión esperada. En la etapa que se graficaron las fluctuaciones, éstas fueron más continuas en la Figura 5, correspondiente a los maíces normales o sea que los abatimientos de humedad eran más rápidos y por consiguiente las aplicaciones de agua más frecuentes. Estas gráficas de variación de humedad del suelo corresponden a la etapa que comprende desde el inicio de la floración hasta la cosecha, y se registraban diariamente con tensiómetros y bloques de resistencia. Esto se debió en parte a la mayor área de transpiración de estos maíces, ya que la mayor parte de las pérdidas de agua que sufre la planta ocurre como transpiración foliar (15), por lo que a mayor área de la hoja aquella será mayor.

La temperatura dentro del invernadero, al igual que las demás variables, se registró diariamente y se presentan en la Figura 7. Como se puede observar, los rangos de fluctuación fueron considerables, ya que no se controlaba ésta dentro del invernadero. Esto afectó en mayor grado a los maíces normales, acelerando la polinización, presentándose ésta antes de que los estigmas fuesen receptivos, lo que ocasionó que no hubiese producción de grano en estos maíces y en los super-enanos, los rendimientos fueron bajos.

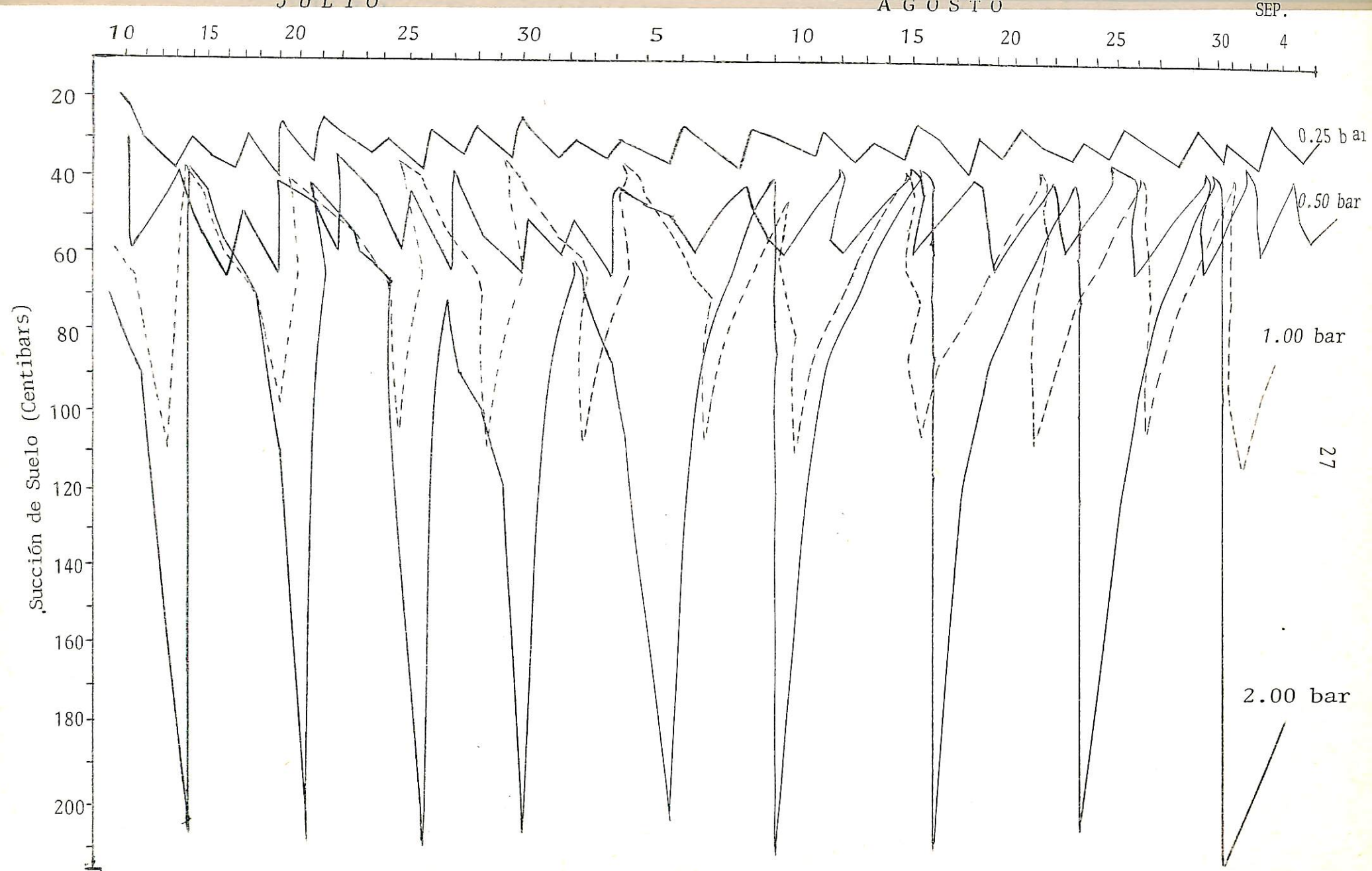


Fig. 5. Fluctuaciones en el Potencial de Agua del Suelo en relación con el Tiempo para Cuatro Tensiones en Suelo cultivado con Maíz Normal.

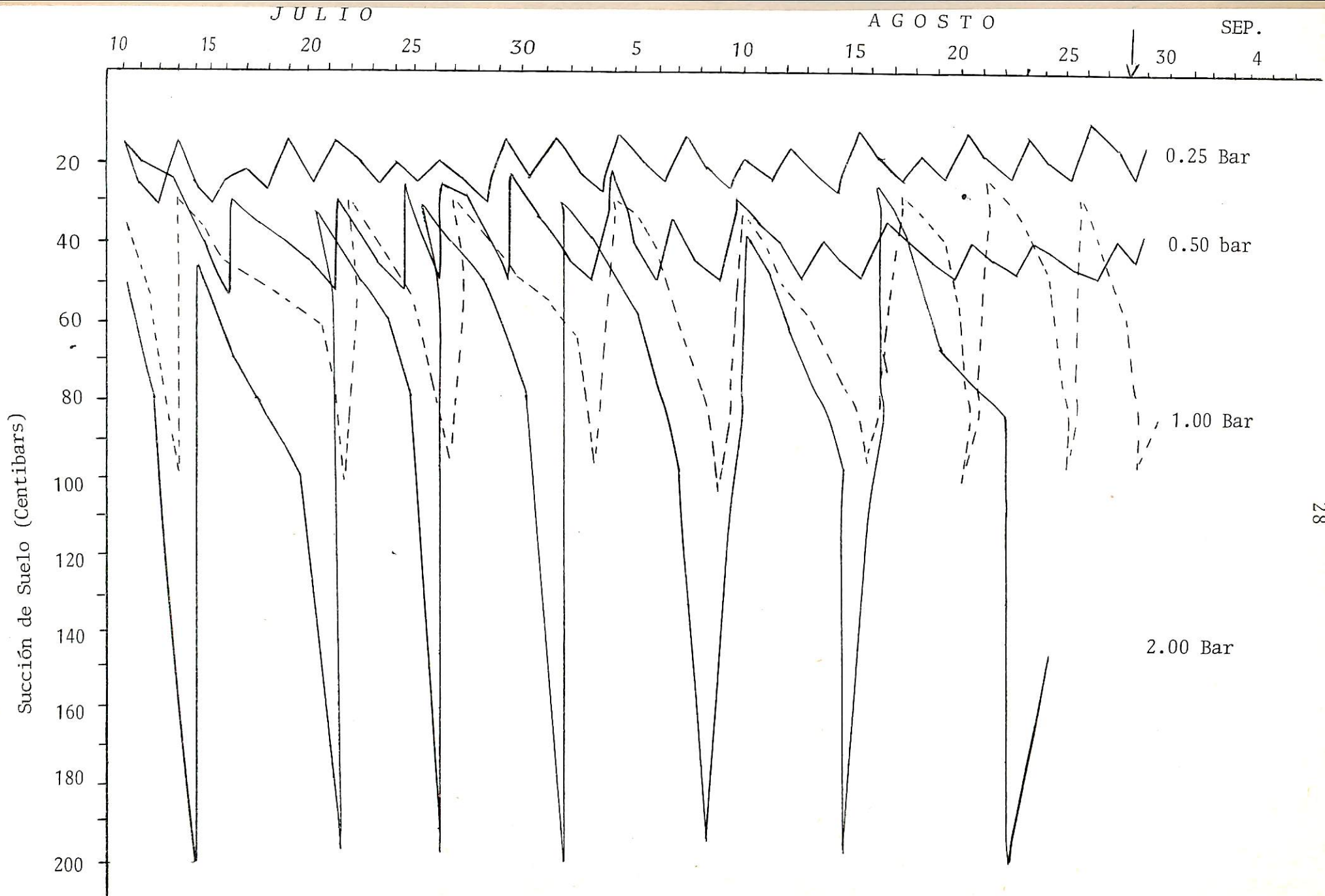


Fig. 6. Fluctuaciones en el Potencial de Agua del Suelo en Relación con el Tiempo para Cuatro Tensiones en Suelo cultivado con Maíz "Super-enano"

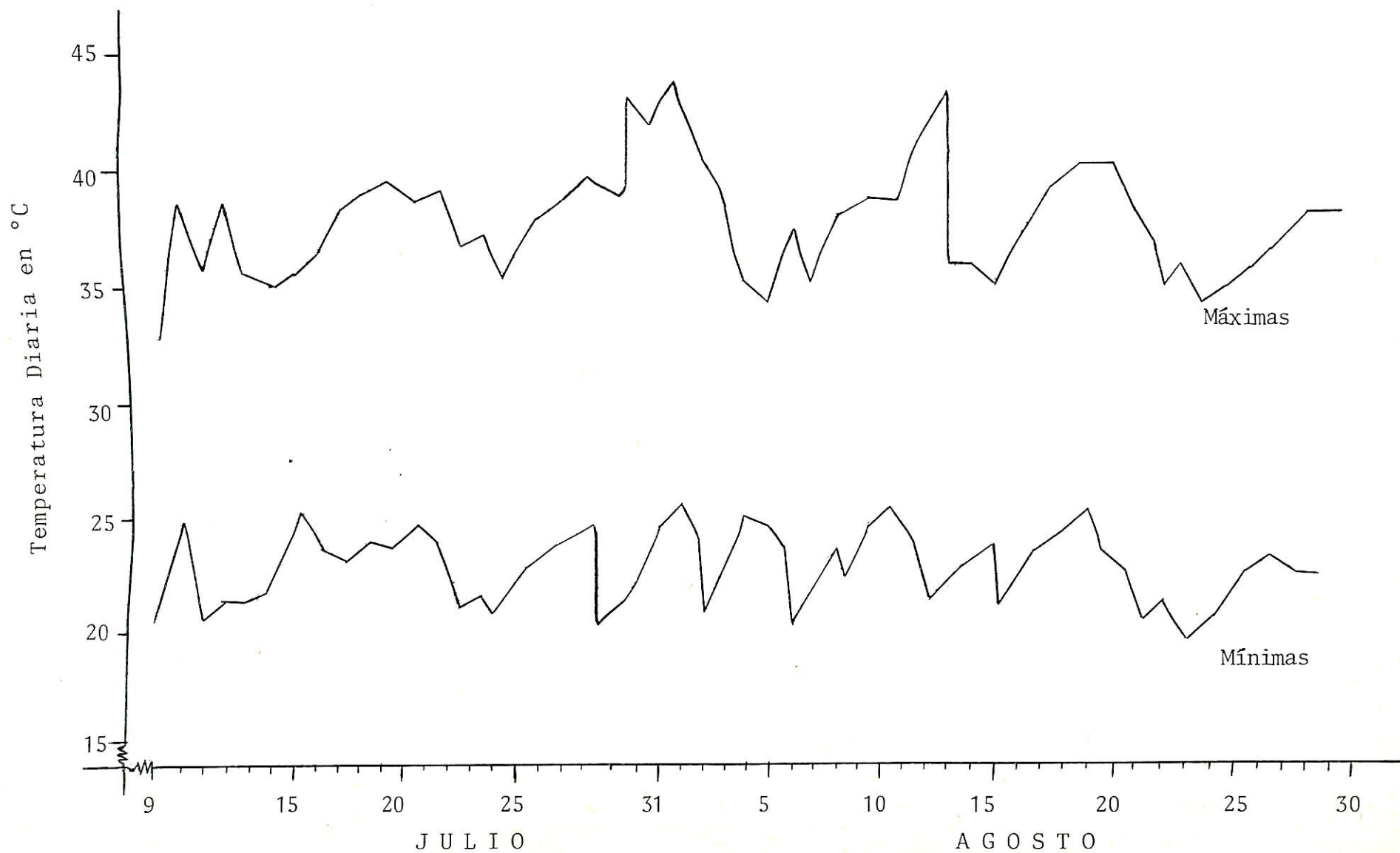


Fig. 7. Temperaturas Diarias Máximas y Mínimas dentro del Invernadero.

Absorción de Agua

La absorción de agua fue registrada diariamente en todos los tratamientos durante un ciclo de riego. La variación en la absorción estuvo regida principalmente por el desarrollo vegetativo de la planta y por la temperatura. Conforme era mayor el crecimiento vegetativo, las aplicaciones de agua eran más frecuentes, ya que la planta necesitaba mayor cantidad para formar nuevas células y para rehidratar las que ya posee. Algunos autores (20) dicen que cuando el agua aplicada no es limitante, el grado de transpiración está muy relacionado con las condiciones climáticas; el aumento en temperatura hace que las moléculas de agua tengan mayor energía cinética y por lo tanto se muevan con mayor rapidez, con lo que aumenta la intensidad transpiratoria. Cuando la tensión de humedad del suelo es baja, principalmente después de un riego, la absorción de agua por las plantas es mayor; esto se debe a la cantidad de agua removida de la humedad de la masa del suelo a la superficie de la raíz, la cantidad de flujo depende de la tensión con la cual el agua es retenida y de la conductividad capilar del suelo (20). La temperatura del suelo es muy importante en la absorción por la planta, si se riega con agua fría puede inducirse marchitez, como lo encontró Kramer (14) en sandía y algodón con agua a 1.3°C . La razón es que el frío hace aumentar la viscosidad del agua al mismo tiempo que baja la permeabilidad de la pared celular; un efecto menor, podría ser el hecho de que la baja temperatura hace descender el ritmo de las oxidaciones respiratorias y, por tanto, la absorción metabólica. Las fluctuaciones en la absorción de agua por

las plantas se presentan en el Cuadro 1A del apéndice y en la Figura 8. En esta figura observamos que el agua absorbida por las plantas en los tratamientos de humedad A y B (0.25 y 0.50 bars de tensión) para los tres niveles de fertilizante, fue superior en los maíces normales y en los tratamientos C y D (1.0 y 2.0 bars de tensión) la absorción de agua para los tres niveles de nitrógeno no tuvo ninguna tendencia en cuanto a cantidad de agua absorbida, para el ciclo en que se hizo esta determinación que fue de siete días. Esta inconsistencia en los resultados se deben posiblemente a las variaciones de temperatura dentro del invernadero que afectaron el grado de absorción de agua por las plantas.

Altura de las Plantas

Durante el ciclo del cultivo se hicieron mediciones de la altura y diámetro del tallo de las plantas de ambas variedades. Estas medidas fueron a los 16 días de la nacencia y antes de la cosecha. Estos datos son promedio de cuatro repeticiones y aparecen en los Cuadros 2A al 5A del apéndice. Al realizarse estas mediciones en ambas variedades se encontró que, tanto la altura como el diámetro de las plantas tiende a aumentar conforme aumenta la cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado y el contenido de humedad en el suelo, esto para las dos variedades de maíz; estos resultados coinciden con los encontrados por Montgomery y Klesselbach (17) ya que ellos notaron más producción vegetal por unidad de agua usada con suelos fértiles que con infértiles, esto se debe a que cuando el cultivo tiene condiciones apropiadas, el crecimiento se aumentó en la masa de la planta y es por lo tanto

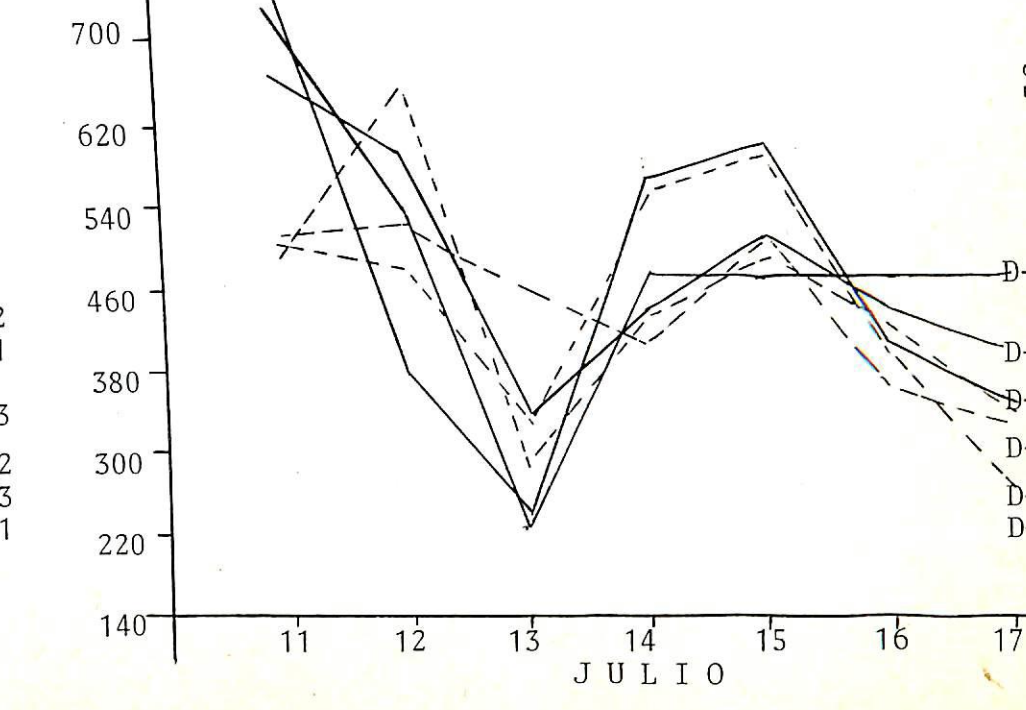
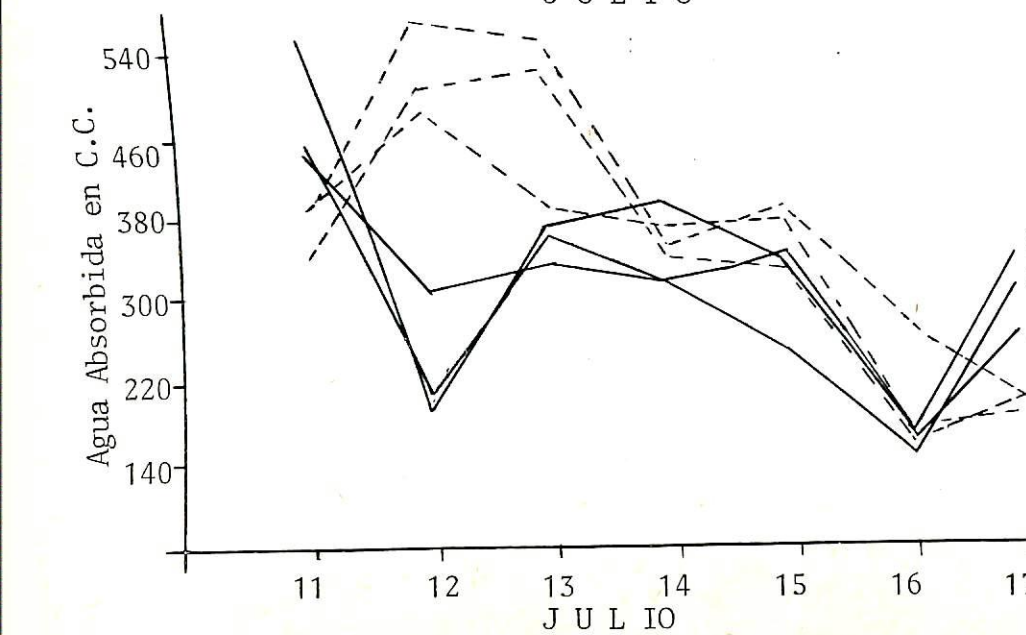
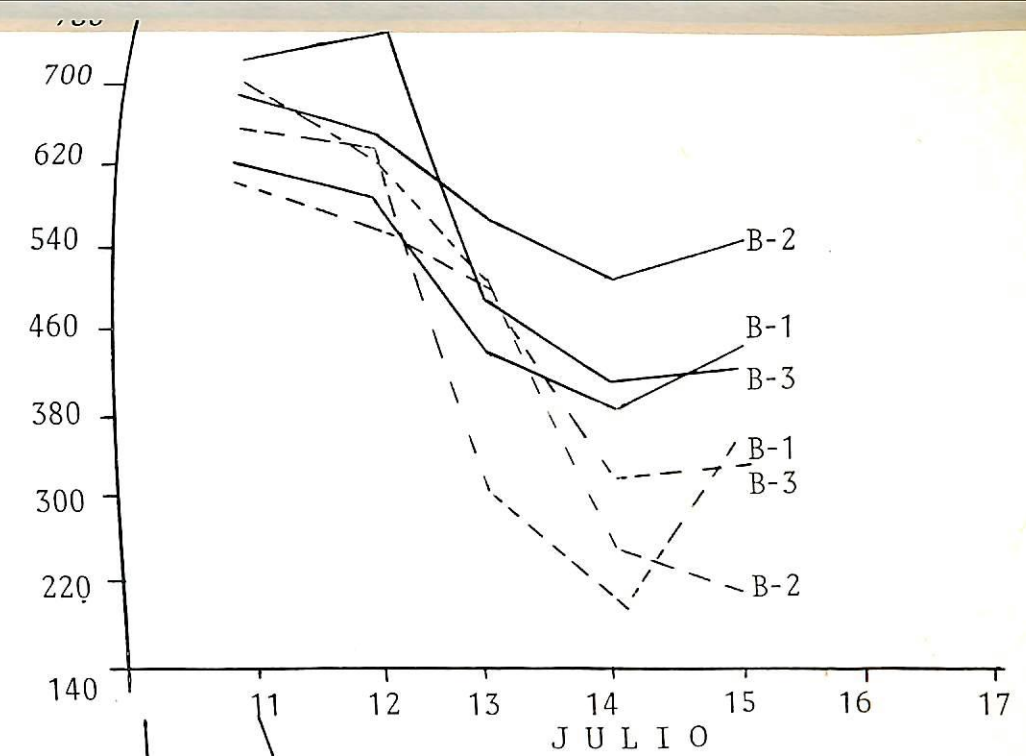
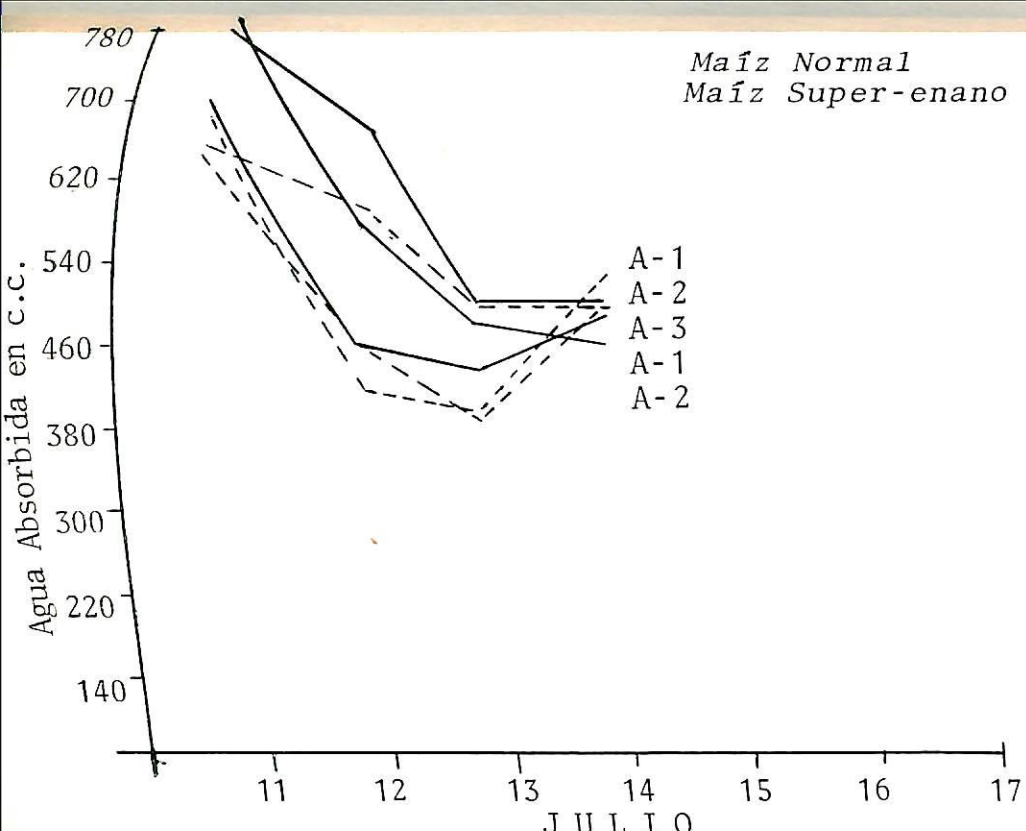


Fig. 6. Agua Absorbida durante un siglo de Riego por Ambos Maíces

un fenómeno cuantitativo, susceptible de medirse expresándolo como aumento de la longitud o del diámetro del cuerpo del vegetal y aumento en peso, etc. Un buen desarrollo de las plantas es determinante en la productividad de un cultivo; esto repercutió al final del ciclo, donde se obtuvo que las plantas que presentaban mayor altura y mayor diámetro durante su ciclo de desarrollo, fueron los tratamientos en donde hubo los rendimientos más altos.

Turgencia Relativa

Esta se determinó para cada uno de los tratamientos en las dos variedades de maíz y para dos ciclos de riego; estas determinaciones se presentan en el Cuadro 3. En un trabajo realizado bajo condiciones de Campo (9), se encontró que tanto la apertura estomatal relativa, como la turgencia relativa, reflejó las condiciones de energía de la humedad del suelo, y esto puede usarse en las determinaciones del momento de regar. Lo encontrado por estos investigadores no coincide con los resultados de este trabajo, ya que no observó ninguna tendencia del porcentaje de turgencia para los diferentes tratamientos de humedad y fertilidad; esto se debió posiblemente a la poca precisión del método utilizado en estas determinaciones.

Rendimiento de Materia Seca

La fertilización nitrogenada incrementó los rendimientos de materia seca para las dos variedades de maíz, obteniéndose los máximos rendimientos con 120 kg de nitrógeno por hectárea en los maíces normales y en los maíces super-enanos, los rendimien-

Cuadro 3. Turgencia Relativa correspondiente a cada uno de los tratamientos de Humedad y Fertilización de los Maíces Normales y Super-enanos respectivamente. Buenavista, Coah. 1973

Trat.	TURGENCIA RELATIVA EN %										
	J U L I O					A G O S T O					
	23	24	25	26	27	2	3	4	5	6	7
A-1	58.2	65.0	62.1	73.8							
A-2	69.1	80.1	60.7	71.4							
A-3	66.4	79.1	62.8	70.0							
B-1	75.2	80.0	63.2	76.7	60.7						
B-2	82.1	97.1	64.5	86.7	62.9						
B-3	85.4	91.3	56.8	86.6	60.8						
C-1						76.2	86.0	88.5	73.2	68.5	
C-2						72.1	91.3	86.3	75.2	71.3	
C-3						85.9	88.1	87.8	70.9	69.5	
D-1						83.0	71.6	73.6	68.9	65.4	
D-2						87.0	83.9	87.8	78.5	74.8	
D-3						79.8	85.0	86.9	68.5	65.2	

Trat.	TURGENCIA RELATIVA EN %										
	J U L I O					A G O S T O					
	23	24	25	26	27	2	3	4	5	6	7
A-1	78.3	79.6	71.0	58.0							
A-2	75.0	73.9	81.0	75.0							
A-3	75.0	75.6	76.0	66.5							
B-1	78.6	78.4	74.0	63.8	62.8						
B-2	79.3	75.0	76.5	69.5	64.2						
B-3	77.6	82.0	86.3	75.3	54.4						
C-1						88.6	80.6	88.8	75.6	85.6	
C-2						92.1	79.2	84.5	76.2	84.5	
C-3						90.9	83.1	88.3	71.5	84.6	
D-1						86.5	84.5	84.1	68.3	85.8	
D-2						86.5	83.5	88.2	77.6	92.6	
D-3						79.8	86.8	87.5	68.5	89.8	

tos más altos se obtuvieron con 60 kg/ha siendo estos ligeramente superiores que donde se aplicaron 120 kg; estos resultados se presentan en la Figura 9. La producción de materia seca fue más alta en los maíces normales para todos los niveles de fertilizante; el nivel de humedad óptimo para producir los máximos rendimientos fue de 0.50 bar de tensión como se observa en la Figura 10. De esto se infiere que para la obtención de los más altos rendimientos se requiere un nivel de fertilidad adecuado y conservar el suelo con esfuerzos bajos de humedad. En otros trabajos experimentales realizados (21) se ha demostrado que la producción de materia vegetal es una función de agua y fertilizantes, y que el rendimiento total de material verde de maíz continua aumentando con cada incremento de fertilizante nitrogenado, cuando había una cantidad adecuada de agua, estos resultados son semejantes a los que se obtuvieron en este trabajo. Los rendimientos de materia seca y su porcentaje se presentan en los Cuadros 6A y 7A.

Rendimiento en Paja

Los rendimientos de paja expresados en gramos por maceta, el análisis de varianza y el análisis de regresión para la interacción humedad-fertilidad se presentan en los Cuadros 8A, 9A y 10A del apéndice. Se encontró que había diferencia significativa en el análisis de regresión para la interacción humedad-fertilidad; el desglose de esta interacción se presenta en el Cuadro 7A y la ecuación de predicción que se obtuvo se presenta a continuación:

Fig. 9. Rendimiento de Materia Seca para las dos Variedades de Maíz y para los diferentes Niveles de Nitrógeno aplicado.

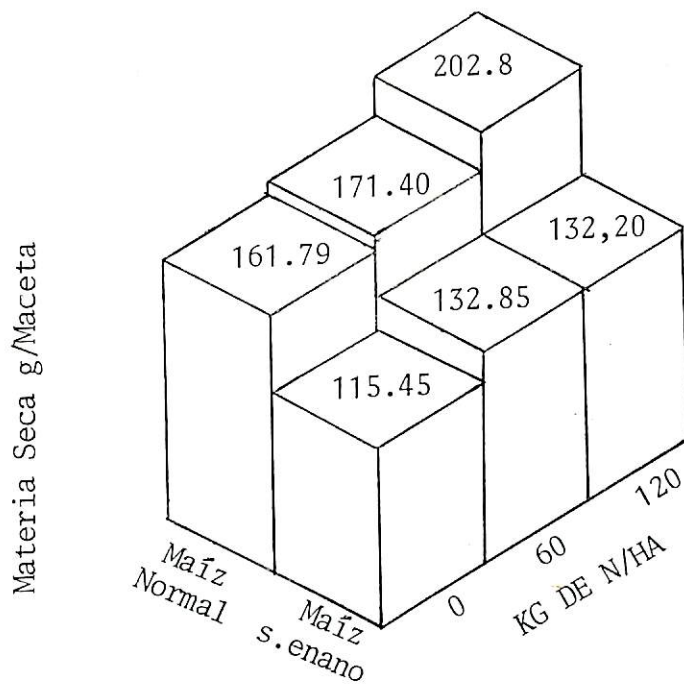
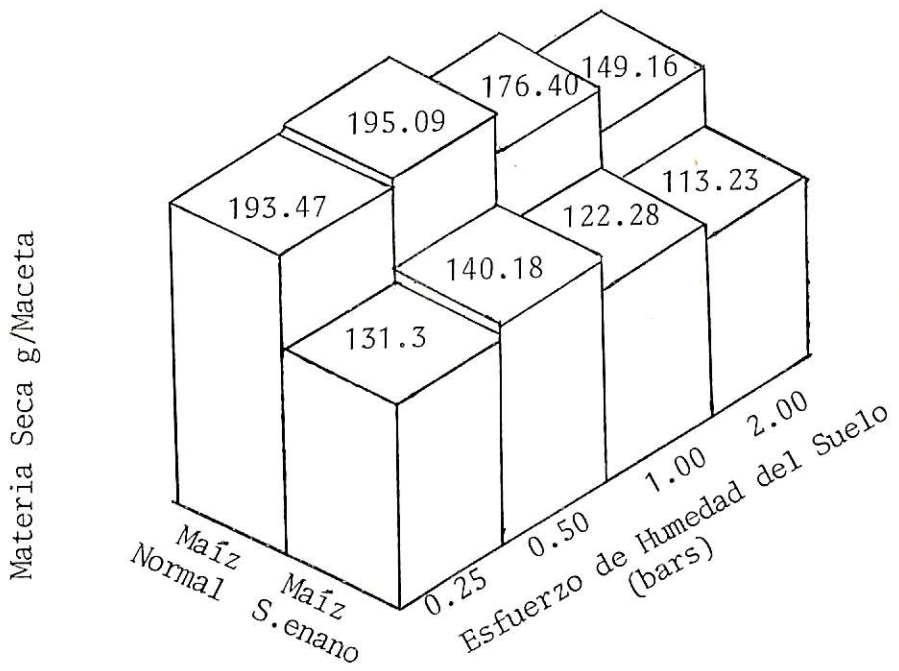


Fig. 10. Rendimiento en Materia Seca para las Dos Variedades de Maíz y para los diferentes Esfuerzos de Humedad del Suelo.



$$\bar{Y} = 69.5375 + 3.4855H + 0.802F - 0.02573H^2 - 0.00802HF$$

Donde: \bar{Y} = Rendimiento, H = Humedad y F= Fertilización

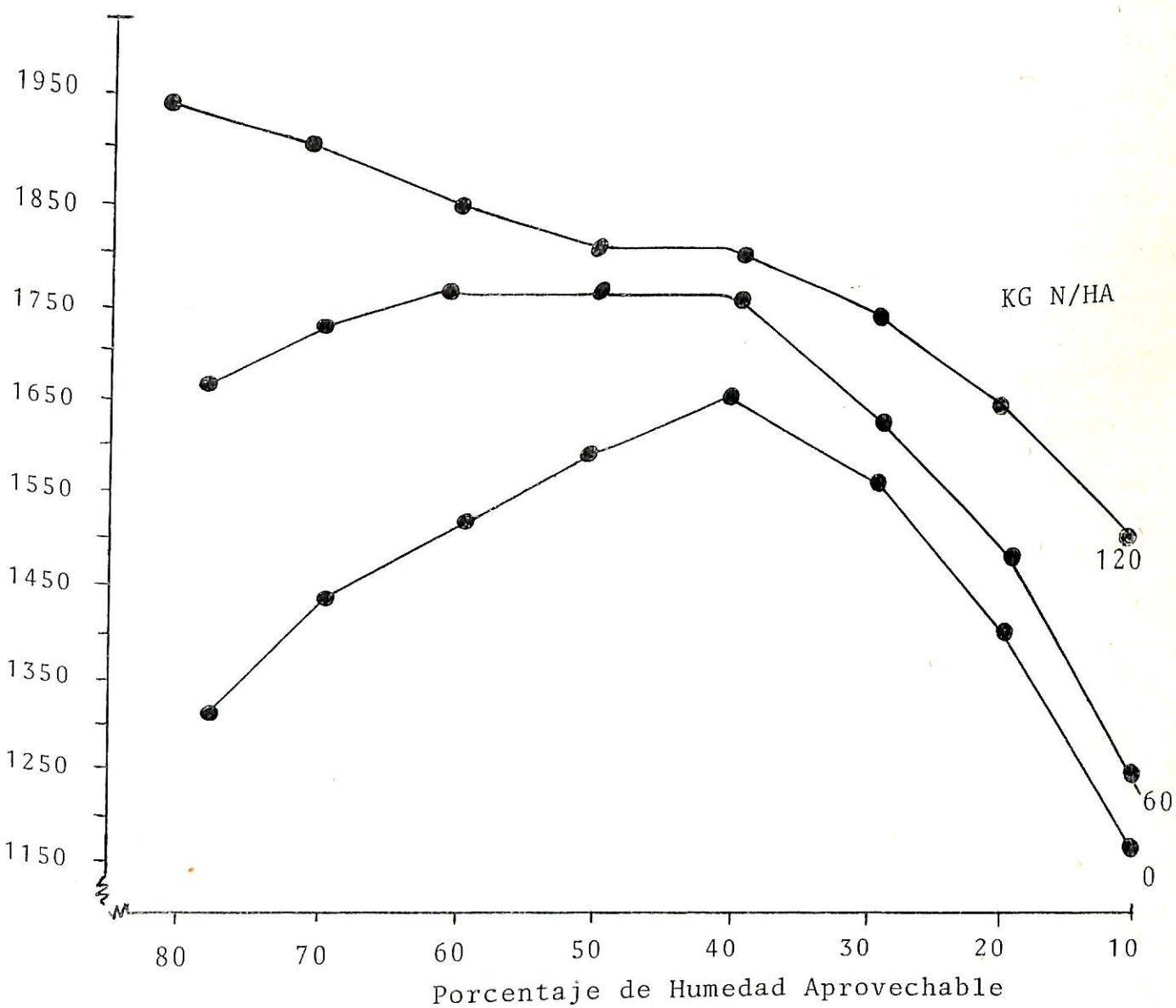
Los rendimientos más altos en ambos maíces se obtuvieron con las dosis más altas de nitrógeno (60 y 120 kg/ha) y cuando en el suelo existían bajos esfuerzos de humedad (0.25 y 0.50 bar), en cambio, los rendimientos bajaron en forma considerable cuando existía este mismo contenido de humedad en el suelo, y no se había aplicado nitrógeno.

En todos los casos se presentó un aumento en el rendimiento de paja al elevar la dosis de nitrógeno de 0 a 60 kg/ha de la misma manera; el segundo incremento adicional de nitrógeno también elevó el rendimiento en todos los tratamientos de humedad. Asimismo, puede observarse que con un contenido alto de humedad en el suelo (0.25 bar) los aumentos fueron más espectaculares conforme se aumentaba la dosis de nitrógeno. Igualmente se muestra que cuando la humedad del suelo fue limitante (2.0 bar) los rendimientos aumentaban, cuando se incrementaban las cantidades de nitrógeno, pero en menor proporción que cuando existía mayor humedad. En apoyo a lo anterior y en base a rendimientos de paja se presentan las curvas de regresión para la interacción humedad-fertilidad (Fig. 11)

Contenido de Proteína en Forraje y Grano

En el Cuadro 11A del apéndice se muestran los resultados del análisis de la determinación de proteína en forraje y grano. El contenido de proteína en el forraje de ambos maíces fue más alto cuando existía un bajo contenido de humedad en el suelo y

Fig. 11. Curvas de Respuesta para 1a Interacción Humedad-Fertilidad



había cantidades altas de nitrógeno mientras que el porcentaje disminuyó con cantidades altas de nitrógeno y con alto contenido de humedad en el suelo. En bajas cantidades de nitrógeno no se observó ninguna tendencia en el porcentaje de proteína para los diferentes contenidos de humedad.

En la Figura 12 se muestra el porcentaje de proteína en el grano de los maíces super-enanos para los diferentes tratamientos de humedad y fertilidad. En esta figura se observa que cuando existen 0 kg de nitrógeno por hectárea, el porcentaje de proteína tiende a aumentar conforme disminuye la cantidad de agua disponible en el suelo. Cuando en el suelo existían cantidades intermedias y altas de nitrógeno (60 y 120 kg/ha) no se apreció ninguna tendencia en el porcentaje de proteína para las distintas tensiones de humedad. Asimismo, se observa que a bajas tensiones de humedad en el suelo (0.25 y 0.50 bars) el contenido de proteína aumentó cuando se incrementaba la dosis de nitrógeno. A altas tensiones de humedad (1.00 y 2.00 bars) no hubo tendencia en el contenido de proteína para las diferentes dosis de nitrógeno. Cuadro 11A del apéndice, lo anterior es para los maíces super-enanos, ya que en los maíces normales no hubo producción de grano.

Nitrógeno Absorbido

Se determinó la cantidad de nitrógeno absorbido por cada variedad de maíz y para cada uno de los tratamientos estudiados. En la Figura 13 se observa el porcentaje de nitrógeno absorbido para cada variedad de maíz y para cada dosis de nitrógeno aplicado. En esta Figura apreciamos que la cantidad de nitrógeno --

Fig. 12. Porcentaje de Proteína en el Grano de los Maíces Superenanos para los Diferentes Niveles de Fertilidad y de Humedad en el Suelo.

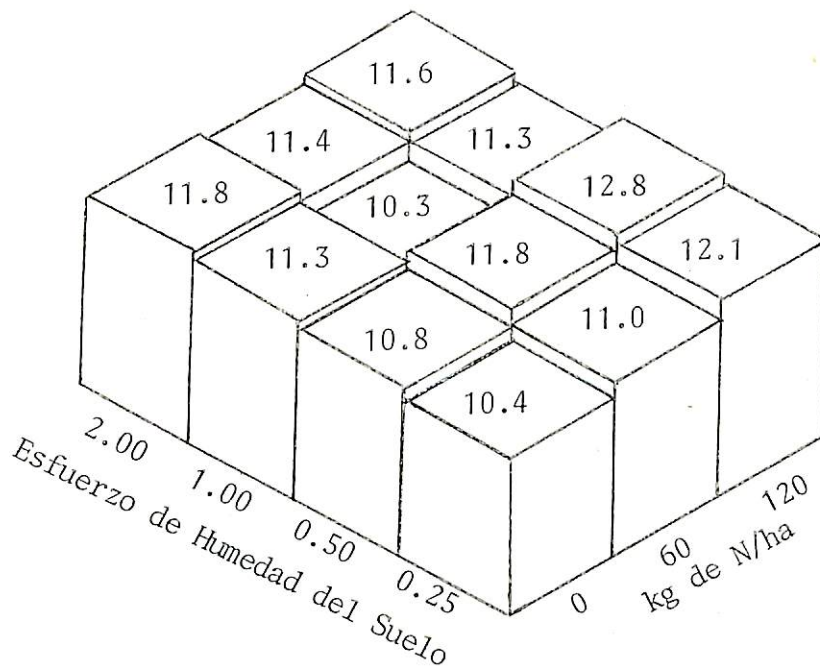
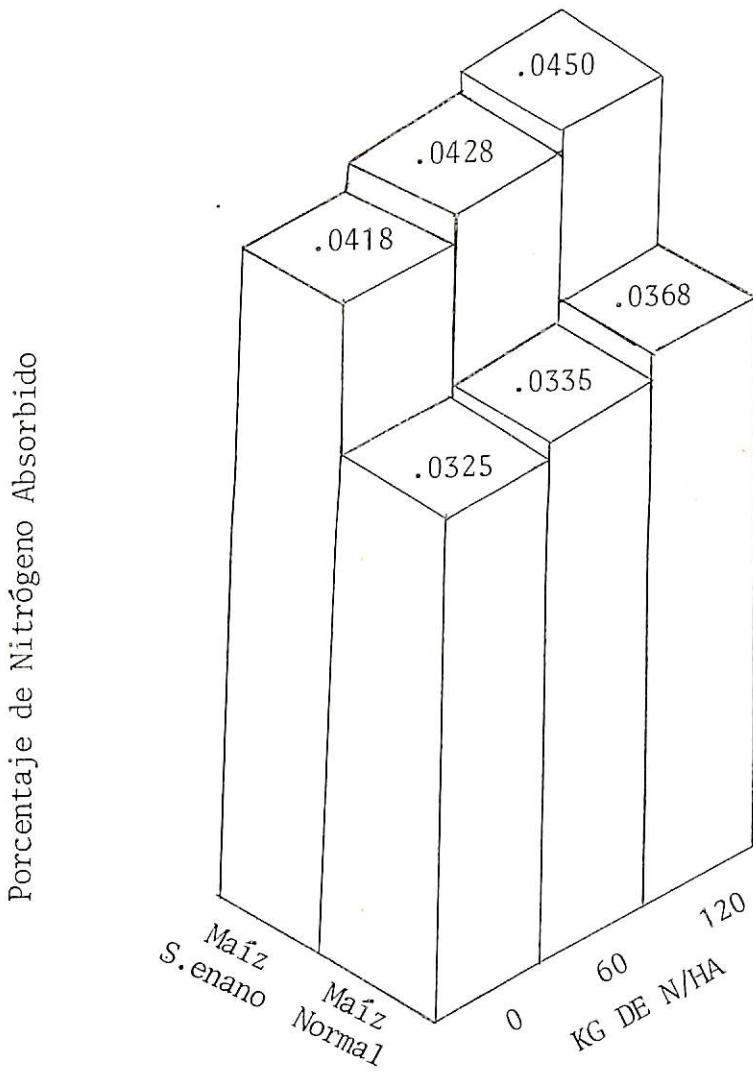


Fig. 13. Variación en la Cantidad de Nitrógeno Absorbido para las Dos Variedades de Maíz y para los Diferentes Niveles de Nitrógeno



absorbido por los maíces "super-enanos fue mayor para los -- tres niveles de fertilizante que la cantidad absorbida por los maíces normales. También se encontró que cuando aumentaban los niveles de nitrógeno aumentaba la cantidad de nitrógeno absorbido por las plantas, En el Cuadro 4 se muestran las fechas en que se fueron presentando cada una de las etapas del cultivo.

Cuadro 4. Etapas Fenológicas de las Plantas de Maíz. Buenavista, Coah. 1973.

Etapa	Fecha 1973	Días después de la siembra
Siembra	Abril 11	0
Emergencia	Abril 19	8
Aclareo	Mayo 2	21
Floración (M. enanos)	Julio 1	81
Floración (M. normales)	Julio 15	95
Jiloteo (M. enanos)	Julio 9	89
Jiloteo (M. Normales)	Julio 27	109
Cosecha (M. enanos)	Sept. 1	143
Cosecha (M. normales)	Sept. 8	150

RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" se realizó un trabajo que tuvo como objetivo principal estudiar, la influencia del esfuerzo de humedad del suelo y el efecto de dosis crecientes de nitrógeno en el rendimiento de dos variedades de maíz; asimismo, como obtener información sobre el grado de absorción de agua y elementos fertilizantes por las plantas para cada condición de humedad y fertilización y comparar la respuesta en rendimiento y calidad de grano a la fertilización nitrogenada y el esfuerzo de humedad del suelo. Se empleó un diseño factorial $2 \times 4 \times 3$ con arreglo completamente al azar, donde había dos variedades de maíz, cuatro tensiones de humedad en el suelo y tres niveles de fertilizante nitrogenado. Se aplicó por igual a todos los tratamientos 40 kg de fósforo y 40 kg de potasio por hectárea. Se determinaron las características físicas y químicas del suelo, así como la curva de retención de humedad. La textura del suelo fue migajón arcilloso, la reacción fue medianamente alcalina, el contenido de materia orgánica, nitrógeno y potasio fue alto y un contenido medio de fósforo.

Se tomaron registros diarios de temperatura ambiente y de tensión de humedad del suelo; asimismo, se determinó: absorción de agua por las plantas para un ciclo de riego, alturas; grosor del tallo; fechas de floración, de jiloteo y de cosecha; turgencia relativa de las hojas, cantidad de agua aplicada a cada uno de los tratamientos y cantidad de nitrógeno en el suelo antes de la siembra y después de la cosecha.

Los riegos se aplicaron tan pronto como los tensiómetros y blocks de resistencia marcaban la tensión esperada, y la cantidad aplicada era la necesaria para llevar el suelo a capacidad de campo.

La cosecha se realizó a los 143 días en los maíces super-enanos y a los 150 días después de la siembra en los maíces normales. No hubo producción de grano en los maíces normales, y en los super-enanos el rendimiento fue muy bajo, debido a las altas temperaturas del medio ambiente ya que el invernadero no contaba con regulador de temperatura.

Con la cosecha se tomaron los siguientes datos: rendimiento total de paja, porcentaje de materia seca, rendimiento de grano únicamente para los maíces super-enanos y contenido de proteínas en forraje y grano.

Con la información obtenida de este trabajo se pueden derivar las siguientes conclusiones:

1. Los maíces normales consumieron más agua que los super-enanos y conforme aumentaba la cantidad de nitrógeno aplicado el consumo de agua era mayor para ambos maíces.
2. La mayor eficiencia en el uso del agua (agua usada para materia seca producida) fue para los maíces normales y se presentó cuando había una tensión de humedad del suelo de 0.25 bar y se habían aplicado 120 kg de nitrógeno por hectárea.

3. La altura de las plantas, el grosor del tallo y los rendimientos de paja se incrementaron al elevarse la cantidad de nitrógeno aplicado, desde 0 hasta 120 kg por hectárea. Las plantas más desarrolladas y el más alto rendimiento de follaje se obtuvo cuando los riegos se aplicaron al lograrse un esfuerzo de humedad del suelo de 0.50 bar para los maíces super-enanos y de 0.25 bar para los maíces normales.
4. La respuesta más favorable a las aplicaciones de nitrógeno se encontró en los tratamientos de mayor contenido de humedad del suelo.
5. El rendimiento en paja fue mayor estadísticamente en los maíces normales.
6. El mayor contenido de proteína en el grano de los maíces super-enanos fue en los tratamientos que había 120 kg de nitrógeno por hectárea y alto contenido de humedad en el suelo.
7. Los maíces super-enanos absorbieron mayor cantidad de nitrógeno del suelo que los maíces normales.
8. Se recomienda continuar esta investigación en el campo para llevar al cultivo hasta la producción de grano y así poder detectar la eficiencia del uso del agua en la producción de grano.

BIBLIOGRAFIA

1. Allison, L.E. et al. 1954. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Manual de Agric. No. 60. Depto. de Agric. de los Estados Unidos.
2. Baldovinos de la P., G. 1961. El agua en el Desarrollo Fisiológico y el rendimiento de cosechas. Dirección Gral. de Distritos de Riego. Mem. Téc. # 173.
3. Black, C.A. 1965. Methods of soil analysis. Part. I. Physical and Mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. Chapt. 30 pp. 334-390. Amer Soc. Agron. Madison, Wis.
4. Carlson, C.W. et al. 1959. Evapotranspiration and yield of corn as influenced by moisture level, nitrogen fertilization and plant density. Soil Sci. Society Proceedings 23:240-245.
5. Castro, G.M. 1973. Maíces super-enanos para el Bajío. Boletín Técnico. ESAAN. Universidad de Coahuila. México
6. Cruz, P.D. 1963. Relación entre apertura estomatal relativa y esfuerzo de humedad del suelo. Tesis de Maestría ENA. México.
7. Denmead, O.T., and R.H. Shaw. 1960. The effects of soil - - moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agron. J. 52:272-274.

8. Denmead, O.T. and R.H. Shaw. 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. *Agron. J.* 54:385-389
9. Gómez, A.A. y Fernández R. 1966. Relación de las condiciones energéticas del agua en el suelo con la turgencia relativa y la apertura estomatal. *Agrociencia.* 1:133-142
10. Hagan, R.M. 1957. Water-soil-plant relations. *California Agriculture* 11:9-12
11. Hanks, R.J. and Tanner C.B. 1952. Water consumption by plant as influenced by soil fertility. *Agron. J.* 44:98-100
12. Hernández, S. y Laird R.J. 1958. La humedad del suelo en la primera parte del ciclo en relación al rendimiento de maíz. Folleto Técnico No. 33, O.E.E. SAG MEXICO.
13. Humbert, R.P. 1963. The growing of sugar cane, cap. V. Elsevier publishing Co Amsterdam - Londres - N.Y.
14. Kramer, P.J. 1949. Plant and soil water relationship, McGraw Hill, Co. N.Y. U.S.A
15. Luebs, R.E. and Laag, A.E. 1967. Nitrogen effect on leaf area, yield and Nitrogen uptake of barley under moisture stress. *Agronomy J.* 59:219-222.
16. Meyer, B.S., and D.B. Anderson. 1962. Plant physiology, 2a. Ed. D. Van Nostrand Co. Inc. N.Y. U.S.A.
17. Montgomery, E.G. and Kiesselbach, T.A. 1958. Studies in water requirements of corn. *Nebraska Agr. Exp. Sta. Bull.* 128 Vol.24.

18. Núñez, E.R. y Laird R.J. 1960. Variaciones en la humedad - del suelo durante el ciclo del trigo en el Bajío y su influencia en varias características del cultivo. Folleto Técnico No. 38 O.E. SAG MEXICO.
19. Olsen, R.A. et al. 1964. Water requirement of grain crops as modified by fertilizer use. Agronomy J. 56:427-432.
20. Penman, H.L. Vegetation and hydrology. 1963. Connonwealth bureau of soils. Technical communication 53. Harpen den, England
21. Peterson, H.G. y J.C. Ballard. 1953. Effect of fertilizer and moisture on the growth and yield of sweet corn. Utah Agric. Expt. Sta. Bull. No. 360 p.15
22. Rhoades, H.F. et al. Fertilization and irrigation practices for corn production on newly irrigated land in the republican Valley. Nebraska Agr. Exp. Sta. Bull. No. 424
23. Rhoades, F.M. et al. 1973. Response of three corn hybrids to low levels of soil moisture tension in the plow layer. Agronomy J. 65:315-317.
24. Richards, L.A. and C.H. Wadleigh. 1950. Soil Physical con- ditions and plant growth. Soil Water and Plant - - Growth. Agronomy Vol. II-225 Academic Press N.Y.
25. Saiz del R., J.F. y E. Bornemiza. 1961. Análisis químico de suelos. Métodos de laboratorio para diagnosis de - fertilidad. Instituto Interamericano de Ciencias - Agrícolas. Turrialba, Costa Rica, C.A. pág. 57-58

26. Singleton, H.P. et al. 1950. Soil, water and crop management investigations in the columbia Basin project. Washing ton Agr. Exp. Sta. Bull. No. 520.
27. Stanhill, G. 1957. The effect of differences in soil moisture status on plant growth. Soil Sci. 84:205-214.
28. Viets, F.G., Jr. 1962. Fertilizers and the efficient use of water Adv. Agron. 14:22-264.
29. Wadleigh, H.C. and L.A. Richards. Soil moisture and mineral nutrition in plants en E. Trough E.D. Mineral nutrition in plants. 411:450 University of Wisconsin Press, - Madison.
30. Weatherly, P.E. and R.O. Slatyer. 1957. Relationship - - - between relative turgidity and diffusion pressure - deficit in leaves, Nature 179:1085-1086.

A P E N D I C E

Cuadro 1A. Cantidad de Agua Absorbida Diariamente por los Maíces Normales y por los Maíces "Super-enanos" respectivamente, durante un ciclo de Riego. Buenavista, Coah. 1973.

Tratamientos de:		Julio 1973						
Humedad E.H.S.	Fertilización	11	12	13	14	15	16	17
0.25 bar	0 kg N/ha	700	460	445	472			
"	60	780	660	500	500			
"	120	790	550	475	460			
0.50	0	620	585	430	380	458		
"	60	690	650	568	497	540		
"	120	720	745	475	405	420		
1.00	0	455	310	340	320	260	143	310
"	60	460	210	370	320	360	180	360
"	120	550	200	380	405	350	150	275
2.00	0	600	510	235	355	400	340	325
"	60	645	460	140	385	365	375	390
"	120	730	300	145	490	495	305	260

Tratamientos de:		Julio 1973						
Humedad E.H.S.	Fertilización	11	12	13	14	15	16	17
0.25 bar	0 kg N/ha	675	420	400	510			
"	60	655	575	500	500			
"	120	670	460	390	475			
0.50	0	660	610	300	150	355		
"	60	700	620	500	240	220		
"	120	600	545	495	310	315		
1.00	0	390	495	405	380	400	155	190
"	60	385	570	560	350	390	270	200
"	120	340	500	520	360	350	145	200
2.00	0	425	430	375	325	390	260	240
"	60	395	580	215	350	380	325	255
"	120	415	390	255	470	480	310	180

Cuadro 2A. Alturas de los maíces normales y de los "Super-enanos" a los 46 días de la germinación y a los 19 días de iniciados los tratamientos de humedad. Buenavista Coah.

Tratamientos de			Altura en cm	
Humedad	Fertilización		M.Normales	M.Super-enanos
E.H.S.				
0.25 bar	0 kg N/ha		123.5	88.2
"	60	"	134.0	93.5
"	120	"	135.2	100.7
0.50	0		127.5	90.0
"	60	"	128.5	92.0
"	120	"	135.0	94.0
1.00	0		112.5	78.7
"	60	"	113.5	80.0
"	120	"	114.2	80.5
2.00	0		103.4	73.5
"	60	"	110.7	75.5
"	120	"	110.5	76.7

Cuadro 3A. Alturas de los maíces Normales y de los Super-enanos al momento de la cosecha. Buenavista, Coah. 1973.

Tratamientos de:			Alturas en cm	
Humedad Aprov.	Fertilización		M.Normales	M.Super-enanos
0.25 bar	0 kg N/ha		204.3	91.0
"	60	"	219.0	99.0
"	120	"	229.0	108.0
0.50 bar	0		171.0	95.7
"	60	"	183.2	99.2
"	120	"	214.7	100.0
1.00 bar	0		169.2	87.5
"	60	"	173.7	91.2
"	120	"	180.0	93.5
2.00 bar	0		156.7	89.7
"	60	"	159.5	87.0
"	120	"	172.0	91.0

Cuadro 4A. Diámetros de los tallos de los maíces normales y Super-enanos a los 47 días de la germinación y a los 20 días de iniciados los tratamientos de humedad. - Buenavista, Coah. 1973.

Tratamientos de:		Diámetros en cm	
Humed.Aprov.	Fertilización	M.Normales	M.Super-enanos
0.25 bar	0	4.85	5.97
"	60	5.35	6.27
"	120	5.57	7.00
0.50 bar	0	4.72	5.85
"	60	5.10	6.32
"	120	5.27	6.55
1.00 bar	0	4.90	5.95
"	60	5.12	6.52
"	120	5.30	6.67
2.00 bar	0	4.70	5.57
"	60	4.85	6.10
"	120	5.27	6.40

Cuadro 5A. Diámetros de los tallos de los maíces normales y super-enanos al momento de la cosecha. Buenavista, Coah. 1973.

Tratamientos de:			Diámetro en cm	
Hum.Aprov.	Fertilización		M.Normales	M.Super-enanos
0.25 bar	0 kg N/ha		5.32	6.10
"	60	"	5.85	6.42
"	120	"	6.12	7.30
0.50 bar	0		5.22	5.95
"	60	"	5.60	6.60
"	120	"	5.80	7.32
1.00 bar	0		5.27	6.27
"	60	"	5.42	6.70
"	120	"	5.52	6.85
2.00 bar	0		4.95	5.67
"	60	"	5.10	6.20
"	120	"	5.42	6.45

Cuadro 6A. Rendimiento total de Materia seca para dos variedades de Maíz así como rendimiento en grano de los maíces "Super-enanos" Buenavista, Coah. 1973

Tratamientos de:		Rendto.Materia Seca (g)		Rendto en grano
Humedad	Fertilización	M.Normal	M.Super-enano	M.Super-enano (g)
E.H.S.	kg N/ha			
0.25 bar	0	153.24	85.63	12.5
"	60	185.21	130.66	16.0
"	120	242.03	129.12	21.0
0.50 bar	0	184.70	123.86	11.0
"	60	184.87	121.22	18.0
"	120	215.71	127.48	19.0
1.00 bar	0	160.01	112.32	6.5
"	60	182.64	102.97	10.5
"	120	186.57	119.57	15.0
2.00 bar	0	147.24	106.99	3.0
"	60	133.05	125.05	7.0
"	120	167.19	88.16	9.5

Cuadro 7A. Porcentaje de materia seca para cada uno de los tratamientos y para cada variedad de maíz. Buenavista, Coah 1973.

Tratamientos de:		Porcentaje Materia Seca	
Humedad E.H.S.	Fertilización kg N/ha	M.Normal	M.Super-enano
0.25 bar	0	76.8	76.2
"	60	76.6	76.5
"	120	79.8	69.2
0.50 bar	0	78.9	79.2
"	60	70.4	63.4
"	120	73.0	64.0
1.00 bar	0	73.3	71.0
"	60	75.6	62.6
"	120	74.6	66.8
2.00 bar	0	77.7	71.0
"	60	65.0	79.1
"	120	77.3	52.2

Cuadro 8A. Rendimiento en paja de maíces super-enanos y normales incluyendo los órganos reproductivos al momento de la cosecha. Buenavista, Coah. 1973

Tratamientos de:		Rendto en gramos	
Humedad E.H.S.	Fertilización kg N/ha	M.Normales	M.Super-enanos
0.25 bar	0	199.7	125.5
"	60	241.8	170.8
"	120	303.3	186.6
0.50 bar	0	234.1	156.4
"	60	262.6	191.2
"	120	295.5	199.2
1.00 bar	0	218.3	158.2
"	60	241.6	164.5
"	120	250.1	179.7
2.00 bar	0	189.5	150.7
"	60	204.7	158.7
"	120	216.3	168.9

Cuadro 9A. Análisis de Varianza para el rendimiento en paja. Buenavista, Coah. 1973.

	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Ft	
					0.05	0.01
A	1	114,533.99	114.533.99	216.41	3.98	7.01**
B	3	20,460.30	6,820.10	12.88	2.74	4.08**
AB	3	7,238.30	2,412.77	4.56	2.74	4.08**
C	2	37,066.10	18,553.05	35.01	3.13	4.92**
AC	2	1,076.50	538.25	1.02	3.13	4.92 N.S.
BC	6	8,038.60	1,339.77	2.53	2.23	3.07*
ABC	6	2,792.90	465.48	0.88	2.23	3.07 N.S.
EE	72	38,112.71	529.34			
Total	95	229,339.40				

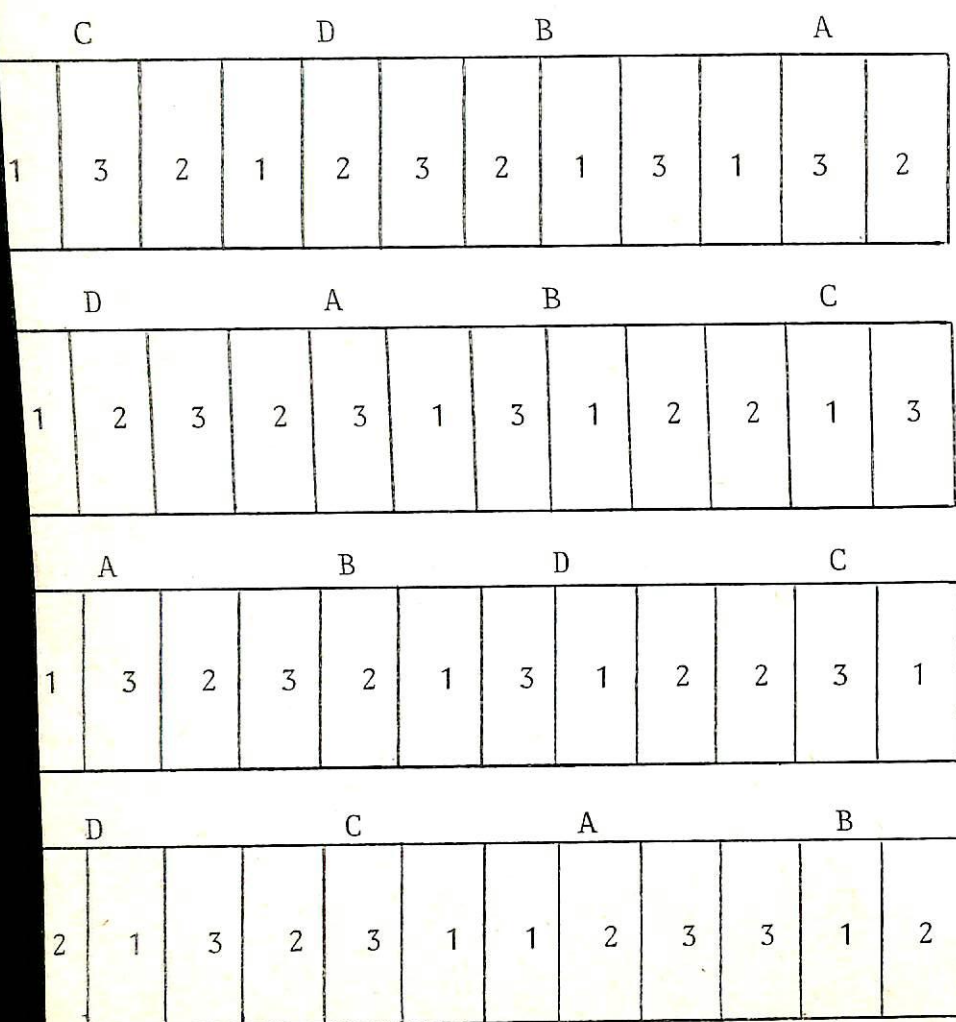
Cuadro 10A. Análisis de Regresión para la Interacción Humedad-Fertilidad. Buenavista, Coah. 1973.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Ft	
					0.05	0.01
Regresión	8	8012.7622	1001.3962	14.41*	8.84	27.49
H	1	1119.74	1119.74	16.11*	10.10	34.1
F	1	4634.92	4634.92	66.69**		
H ²	1	1270.61	1270.61	18.28*		
F ²	1	4.61	4.61	1 N.S.		
HF	1	925.44	925.44	13.32*		
HF ²	1	8.11	8.11	1 N.S.		
H ² F	1	52.43	52.43	1 N.S.		
H ² F ²	1	0.41	0.41	1 N.S.		
Error	3	208.51	208.51			
T.corregido	11	8221.27	8221.27			

Cuadro 11A. Resultados de Análisis para la determinación de Proteína en Forraje y Grano. Buenavista, Coah. 1973

Tratamientos:		Maíces Super-enanos		M.Normales
Humed.Aprov.	Fertilización	%Prot.Grano	% Prot.Forr.	% Prot.F.
0.25 bar	0 kg N/ha	10.39	3.500	4.062
"	60 "	11.00	3.437	4.125
"	120 "	12.10	2.812	3.500
0.50 bar	0 "	10.81	2.937	3.562
"	60 "	11.87	3.885	4.062
"	120 "	12.87	2.812	3.625
1.00 bar	0 "	11.31	3.562	4.688
"	60 "	10.31	2.812	3.000
"	120 "	11.31	4.625	5.062
2.00 bar	0 "	11.81	2.812	3.375
"	60 "	11.37	2.812	3.000
"	120 "	11.68	4.500	5.062

Fig. 1A. Esquema Representativo de la Distribución de las Macetas en el Invernadero.



PASILLO

