

A 6R
0023
1985

020022



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
SISTEMA DE BIBLIOTECAS
HEMEROTECA
Villavicencio - Meta

EFFECTOS DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO EN
LA PRODUCCION DE MAIZ (Zea mais) EN UN SUELO
DYSTROPEPT OXICO DE LOS LLANOS ORIENTALES

HUGO EFRAIN ASTUDILLO HENAO
SERGIO EMIRO GAITAN ROSERO

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE LOS LLANOS ORIENTALES
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA

Villavicencio, 1985

EFFECTOS DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO EN LA PRODUCCION
DE MAIZ (Zea mais) EN UN SUELO DYSTROPEPT OXICO DE LOS LLANOS
ORIENTALES

HUGO EFRAIN ASTUDILLO HENAO
SERGIO EMIRO GAITAN ROSERO

Trabajo de Grado presentado como
requisito parcial para optar al
título de Ingeniero Agrónomo.

Director: RUBEN ALIRIO GARAVITO NEIRA
Agrólogo, MSc.

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE LOS LLANOS ORIENTALES
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA

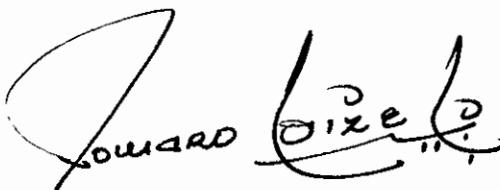
Villavicencio

El jurado examinador otorgó nota

"APROBADO"



LAZARO HUGO LEMUS ALARCON
Jurado



GABRIEL ROMERO CAICEDO
Jurado

La Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales, el Director del Trabajo de Grado y el Jurado calificador, no serán responsables de las ideas y conceptos emitidos por los autores

AGRADECIMIENTOS

A la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS LLANOS ORIENTALES, y a todo el personal docente, que constituyeron la fuente de nuestros conocimientos.

Al Doctor RUBEN ALIRIO GARAVITO NEIRA, por su acertada orientación en la selección del tema y su realización.

A los doctores LAZARO HUGO LEMUS ALARCON y GABRIEL ROMERO CAICEDO por su colaboración en la difícil tarea de servir de Jurado.

A la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS LLANOS ORIENTALES, por facilitarnos los materiales básicos para la realización del trabajo de campo.

Al doctor ARTURO ARANGO MUTIS, y los señores JAIRO CAMPOS, JORGE REYES, PATRICIA ROMERO, NELSON DANILO ASTUDILLO HENAO, por su desinteresada ayuda.

A la señora ANA GLADYS GONZALEZ ORTIZ, por su colaboración en la transcripción de la Tesis.

DEDICATORIA

A mis padres,
A mis hermanos
y demás familiares

SERGIO

A mis padres,
A mis hermanos,
A mi esposa,
A mi hijo

HUGO

MIGUEL ANTONIO BOHORQUEZ MORENO
Rector

MIGUEL EDUARDO VILLARREAL TORRES
Vice-Rector

MIGUEL PINEROS REY
Secretario General

HERNAN GIRALDO VIATELA
Decano

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISION DE LITERATURA	
3.1. Agua del suelo	4
3.2. Absorción de agua por la raíz	5
3.3. Necesidades hídricas del maíz	6
3.4. Factores que afectan el consumo de agua por las plantas	7
3.5. ° Efecto de la profundidad del nivel freático en la concentración de nutrimentos en la solución del suelo	7
3.6. Efecto de la profundidad del nivel freático en la toma de nutrientes en las plantas	9
3.7. Efecto de la profundidad del nivel freático en los procesos fisiológicos de la planta	9
3.8. Experiencia en la tabla de agua estática	13
4. MATERIALES	
4.1. Localización y época	14
4.2. Semilla	14
5. METODOS	
5.1. Tratamiento	15
5.2. Análisis estadístico	15
5.3. Establecimiento del ensayo	18
5.3.1. Preparación del terreno	18
5.3.2. Siembra del cultivo	18

5.3.3.	Aplicación de fertilizantes y correctivos	18
5.3.4.	Control de malezas	19
5.3.5.	Control de plagas	19
5.3.6.	Aplicación de agua	21
5.4.	Tópicos evaluados	
5.4.1.	Altura de plantas	21
5.4.2.	Producción de materia seca	21
5.4.3.	Producción de grano	21
6.	RESULTADOS Y DISCUSION	
6.1.	Efecto de la profundidad del nivel freático en el crecimiento y diferenciación del maíz	23
6.2.	Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz a los 15, 35, 60 y 85 días de edad del cultivo	24
6.2.1.	Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz a los 15 días de edad del cultivo	27
6.2.2.	Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz a los 35 días de edad del cultivo	30
6.2.3.	Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz a los 60 días de edad del cultivo	32
6.2.4.	Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz a los 85 días de edad del cultivo.	34
6.3.	Efecto de la profundidad del nivel freático en el peso de materia seca en maíz a los 60 y 90 días de edad del cultivo	36
6.3.1.	Efecto de la profundidad del nivel freático en el peso de materia seca en maíz a los 60 días	36
6.3.2.	Efecto de la profundidad del nivel freático en el peso de materia seca en maíz a los 90 días	40
6.4.	Efecto de la profundidad del nivel freático en la producción de grano en maíz	40
6.5.	Influencia de la altura de plantas en la producción de grano	45

7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
8.	RESUMEN	49
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	50

INDICE DE FIGURAS

	Pag.	
1.	Diagrama del lote experimental	16
	1.1. Perfil del lote experimental	17
2.	Planta de maíz	22
3.	Efecto de la profundidad del nivel freático en el crecimiento del maíz	25
4.	Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz a los 15 días de edad del cultivo	28
5.	Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz a los 35 días de edad del cultivo	31
6.	Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz a los 60 días de edad del cultivo	33
7.	Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz a los 85 días de edad del cultivo	35
8.	Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz a los 15, 35, 60 y 85 días de edad del cultivo	37
9.	Efecto de la profundidad del nivel freático en el peso de materia seca en maíz a los 60 días	38
10.	Efecto de la profundidad del nivel freático en el peso de materia seca a los 90 días	41
11.	Efecto de la profundidad del nivel freático en la producción de grano en maíz	42
12.	Influencia de la altura de plantas de maíz en la producción de grano	46

INDICE DE TABLAS

	Pag.
1. Control de plagas	20
2. Crecimiento de las plantas de maíz a los 15, 35, 60 y 85 días de edad de distribuidos en zonas	26
3. Distribución porcentual del crecimiento del maíz de cada zona, respecto a la máxima altura obtenida a los 85 días	26
4. Altura en cms de las plantas de maíz sometidas a diferentes profundidades del nivel freático	29
5. Acumulación de materia seca (grs) del maíz a diferentes profundidades del nivel freático	39
6. Rendimiento en Kg. del maíz sometido a diferentes profundidades del nivel freático	43

1. INTRODUCCION

Los Llanos Orientales Colombianos son uno de los principales potenciales agrícolas que tiene el país y constituyen un verdadero reto para una agricultura intensiva y una tecnología de innovación. Es una región constituida por suelos problemáticos, con distribuciones irregulares de las precipitaciones y condiciones de mal drenaje.

En la actualidad uno de los cultivos implantados en ésta zona que merece su atención es el maíz, producto básico en la alimentación del pueblo colombiano, cuyo consumo es mayor que el del arroz y además con diversos usos industriales, adolece de una producción suficiente que abastezca la demanda nacional.

Hoy se conoce ampliamente los requerimientos de agua para los cultivos, en especial se sabe que el maíz necesita 750 litros de agua por kilogramo producido; en suelos profundos puede tomar agua hasta una profundidad de 1.5 ms y en ocasiones hasta 2.4. ICA (11). Este conocimiento ayuda a planear con alta aproximación la dimensión de obras de riego para satisfacer las necesidades de agua del cultivo.

Poco se ha estudiado sobre el efecto de la profundidad del nivel freático en la producción de los cultivos, específicamente la determinación de la profundidad óptima que **garantice** un desarrollo normal y eficaz de la planta de maíz. El conocimiento de las herramientas y/o argumentos disponibles que caractericen los parámetros del suelo

o

y de la planta en relación al drenaje, constituyen el cambio racional hacia la formulación de una concepción base que nos defina los requerimientos del drenaje de los cultivos y su dimensionamiento.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la profundidad del nivel freático en el desarrollo y producción del maíz

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el efecto de la profundidad del nivel freático en el crecimiento de las plantas de maíz
- Determinar el efecto de la profundidad del nivel freático en la producción de materia seca en maíz



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS

SISTEMA DE BIBLIOTECAS

HEMEROTECA

Villavicencio - Meta

3. REVISION DE LITERATURA

3.1. AGUA DEL SUELO

Rojas Garcidueñas (16), clasifica el agua del suelo de la siguiente forma:

- Agua gravitacional: Llena los macroporos y desciende por gravedad o asciende por evaporación, perdiéndose poco después de una lluvia o riego.
- Agua capilar: Ocupa los espacios capilares y es retenida por la tensión superficial. El suelo la retiene pero no muy fuertemente y es tomada por las plantas con facilidad; representa el agua útil para las plantas.
- Agua higroscópica: Esta absorbida por los coloides del suelo y es retenida con fuerza considerable, por lo que sólo una pequeña fracción puede ser absorbida por la planta, en casos excepcionales.

El agua del suelo que está a disposición de la planta es el agua capilar, rango que queda entre el valor del coeficiente de marchitez y el de capacidad de campo.

Pero es claro que mientras la planta puede absorber el agua en cualquier valor dentro de ese rango, le será más difícil hacerlo con

forme se acerca el valor del coeficiente de marchitez, pues cuanto menor es la cantidad de agua en el suelo más fuertemente es retenida por las partículas.

El suelo retiene más agua entre más coloides tenga, de tal manera que un suelo muy arcilloso o con mucha materia orgánica retiene más agua contra la evaporación y gravedad, pero también contra el déficit de presión de difusión de la raíz. Sin embargo el aumento de la capacidad de campo es mayor que el aumento en el coeficiente de marchitez, de modo que un suelo con coloides puede suplir a la planta con más agua y durante más tiempo que un suelo arenoso.

3.2. ABSORCIÓN DE AGUA POR LA RAÍZ

Rojas Garcidueñas (16), indica que las necesidades hídricas de las plantas sobrepasan muy largamente las que se precisan para cubrir las demandas metabólicas, pues la planta evapora agua como cualquier sistema hidratado y debe cumplir las demandas de evaporación a través de su epidermis o proceso de transpiración. Se ha calculado que en condiciones estándar una planta de maíz absorbe durante su ciclo vital unos 300 kg de agua de las que utiliza en procesos metabólicos alrededor de un 2%, transpirando el resto.

Existe cuatro tipos de fuerzas que puedan explicar la entrada de agua por la raíz: imbibición, tensión por transpiración, acción metabólica y ósmosis.

Rhoades y Nelson citados por Joya (12). encontraron que una planta de maíz en suelos permeables puede remover la humedad del suelo a profundidades de 150 a 180 cm.

Oliver (15), sostiene que sólo puede ser eficaz el agua que llega a la zona ocupada por el sistema radicular y que permanece en ella.

3.3. NECESIDADES HIDRICAS DEL MAIZ

Muñoz S. (14), afirma que el consumo de agua por el maíz es lento cuando las plantas están pequeñas, pero continúa aumentando gradualmente hasta cuando llega su floración femenina para disminuir conforme las plantas prosigan a la maduración.

Heckel e Iljin (9), señalan que los cereales son más sensibles a la sequía en un período que va desde la siembra hasta el período en que se fijan los componentes del rendimiento.

Ataggia (1), conceptúa que la fase de floración es el período de máxima eficiencia por el maíz, especialmente durante la segunda fase de floración, cuando se forma la barba de los choclos.

Según Flor (6), existe una cuantiosa evidencia de que la sequía que sufre el maíz en estado como la iniciación floral, el desarrollo de la inflorescencia, la antesis, la fertilización y la formación del grano producen disminuciones en los rendimientos del cultivo.

Berger (3), afirma que cuando un déficit de humedad causa marchitamiento en maíz por uno o varios días durante el espigamiento se reduce la producción de maíz hasta un 22% y de 6 a 8 días del espigamiento reduce la producción cerca al 50%.

Del Aguila J.A. (5), afirma que la falta del agua disminuye los rendimientos en mayor proporción durante el período comprendido entre los 15 días a 20 posteriores a la polinización; cuando 15 días de sequía preceden a la floración masculina se originan pérdidas en el rendimiento superior al 50%.

Berger (3), afirma también que para poder obtener un buen rendimiento es necesario que el maíz disponga de un suficiente suministro de agua durante el ciclo completo; sin embargo, ciertas etapas del

desarrollo de la planta son particularmente críticas:

- Fase comprendida entre la floración de las inflorescencias masculina y femenina
- Fase de formación del grano, particularmente al principio

3.4. FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO DE AGUA POR LAS PLANTAS

Rhoades y Nelson, Roe y Wein citados por Joya (12), agrupan en tres clases los factores:

- Climáticos: temperatura, humedad atmosférica, intensidad lumínica, duración del viento y radiación solar.
- Nutricionales: Se refiere al suministro de agua y nutrientes por la planta
- Del suelo: incluye composición química, textura, contenido de humedad, concentración de soluciones, temperatura y topografía.

Para Stalling citado por Gómez (7), la temperatura, precipitación y duración del día son los factores más importantes.

Para Thorne y Petterson (17), es la radiación solar incidente.

Grillo (8), afirma que el consumo de agua por las plantas es un proceso primordialmente controlado por la energía solar pero modificado por la planta, el suelo y los factores atmosféricos que rigen la absorción y distribución de energía en las superficies de evaporación como son las hojas y las superficie del suelo adyacente y por el flujo de agua y vapor hacia y desde éstas superficies respectivamente.

3.5. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO EN LA CONCENTRACION DE NUTRIMENTOS EN LA SOLUCION DEL SUELO

Según Corey (4), el potencial redox es un factor de gran importan

cia que afecta la concentración de nutrimentos en la solución del suelo. Este factor está relacionado con el estado de aireación del suelo, el cual a su vez depende de la rata de respiración microbial y de la rata de difusión de oxígeno a las áreas de actividad microbial. Afecta la solubilidad de aquellos nutrimentos que tienen más de un estado de oxidación sobre el rango normal de potenciales redox del suelo.

Dentro de estos elementos están incluidos el Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Azufre, Hierro, Manganeseo y Cobre.

El grado de saturación de agua es la causa primaria del grado de aireación debido a su influencia sobre la rata de difusión de Oxígeno por los poros.

De acuerdo a éste autor, un suelo bien oxidado puede progresivamente reducirse y las siguientes reacciones pueden ocurrir:

- a. Desnitrificación de NO_3^-
- b. Reducción de MnO_2 a Mn^{2+}
- c. Reducción de Cu^{2+} a Cu^+
- d. Reducción de óxidos hidratados Fe^{+++} a Fe^{++}
- e. Reducción de SO_4^{2-} a H_2S
- f. Producción de CH_3
- g. Producción de H_2

La reducción de los óxidos férricos frecuentemente origina la liberación de fósforo fijado por los óxidos y que puede ser utilizado por los cultivos que crecen bajo condiciones reducidas.

3.6. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO EN LA TOMA DE NUTRIENTES POR LAS PLANTAS

La concentración de Oxígeno en la atmósfera del suelo, es uno de los principales factores que afectan la habilidad de la planta para tomar nutrientes. La energía requerida para la absorción de micronutrientes es generada por el proceso de respiración en las raíces de la planta. Con excepción de las plantas acuáticas este proceso depende del suministro de Oxígeno en la atmósfera del suelo.

Moore, D.P. (13), afirma también que la pobre aireación del suelo inhibe la absorción de muchos nutrimentos y afecta el estado de oxidación de algunos elementos esenciales como Hidrógeno, Manganeso, Cobre Molibdeno, Fósforo, zinc, Azufre y Calcio.

La anoxia elimina efectivamente el transporte activo. La ausencia de Oxígeno inhibe la fosforilación oxidativa y transporte de electrones, lo cual sugiere el involucramiento de estos procesos en el transporte iónico.

3.7. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO EN LOS PROCESOS FISIOLÓGICOS EN LA PLANTA

Van Horn (18), señala que la presencia y movimiento del Oxígeno al igual que el anhídrido carbónico en las proporciones adecuadas van definiendo el estatus que debe reunir el medio ambiente radicular para el normal desarrollo de las especies vegetales. La dinámica gaseosa del suelo va íntimamente ligada a las relaciones proporcionales de los tres elementos del sistema: el agua, el suelo y los espacios porosos.

El intercambio de gases entre la atmósfera del suelo y la atmósfera superficial se lleva a cabo exclusivamente por difusión molecular que ocurre a través de los poros llenos de aire en el suelo, éstos no

determinan el grado de aireación del suelo.

La cantidad de agua presente por unidad de volumen de suelo es el principal factor determinante en el grado de aireación del suelo. Es evidente que para un perfil de suelo dado existe una relación entre la posición del nivel freático y el grado de saturación del suelo, del cual depende la actividad fisiológica de la raíz de la planta.

Beer y Berry Wolley citados por Yap Salinas (20), afirman que el desarrollo y respiración de la planta se ven afectados con la deficiencia de Oxígeno y/o exceso de anhídrido carbónico.

A mayor disponibilidad de Oxígeno en el suelo, mayor la respiración de la planta y consiguientemente mayor toma de Oxígeno, existiendo un nivel máximo de recepción más allá del cual la planta no podrá tomarlo aún existiendo disponibilidad.

Aubertin Woolley (19), ha demostrado que el nivel inferior de disponibilidad de oxígeno en el suelo para el normal desarrollo de la planta es 5%, estableciéndose por otro lado que el nivel superior corresponde al 21%, por debajo del inferior y por encima del superior se manifiestan síntomas inhibitorios de respiración y crecimiento; los niveles óptimos de crecimiento se manifiestan al 10% de oxígeno.

Afirma también que el exceso de CO_2 no es tan efectivo para limitar la fisiología respiratoria como lo es la deficiencia de oxígeno; sin embargo, algunos trabajos han demostrado que concentraciones al 10% de CO_2 limita severamente el metabolismo, acentuándose el efecto cuando ocurre en combinación con la limitación de oxígeno. Se debe mencionar, que la mayoría de raíces pueden desarrollarse y respirar normalmente si el oxígeno a nivel de su superficie está en equilibrio con el aire de un contenido entre el 5 y 30% de oxígeno y un nivel de CO_2 menor del 10%.

Yap Salinas (20), explica que el movimiento de oxígeno hacia la raíz puede realizarse a través de dos vías; por la misma planta y por el medio poroso del suelo.

La difusión a través de la planta se lleva a cabo por el sistema tisular que contiene espacios intercelulares que pueden llegar a constituir un sistema de comunicación continua desde las partes aéreas de la planta hasta la zona de raíces, existiendo columnas ininterrumpidas de aire que avanzan desde los tejidos existentes a nivel de la superficie del suelo hasta regiones tan próximas como a unas pocas células de distancia del extremo final de las raíces.

Woolley (19), ha demostrado que el oxígeno puede difundirse de una porción de la raíz a otra a través de este sistema intercelular de ventilación y que este sistema intercelular de ventilación varía en su naturaleza y comportamiento de acuerdo al tipo de planta. La naturaleza del desplazamiento del oxígeno por la planta desde las partes aéreas hacia la zona radicular está gobernado por la siguiente ecuación dada por el mismo autor:

$$L = \sqrt{\frac{2 C D \cdot a}{w (1-a) b}}$$

En la que:

- L = Longitud de raíz que puede ser abastecida de oxígeno desde arriba
- C = Concentración de oxígeno en el aire Vol/Vol
- D = Coeficiente de difusión de O₂ en el aire
- a = Porcentaje de volumen intercelular de la raíz
- w = Densidad de la parte no porosa de la raíz
- b = Gasto respiratorio de la raíz

Woolley (19), asegura que dicha relación, para el caso de la raíz de maíz con un promedio de espacio intercelular de 8% podría abastecerse de oxígeno por difusión hasta una longitud de raíz de 10 cms, en caso de que dicho sector de raíz no reciba abastecimiento de oxígeno de su medio externo.

Woolley (19) llega a concluir que el oxígeno puede ser abastecido hasta la profundidad de 1.0 metro y más en suelos agrícolas, siempre y cuando, por lo menos 4% del volumen del suelo consista en poros interconectados llenos de aire y asumiendo un total de requerimiento de oxígeno de $0.4 \text{ ul/cm}^3 \times \text{hora}$. Como dato referencial, conviene mencionar que se ha encontrado que la mayoría de las raíces de los cultivos se desarrollan y respiran normalmente si la velocidad de difusión del oxígeno es de $4 \times 10^{-7} \text{ gr/cm}^2 \times \text{minuto}$, la cual aplicada a una raíz de 1 mm en diámetro arrojará un abastecimiento respiratorio de aproximadamente $670 \text{ ul/cm}^3 \times \text{hora}$.

Yap Salinas (20), considera que los fenómenos metabólicos en presencia de oxígeno, simplificados nos muestran que por cada molécula de glucosa oxidada a través del ciclo de Krebs, se obtienen 6 moléculas de CO_2 , 12 moléculas de H_2O , y 670 Kcal de energía. Dicha energía es usada en la toma de iones y procesos de crecimiento de la planta, mientras, los metabólicos en ausencia de oxígeno no se realizan a través del ciclo de Krebs, obteniéndose de cada molécula de glucosa 2 moléculas de CO_2 , moléculas de alcohol y cerca de 25 kcal de energía. Como se puede ver la diferencia en producción energética en ambos casos es concluyente, más aún, si consideramos que como secuela del proceso anaeróbico, se tiene el proceso de fermentación alcohólica que causa la formación del alcohol y otros productos orgánicos residuales, los cuales son tóxicos a la planta cuando se acumulan en gran cantidad. La continuidad de la raíz por horas bajo las condiciones mencionadas trae consigo el autoenvenenamiento.



3.8. EXPERIENCIA EN TABLA DE AGUA ESTÁTICA

Hiler, Clark y Glass (10), trabajaron con sorgo granero en límites simétricos con tabla de agua estática regulada a 30, 60, 90 y 120 cms de profundidad. Los resultados obtenidos dieron la más alta producción con la tabla de agua a 90 cms por debajo de la superficie del terreno.

Van Horn (18), realizó un largo trabajo en Holanda en suelos arcillosos con niveles de tabla de agua a 40, 60, 90, 120 y 150 cms de profundidad, la mayor producción de maíz correspondió a la tabla de agua que estaba ubicada a 90 cms de profundidad.

Benitín (2), presenta una fórmula experimental que correlaciona la producción con el nivel de la tabla de agua expresada en porcentaje de la máxima producción obtenida a una tabla de agua favorable:

$$p/p \text{ max.} = \frac{100}{B.A.} = \sqrt{(B - A)^2 - (B - C)^2}$$

donde:

- $p/p \text{ max.}$ = Porcentaje de la producción a nivel de la tabla de agua respecto a la máxima producción
 B = Producción óptima de la tabla de agua
 $A, C.$ = Límite superior e inferior de la profundidad de la tabla de agua en donde la producción es nula

Los valores A, B, C, son valores obtenidos experimentalmente en función a la clase de suelo.

4. MATERIALES

4.1. LOCALIZACION Y EPOCA

El ensayo se realizó en la Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales, entre los meses de junio y diciembre de 1984. A una altura de 440 m.s.n.m y la precipitación promedio anual oscila entre 2500 a 3000. El suelo donde se desarrolló el ensayo está clasificado taxonómicamente como Dystropep Oxico: siendo suelos con baja saturación de bases y altos contenidos de óxido de hierro y aluminio.

4.2. SEMILLA

Se utilizó el híbrido H-211, el cual fue escogido por su tolerancia a suelos con altos contenidos de Fe y Al además, por que es muy utilizado en los Llanos Orientales.

Otras características de este híbrido son: tiene una adaptabilidad entre 0 y 1500 m de altitud; buena prolificidad a densidades comerciales. Se cosechan unas 150 mazorcas por cada 100 plantas. Granos de color amarillo cristalino o con una ligera capa arinosa. Buen rendimiento en trillado y molinería. Período vegetativo de 120 días, tolerancia a las plagas y enfermedades comunes en el país.

5. METODOS

5.1. TRATAMIENTO

Durante el ensayo se analizaron 43 profundidades del nivel freático que variaban desde la superficie del terreno hasta 1.07 ms.

El lote experimental tenía una longitud de 40 ms. y un ancho de 11 ms, correspondiendo a un área total de 440 m² (Figuras 1 y 1.1)

Con el fin de mantener el nivel freático estable, se construyeron 4 zanjas localizadas de la siguiente manera: 3 colocadas a lo largo del ensayo, distanciadas entre si por 5 ms; la restante ubicada a lo ancho en la parte baja del lote con una longitud de 11 ms.

La pendiente del lote experimental era del 2.6%

5.2. ANALISIS ESTADISTICO

Se realizó un análisis estadístico utilizando correlaciones entre las siguientes variables: nivel freático, materia seca, altura de plantas y producción de grano.

FIGURA I- DIAGRAMA DEL LOTE EXPERIMENTAL

- a SUPERFICIE DEL TERRENO
- b SUBSUELO
- c PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO
- d1-d2-d3 DRENAJES.
- e CURVAS DE NIVEL
- f PLANTAS

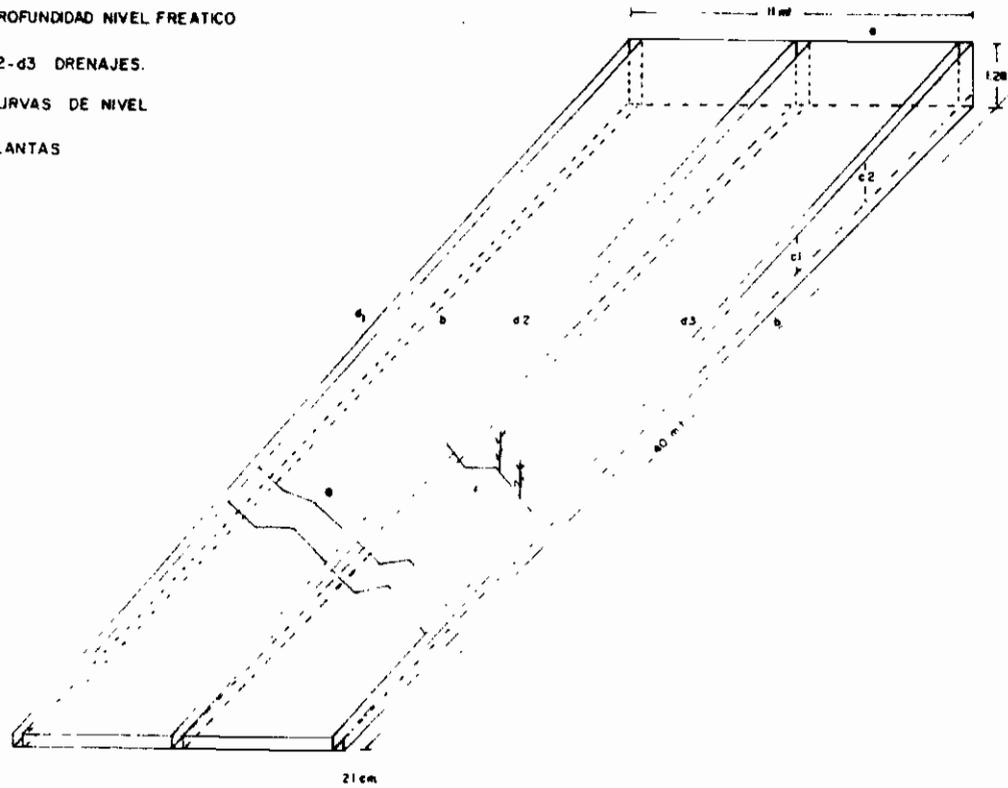
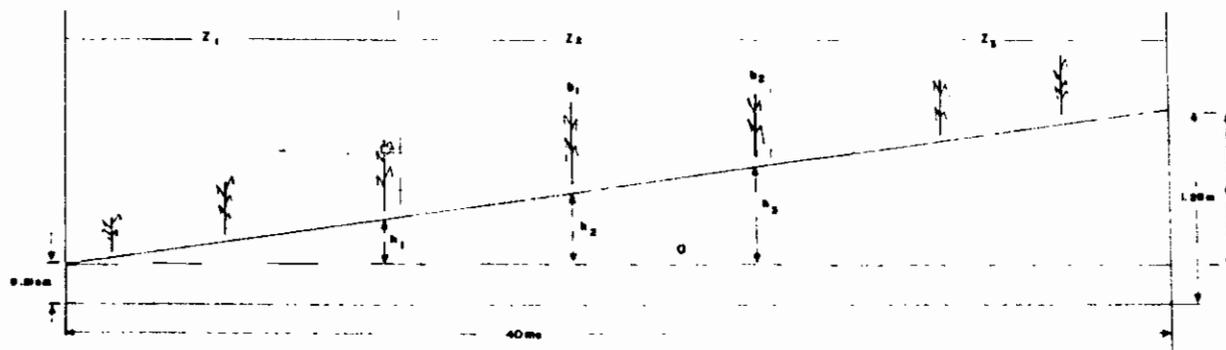


FIGURA 1.1 PERFIL DEL LOTE EXPERIMENTAL

- Q - NIVEL DE AGUA
- M - PLANTAS DE MAIZ
- C - MAXIMA PROFUNDAD NIVEL F (107 cm)
- h_1, h_2, h_3 - PROFUNDIDADES DEL NIVEL F.
- Z₁ - ZONA COMPRENDIDA ENTRE 0 - 44 cm
- Z₂ - ZONA COMPRENDIDA ENTRE 44 - 87 cm
- Z₃ - ZONA COMPRENDIDA ENTRE 87 - 107 cm



5.3. ESTABLECIMIENTO DEL ENSAYO

5.3.1. PREPARACION DEL TERRENO

La preparación del suelo constó de una arada y tres rastrilladas.

Las zanjás se construyeron a pica y pala con las siguientes dimensiones: 35 cm de ancho, 40 ms de largo y una profundidad que variaba desde el nivel de la superficie hasta 1.07 ms.

5.3.2. SIEMBRA DEL CULTIVO

El maíz se sembró a mano dejando 3 granos por sitio. La separación entre surcos fué de 80 cms y entre plantas de 18,5. Los surcos se sembraron en curvas de nivel con el fin de que la profundidad del nivel freático fuese constante en cada una de ellas.

A los 20 días se realizó el raleo dejando una planta por sitio dando una densidad aproximada de 70.000 plantas/Ha., 20 días después se realizó el aporque.

5.3.3. APLICACION DE FERTILIZANTES Y CORRECTIVOS

Se aplicaron 1.372,5 kg/Ha. de Ca., utilizando 3.750 kg de CaCO_3 /Ha. y 1.000 kg de cal dolomítica como enmienda y nutriente en presiembra incorporado.

Se utilizaron 106 kg/Ha. de N., usando 180 kg de urea/Ha. y 10-30-10 en dosis de 233 kg/Ha.

La úrea fué aplicada de la siguiente manera: un 33% a los 15 días después de la germinación y el 67% restante a los 35 días de edad del cultivo.

En cuanto a P., se aplicaron 70 kg/Ha de P_2O_5 , teniendo como fuente 10-30-10.

Además se necesitaron 53 kg/Ha. de K_2O utilizando como fuentes KCl y 10-30-10.

El KCl fué repartido en 2 partes iguales aplicados al mismo tiempo que la úrea.

5.3.4. CONTROL DE MALEZAS

A los cuatro días después de la siembra se aplicó un litro/Ha. de Gesaprim disueltos en 200 litros de agua. Además se hicieron desyerbas esporádicas con azadón.

5.3.5. CONTROL DE PLAGAS

Se aplicó insecticida al momento de la siembra para prevenir un posible ataque de hormigas. A los 20 días hubo un fuerte ataque de Spodoptera frugiperda, llamado cogollero. Finalmente se aplicaron insecticidas para prevenir ataque de Diatraea sp. El resumen aparece en la Tabla 1.

Tabla 1. Aplicaciones de insecticidas al cultivo del maíz

EDAD (días)	INSECTICIDA	DOSIS/Ha.
0	Aldrin	25 kg en 200 lts de agua
15	Dipterex	800 gr en 200 lts de agua
20	Sevin	600 gr en 200 lts de agua
25	Lorsban	1.5 lts en 200 lts de agua
85	Dimecron+Lorsban	0.5 lts + 0.5 lts en 200 lts de agua
93	Dimecron+Lorsban	0.5 lts + 0.5 lts en 200 lts de agua
100	Dimecron+Lorsban	0.5 lts + 0.5 lts en 200 lts de agua
108	Dimecron+Lorsban	0.5 lts + 0.5 lts en 200 lts de agua

5.3.6. APLICACION DE AGUA

Con el fin de mantener el nivel freático estable, en las épocas en que la precipitación fué insuficiente, se recurrió a aplicar agua en las zanjas haciendo uso del acueducto de la Universidad.

5.4. TOPICOS EVALUADOS

5.4.1. ALTURA DE PLANTAS

Los datos se tomaron cada 5 días a partir de los 10 días de edad del cultivo. Fueron seleccionadas al azar 10 plantas por surco las cuales fueron marcadas con el fin de hacer todas las mediciones en ellas. Al final se hace un promedio por surco. Como se puede ver en la Figura 2., las medidas se tomaron desde el nivel del suelo hasta la macolla.

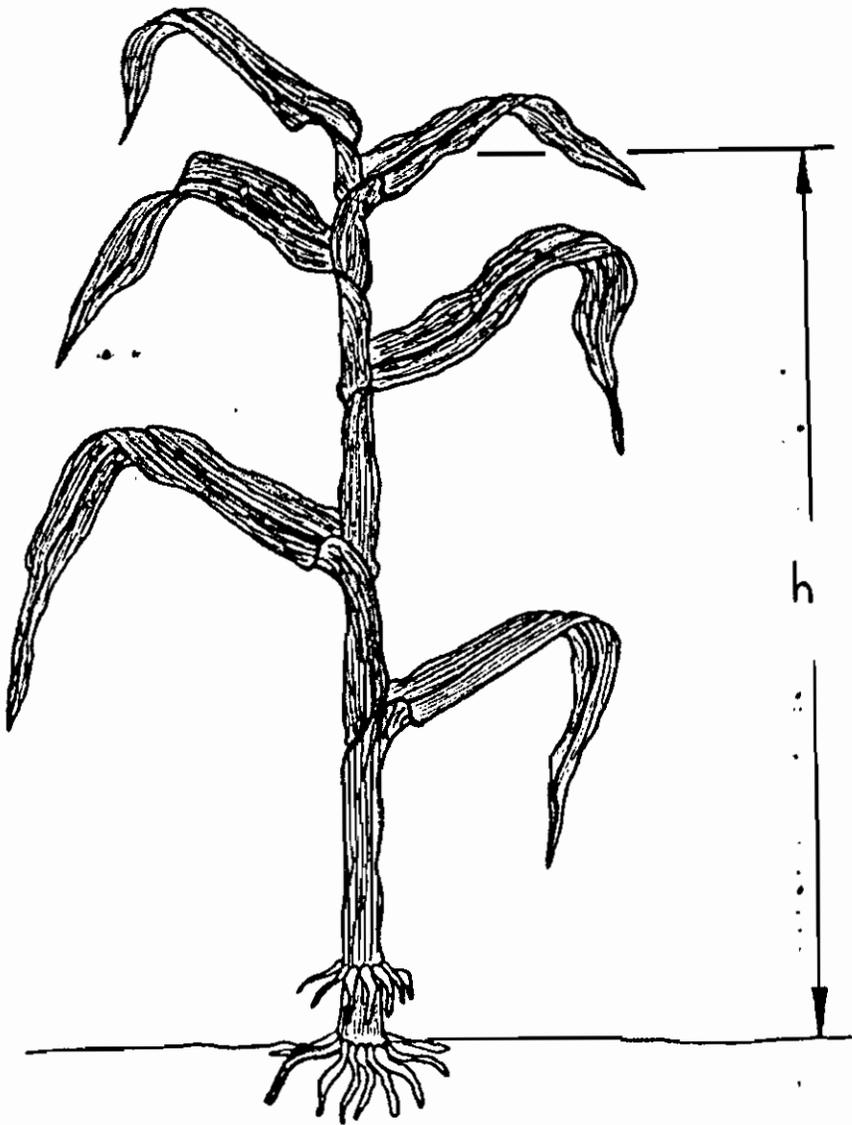
5.4.2. PRODUCCION DE MATERIA SECA

Se tomaron muestras de dos plantas de maíz por surco a los 60 y 90 días de edad del cultivo. Posteriormente se colocaban en una mufla 20 minutos a 90°C más resto tiempo a 60°C hasta completar 24 horas haciendo un promedio de su peso.

5.4.3. PRODUCCION DE GRANO

El maíz fué cosechado a los 121 días de sembrado, posteriormente desgranado y finalmente pesado, tomando el porcentaje de humedad con el fin de llevar los datos al 14% de humedad comercial en maíz.

Figura 2.



6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO EN EL CRECIMIENTO Y DIFERENCIACION DEL MAIZ

Analizando las figuras Nos. 1 y 1.1. que nos muestra el diseño de campo en el cual se estableció el ensayo, podemos distinguir tres zonas de acuerdo a la profundidad del nivel freático:

Zona 1, de 0 a 44 cms

Zona 2, de 44 a 87 cms

Zona 3, de 87 a 107 cms

Para las profundidades del nivel freático comprendidas en la zona 1, la alta tabla de agua modifica el medio ambiente radicular para el normal desarrollo de la planta, pues interactúa sobre la presencia y movimiento del oxígeno y CO_2 . Este estado de saturación del suelo impide un continuo abastecimiento de oxígeno a la atmósfera del suelo y una continua descarga de CO_2 y otros gases tóxicos a través de los poros a la atmósfera exterior, impidiendo mantener por lo tanto los óptimos energéticos y de toxicidad compatibles al normal desarrollo de la planta como bien lo explica Aubertin Woolley (19).

Además se presentan síntomas inhibitorios de respiración y crecimiento, debido a que los porcentajes de O_2 y CO_2 no se encuentran dentro de los óptimos establecidos por Aubertin Woolley (19), los cuales deben estar entre el 5 y el 21% de O_2 , 10% de CO_2 . Es por esto que la planta falla en absorción de agua, condición que puede

agravarse por la obstrucción de los vasos conductores por bacterias saprofitas.

En la zona 2, la profundidad del nivel freático permite una adecuada distribución del agua en el suelo, de tal forma que no afecta su disponibilidad, ni altera la dinámica gaseosa manteniéndose las concentraciones de O_2 y CO_2 cerca al óptimo establecido por Aubertin Woolley (19) en sus experiencias.

Como la respiración y la fotosíntesis no son afectadas, hay un buen balance energético que optimiza la asimilación de nutrientes y agua, permitiendo a la planta obtener un buen desarrollo.

En la zona 3, se presentó una baja disponibilidad de agua útil causada por gruesa textura del suelo y corto espaciamiento entre zanjales, lo cual ocasionó el sobredrenaje, de esta área.

Todo lo anterior se hace evidente analizando la Figura 3., donde podemos observar diferentes curvas de crecimiento para las profundidades del nivel freático 0,31, 61, 78 y 107 cms. Consideramos la curva de 78 cms como curva normal según condiciones de campo ya que presentó el mayor crecimiento y además a esta profundidad del nivel freático los rendimientos fueron superiores. La planta de maíz sufre más cuando los niveles freáticos son altos (0-31 cms), que cuando son bajos (91-107) como puede verse en la figura 3.

.2. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO EN LA ALTURA DE PLANTAS DE MAÍZ A LOS 15, 35, 60 y 85 DÍAS DE EDAD DEL CULTIVO

En la Tabla 2, se puede apreciar la altura promedio existente para cada zona; notándose que a partir de los 15 días de edad del cultivo las plantas ubicadas en la zona 2, tenían un mayor promedio de altura, característica que se sostuvo hasta el final del cultivo.

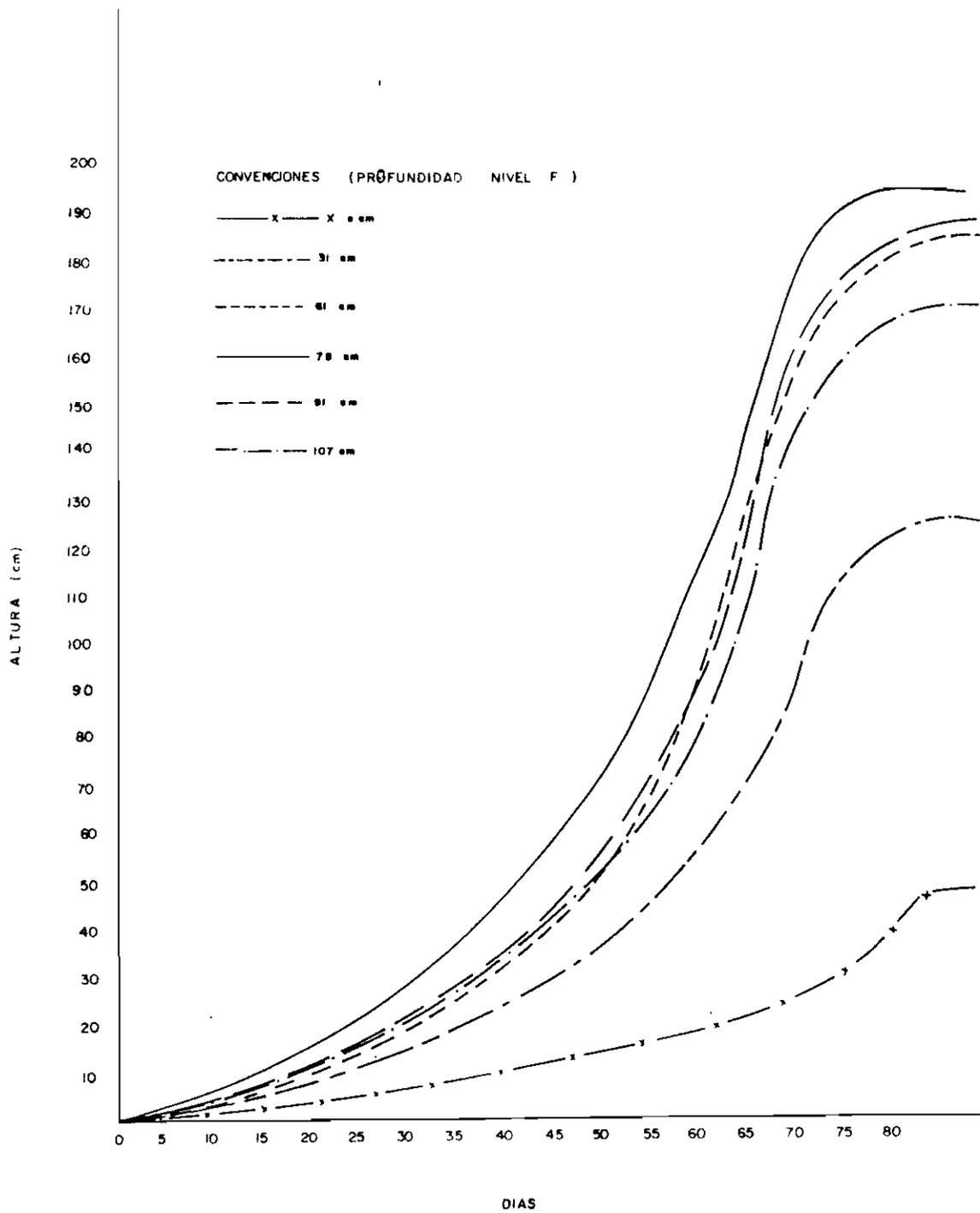


Figura 3 - Efecto de la profundidad del nivel freático en el crecimiento del maíz.

Tabla 2. Crecimiento de las plantas de maíz a los 15, 35, 60 y 85 días de edad distribuidas en zonas

ZONAS			
DIAS	ZONA 1 (0-44 cm)	ZONA 2 (44- 87 cm)	ZONA 3 (87-107 cm)
15	9.03	10.03	9.22
35	18.12	37.75	31.56
60	38.3	82.32	73.96
85	102.34	189.12	180.37

Tabla 3. Distribución porcentual del crecimiento del maíz de cada zona, respecto a la máxima altura obtenida a los 85 días

ZONAS			
DIAS	ZONA 1 %	ZONA 2 %	ZONA 3 %
15	8.82	5.3	5.11
35	17.7	19.96	17.5
60	37.42	43.53	41
85	100	100	100

En la tabla 3, aparecen los datos sobre el crecimiento de las plantas de maíz por porcentaje de las diferentes zonas con respecto al promedio de mayor altura.

6.2.1. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO SOBRE LA ALTURA DE PLANTAS DE MAÍZ A LOS 15 DÍAS DE EDAD DEL CULTIVO

El efecto de la profundidad del nivel freático en esta época no presentó diferencias apreciables en la altura de las plantas de maíz, como puede observarse en la figura 4.

En la tabla 4, se presentan los resultados de las mediciones para esta edad del cultivo.

Al analizar la figura No. 4 y los resultados de la tabla 4, se puede apreciar que la diferencia de altura es poca. Teniendo en cuenta las explicaciones hechas anteriormente sobre el efecto del nivel freático en el crecimiento y diferenciación, se puede destacar como factor limitante la respiración influenciada principalmente por el movimiento de O_2 hacia la raíz, que se puede realizar a través de la planta misma y a través del medio poroso del suelo.

En esta época la fotosíntesis es suplida inicialmente por las reservas energéticas del endospermo que una vez se agotan la plántula ya está en capacidad de sintetizar sus propios alimentos.

En la zona 1, la difusión de O_2 a través de la planta cobra especial interés puesto que los poros libres de agua se reducen considerablemente por la ocupación de agua proveniente del nivel freático alto, además en el suelo se encuentran otras raíces y algunos microorganismos que individualmente también respiran.

FIGURA 4. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO EN LA ALTURA DE PLANTAS DE MAIZ A LOS 15 DIAS DE EDAD DEL CULTIVO

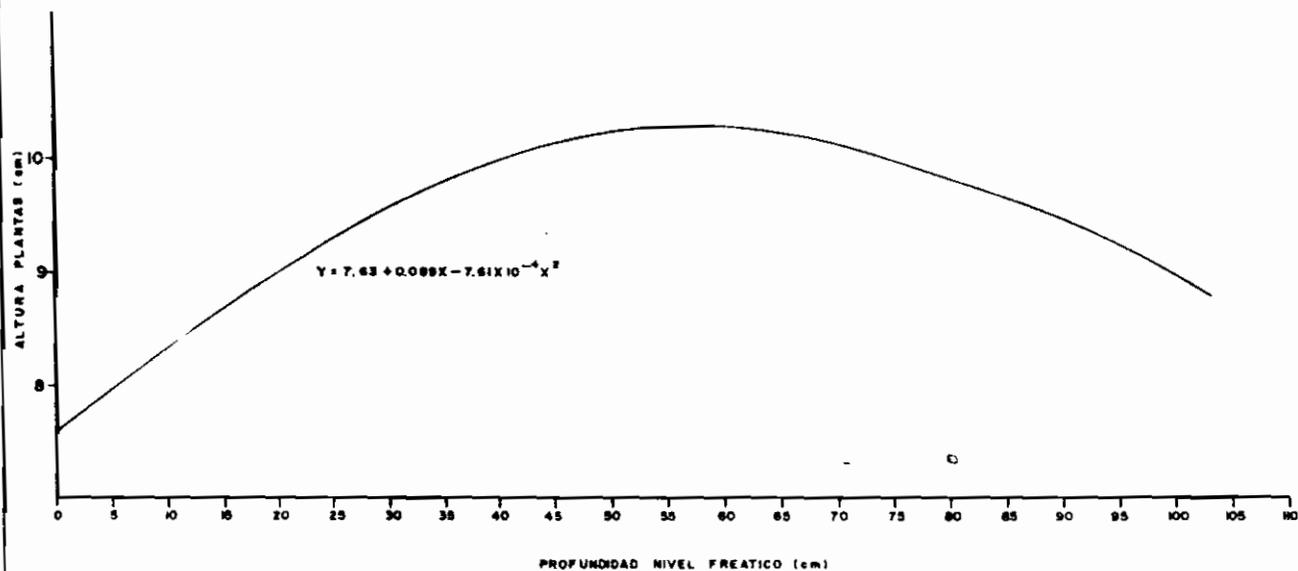


TABLA 4

TABLA: Altura en Cm, de las plantas de maíz sometidas a diferentes profundidades del Nivel Freático.

PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (Cm)	EDAD DEL CULTIVO (días)			
	15	35	60	85
0	7.4	10.81	18.47	34.33
2	9.14	13.5	22.12	39.67
4	9.18	13.34	22.87	52.5
9	8.6	13.24	24.37	66.5
11	8.84	14.16	26.89	70.78
13	8.5	14.08	18.89	77.49
16	8.86	17.1	34.87	98.37
21	9.07	22	42.7	115.7
27	9.27	21.5	43.22	132.56
31	9.18	22	46.40	123.44
33	9.73	10.6	11.81	130.87
36	9.47	23.44	51.6	154.5
38	10.01	28.16	59.	154.3
42	9.15	29.76	66.8	181.78
49	10.33	33.04	73.8	188.87
54	9.46	36.56	84.2	184
55	9.51	37.08	89.13	189.48
56	10.51	34.11	92.78	189.6
59	11.02	33.6	81.55	175
61	9.8	29.52	71.33	163.18
64	10.32	36.88	71.4	190.17
68	10.01	38.03	81	190
70	10.16	36.56	54.6	190.72
72	10.57	43.52	102.6	199.62
74	9.37	38.4	81	200.3
75	10.79	36.88	95.37	188.87
76	10.01	39.91	93.22	188
78	10.16	43.38	91.67	195.87
81	8.91	39.92	97.50	193.67
83	9.95	44.54	99.89	192.1
84	9.63	39.15	95.22	180.3
86	9.78	38.13	81.04	184.39
87	10.21	35.31	81.6	188.59
89	9.3	31.6	77.22	180.7
91	9.05	28.98	71.	183.4
92	9.25	33.06	74.78	180.20
94	8.32	28.8	71.11	183.2
95	9.37	28.35	72.11	188.75
97	9.26	29.2	67.10	174.9
99	9.86	32.7	76.75	179
100	9.13	36.95	80.95	180.2
102	8.8	30.49	71	165.8
107	8.9	31.76	70	169.4

Esta difusión se lleva a cabo por el sistema intercelular de ventilación que constituye un sistema de comunicación continua desde las partes aéreas de la planta hasta la zona de raíces existiendo columnas ininterrumpidas de aire que avanzan desde los tejidos existentes a nivel de la superficie del suelo hasta las regiones tan próximas como a unas pocas células de distancia del extremo final de las raíces.

Este sistema intercelular de ventilación lo explica ampliamente Woolley (19). Según él, para el caso de la raíz de maíz con un promedio de espacio intercelular de 8% podría abastecerse de O_2 por difusión hasta una longitud de raíz de 10 cms, en caso de que dicho sector de raíz no reciba abastecimiento de O_2 de su medio externo.

Como en esta época la raíz de la planta escasamente alcanza los 10 cms de profundidad, las condiciones de mal drenaje subsuperficial propias de la zona 1, no alcanzan a interferir con su crecimiento. Por eso comparativamente con la zona 2 que reúne las condiciones más ideales, la diferencia de altura entre éstas no es mucha; lo mismo sucede en la zona 3, puesto que la cantidad de agua útil que alcanza a retener el suelo es más que suficiente para suplir las necesidades hídricas que requiere la planta de maíz en esta época. La máxima altura de plantas lograda en ésta edad del cultivo fué de 10.23 cms que se determina reemplazando X por profundidad del nivel freático de 61 cms en la ecuación de predicción:

$$Y = 7.63 + 0.089 X - 7.61 \times 10^{-3} X^2$$

6.2.2. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO EN LA ALTURA DE PLANTAS DE MAIZ A LOS 35 DIAS DE EDAD DEL CULTIVO

El efecto de la profundidad del nivel freático empieza a hacerse más notorio como puede verse en la figura No.5 y tabla 4, analizando los datos consignados en éstas.

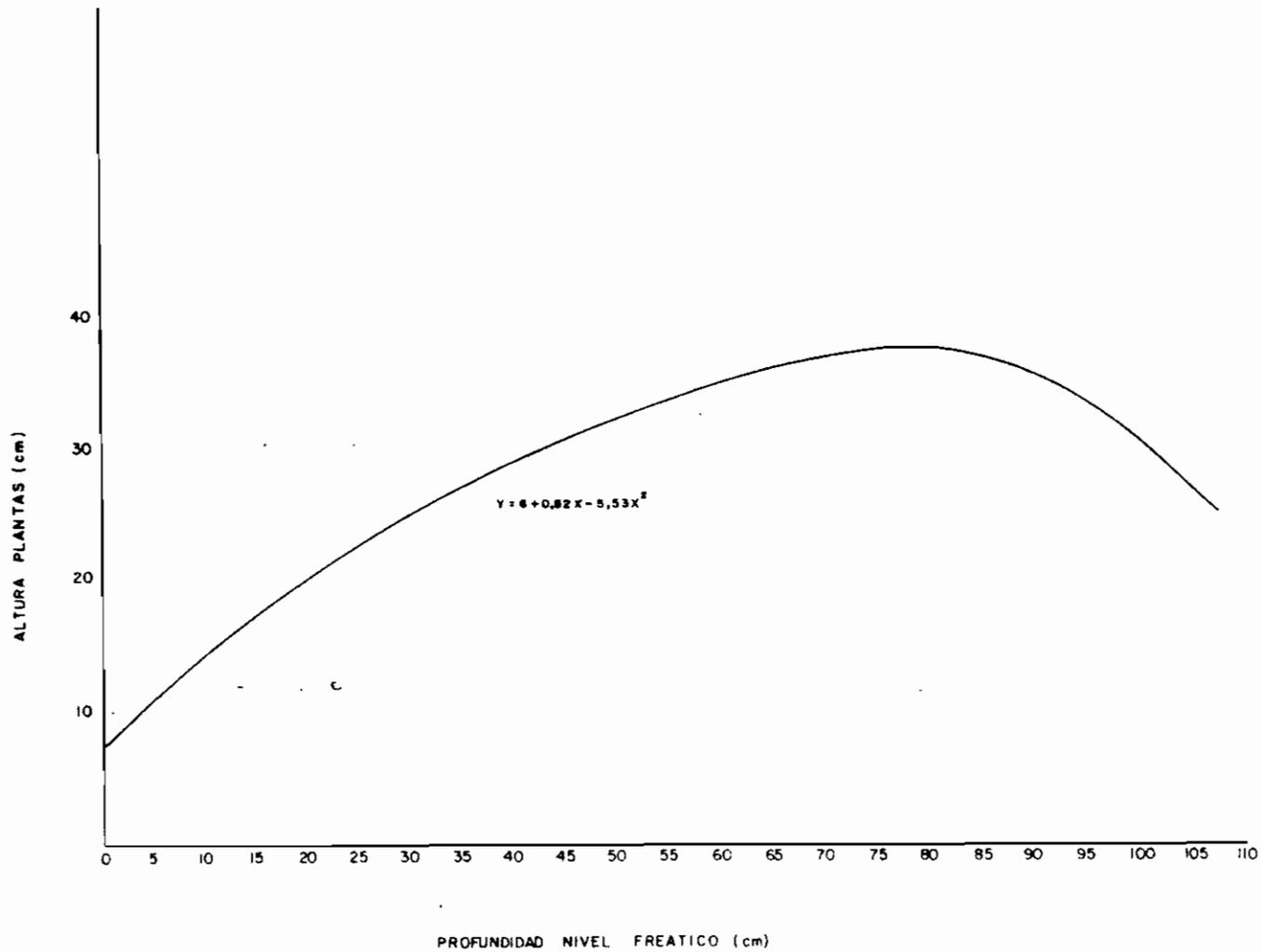


Figura 5 - Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz, a los 35 días de edad del cultivo.

Observando la figura No.5 notamos que en la zona 1, la dinámica gaseosa por efecto del nivel freático alto actúa como factor limitante principalmente de la respiración, afectando el metabolismo estructural y energético que lógicamente influye en el poco incremento del crecimiento de la planta comparado con el obtenido a los 15 días. El aumento de altura que se registró fue del 9% mientras que en la zona 2, el incremento presentado fue del 15%. En la zona 3, se puede apreciar los efectos de la poca retención de humedad del suelo y nivel freático bajo, que no alcanza a suplir las necesidades hídricas de la planta repercutiendo en su crecimiento que solo fue del 12%.

La máxima altura de plantas lograda en ésta edad del cultivo fue de 36,4 cms que se determina reemplazando X por la profundidad del nivel freático de 74 cms en la ecuación de predicción.

$$Y = 6 + 0.28X - 5.53 \times 10^{-3} X^2$$

6.2.3. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO EN LA ALTURA DE PLANTAS DE MAIZ A LOS 60 DIAS DE EDAD DEL CULTIVO

El efecto de la profundidad del nivel freático puede verse en la figura No. 6 y la tabla 4, analizando los datos consignados en estas.

La fase de rápido incremento del crecimiento propia de esta edad del cultivo hace que se manifieste con mayor severidad las diferencias de alturas entre las zonas.

La zona 1, experimenta un aumento en el crecimiento con relación al de los 35 días de un 20%, mientras la zona 2, presenta un aumento del 24% y la zona 3 de un 23% debido a que permanecieron cada una de ellas sometidas a su respectivo régimen de humedad edáfica.

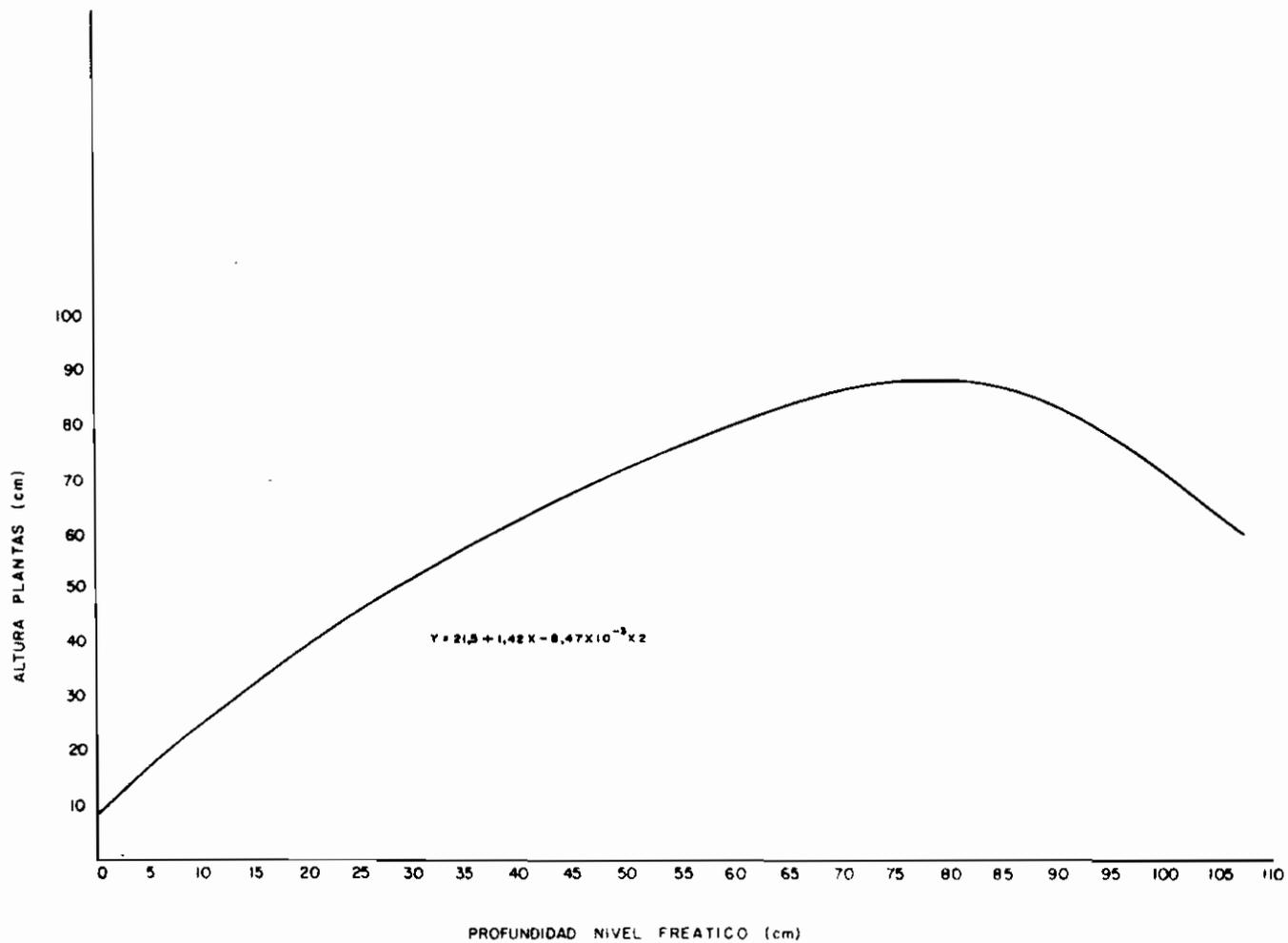


Figura 6 - Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz, a los 60 días de edad del cultivo.

La máxima altura de plantas lograda en ésta edad del cultivo fué de 80.73 cms que se determina reemplazando X por la profundidad del nivel freático de 78 cms en la ecuación de predicción:

$$Y = 21.5 + 1.42X - 8.47 \times 10^{-3} X^2$$

6.2.4. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO EN LA ALTURA DE PLANTAS DE MAIZ A LOS 85 DIAS DE EDAD DEL CULTIVO

El efecto de la profundidad del nivel freático puede verse en la figura No. 7. y tabla 4, analizando los datos consignados en estas.

A esta edad del cultivo, la rata de crecimiento disminuye gradualmente hasta alcanzar la madurez y terminar el crecimiento para definir así la curva sigmoidea para cada zona.

Es de esperarse que el incremento del crecimiento sea menor para la zona que se encontraba más cerca de la madurez y además es lógico suponer que con el tiempo entre más rápido a la fase de senectud y muerte.

La zona 1, presenta un aumento en el crecimiento de las plantas con respecto al de los 60 días de un 63%, en tanto que la zona 2, aumentaba un 55% y la zona 3 un 59%.

La máxima altura de plantas lograda en ésta edad del cultivo fué de 194,4 cms que se determina reemplazando X por la profundidad del nivel freático de 74 cms, en la ecuación de predicción:

$$Y = 29.2 + 4,49X - 0.305 X^2$$

El análisis estadístico muestra un alto índice de correlación (0.99), esto significa que el crecimiento depende en buen grado de la profundidad del nivel freático.

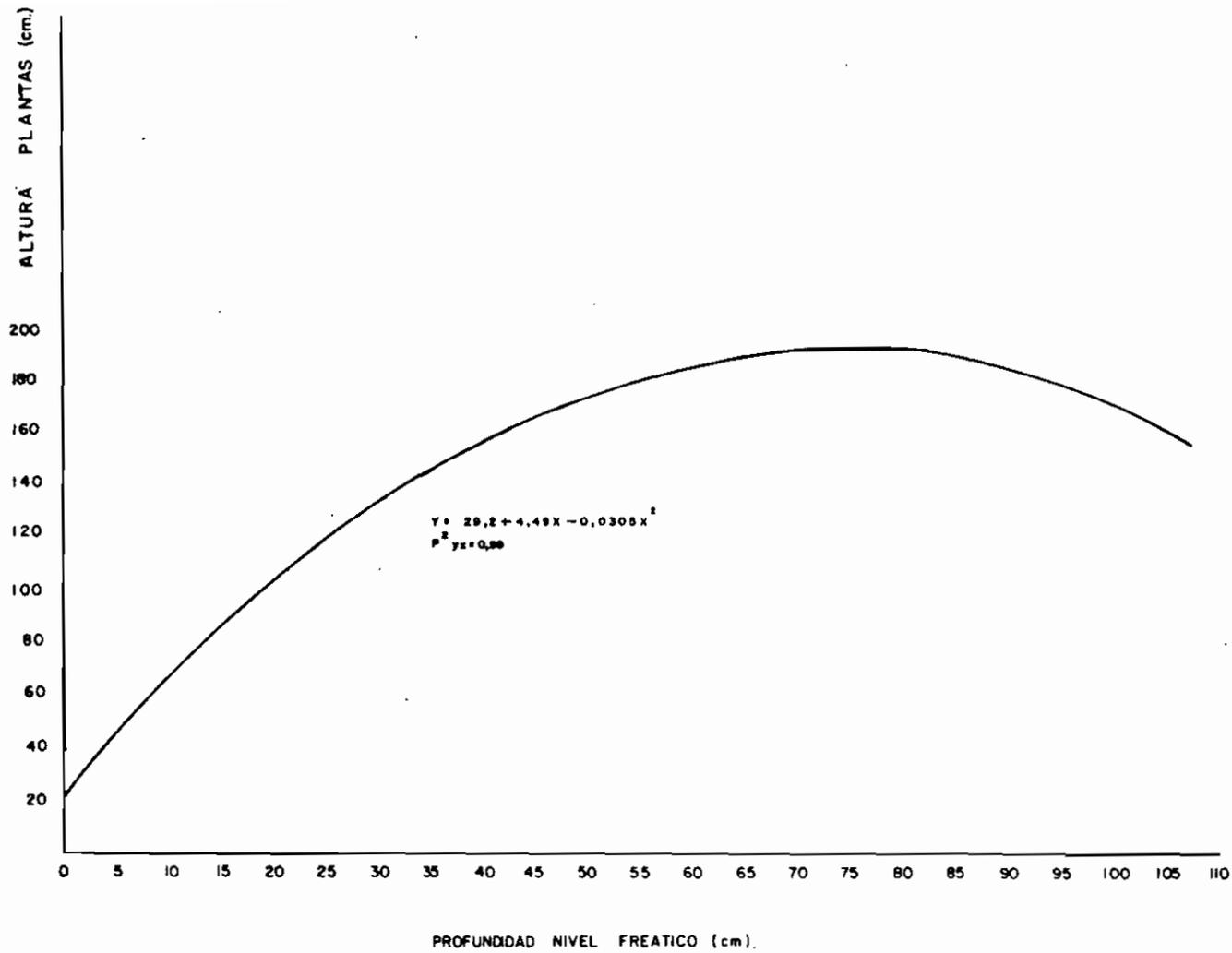


Figura 7 - Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz, a los 85 días de edad del cultivo

En la figura No. 8, aparecen a una misma escala las diferentes curvas de altura de las plantas de maíz a los 15, 35, 60 y 85 días de edad del cultivo, con el fin de observar la dinámica del crecimiento.

6.3. EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN EL PESO DE MATERIA SECA EN MAÍZ A LOS 60 Y 90 DÍAS DE EDAD DEL CULTIVO

6.3.1. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO EN EL PESO DE MATERIA SECA EN MAÍZ A LOS 60 DÍAS

El efecto de la profundidad del nivel freático en la acumulación de materia seca del maíz comienza a hacerse evidente como puede observarse en la figura No. 9.

En la tabla 5, se puede encontrar los datos de los pesos de materia seca en las diferentes profundidades de los niveles freáticos.

La acumulación de materia seca en zona 1, fué afectada en mayor grado y en la zona 2 y 3 la diferencia apenas empieza a notarse. Esta respuesta tiene su explicación al igual como ocurrió en el caso del crecimiento en las plantas

La máxima acumulación de materia seca obtenida en esta edad del cultivo fué de 69.3 gr que se determina reemplazando X por la profundidad del nivel freático de 94 cms en la ecuación de predicción:

$$Y = 2 + 1.45X - 7,8 \times 10^{-3} X^2$$

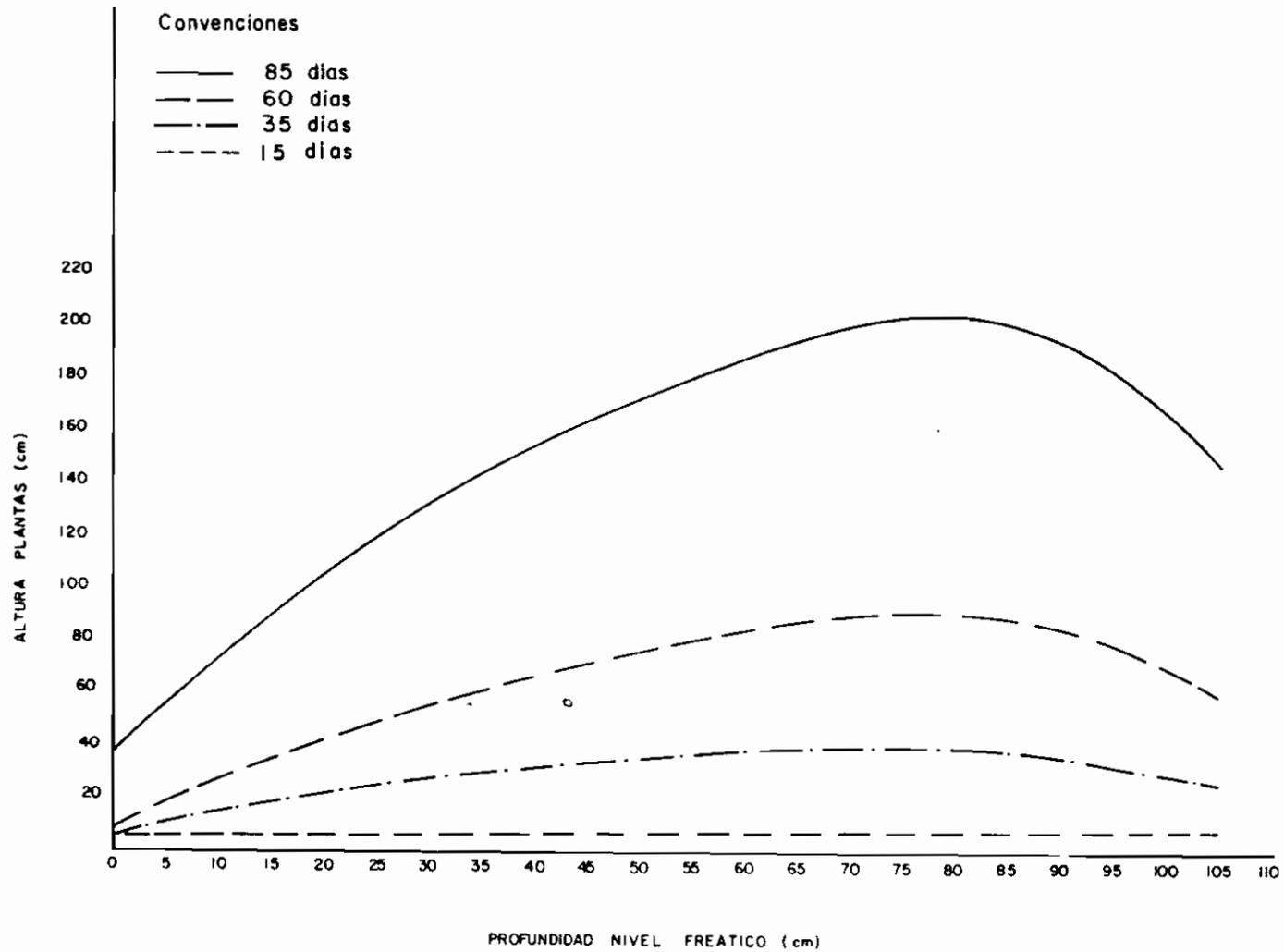


Figura 8 - Efecto de la profundidad del nivel freático en la altura de plantas de maíz, a los 15, 35, 60 y 85 días de edad del cultivo.

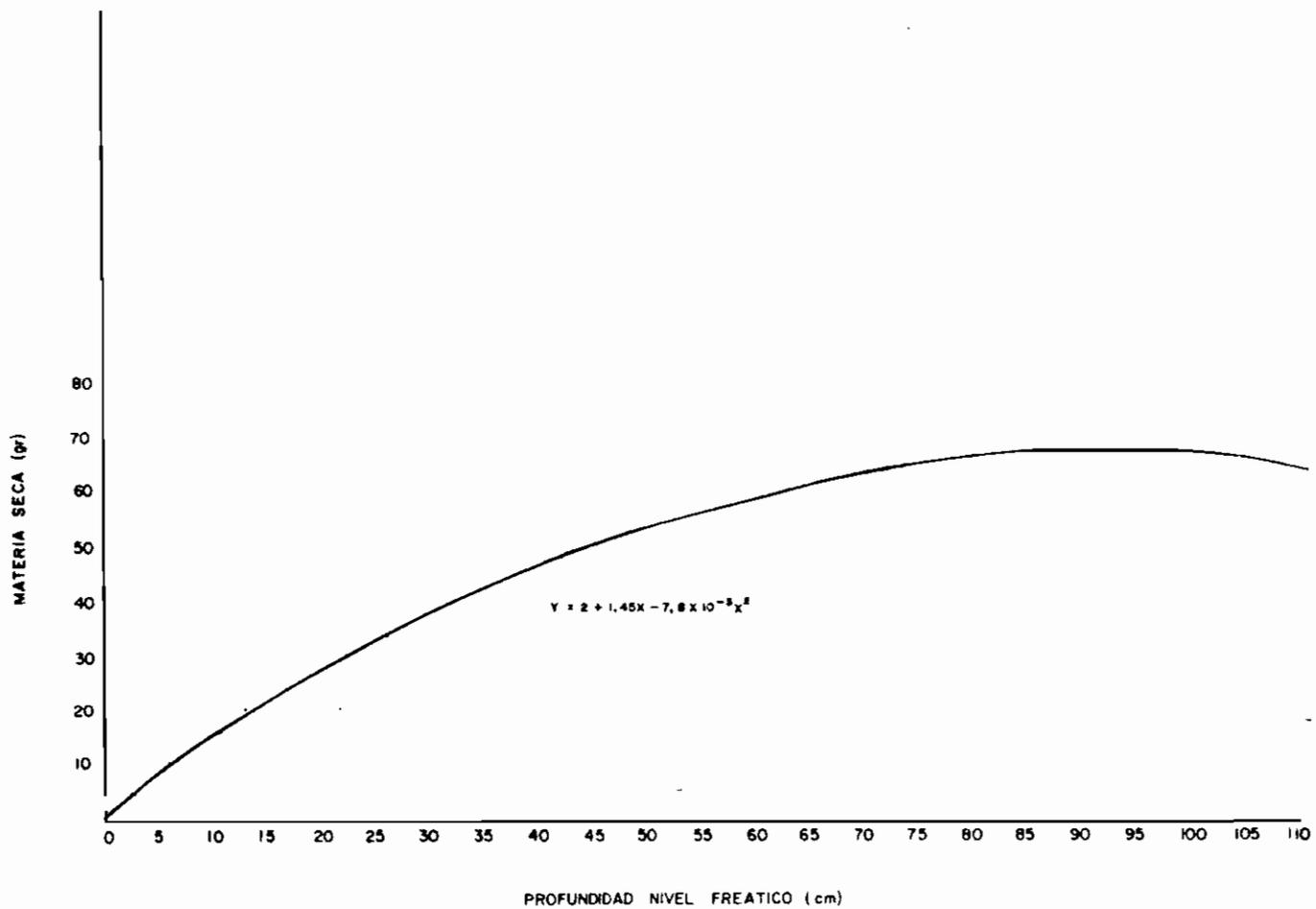


Figura 9 - Efecto de profundidad del nivel freático en la producción de materia seca del maíz, a los 60 días de edad del cultivo

° TABLA 5

TABLA: Acumulación de materia seca (gr.) del maíz a diferentes profundidades del Nivel Freático.

PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (Cm).	EDAD DEL CULTIVO	
	60 (días)	90 (días)
0	2.9 Gr.	0 Gr.
2	6.4	0
4	16.6	0
9	4.6	41
11	22.4	44.4
13	19.1	33.4
16	55.9	33.8
21	22.1	66.9
27	26	63.9
31	40.7	66.8
33	21.4	66
36	29.9	101.5
38	48.6	125
42	27.1	9.5
49	51.8	70.4
54	88.5	120.0
55	53.2	112.6
56	51.4	94.2
59	80.4	56.6
61	45.7	110
64	48.4	207.0
68	49.1	147.5
70	75.75	167.6
72	88.4	150
74	52.4	117.5
75	90.9	160
76	45.6	161.3
78	75.5	207.3
81	87.2	138.5
83	88.9	88.4
84	69.9	84
86	48.85	142.2
87	81.4	83.7
89	74.9	90.5
91	63.5	137.1
92	58.8	80.2
94	84.1	90.3
95	58.4	121.4
97	76.7	54.8
99	98.22	122.1
100	42.95	106.9
102	39.9	133.5
107	71	160.9

6.3.2. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO SOBRE EL PESO DE MATERIA SECA EN MAIZ A LOS 90 DIAS

El efecto de la profundidad del nivel freático sobre la acumulación de materia seca es más apreciable, como podemos ver en la figura 10.

La tabla 5, describe los datos sobre los pesos de materia seca a los diferentes niveles freáticos.

En la figura 10, puede observarse que la acumulación de materia seca en la zona 2 es mayor, mientras en la zona 1 y 3 va disminuyendo siendo más severa en la zona 1. El atraso general que presentan las plantas en su acumulación de materia seca en las zonas críticas se evidencia por el amarillamiento y muerte de las hojas bajas especialmente cuando los niveles freáticos son altos.

El análisis estadístico que se obtiene muestra índice de correlación de 0.76 es decir que hay una buena dependencia de la variable materia seca con respecto a la profundidad del nivel freático.

La máxima acumulación de materia seca obtenida en ésta edad del cultivo fué de 127,5 grs, que se determina reemplazando X por la profundidad del nivel freático de 76 cms en la ecuación de predicción:

$$Y = 6.93 + 3,555X - 0.0235 X^2$$

6.4. EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO EN LA PRODUCCION DE GRANO EN MAIZ

El efecto de la profundidad del nivel freático sobre la producción de grano puede observarse en la figura No. 11.

La tabla 6, nos muestra los datos del rendimiento obtenido en cada uno de los niveles freáticos

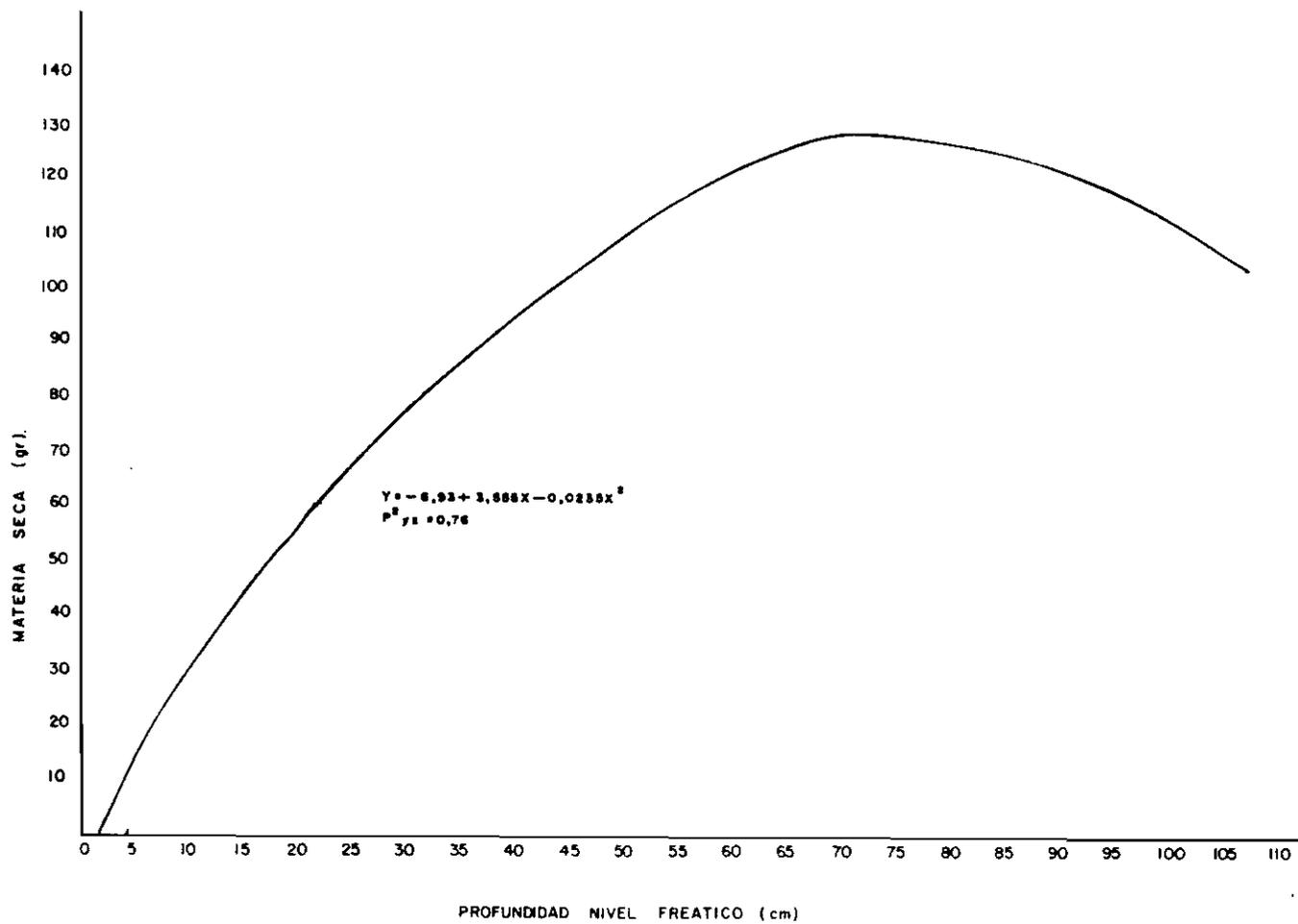


Figura 10 - Efecto de la profundidad del nivel freático en la producción de materia seca del maíz, a los 90 días de edad del cultivo

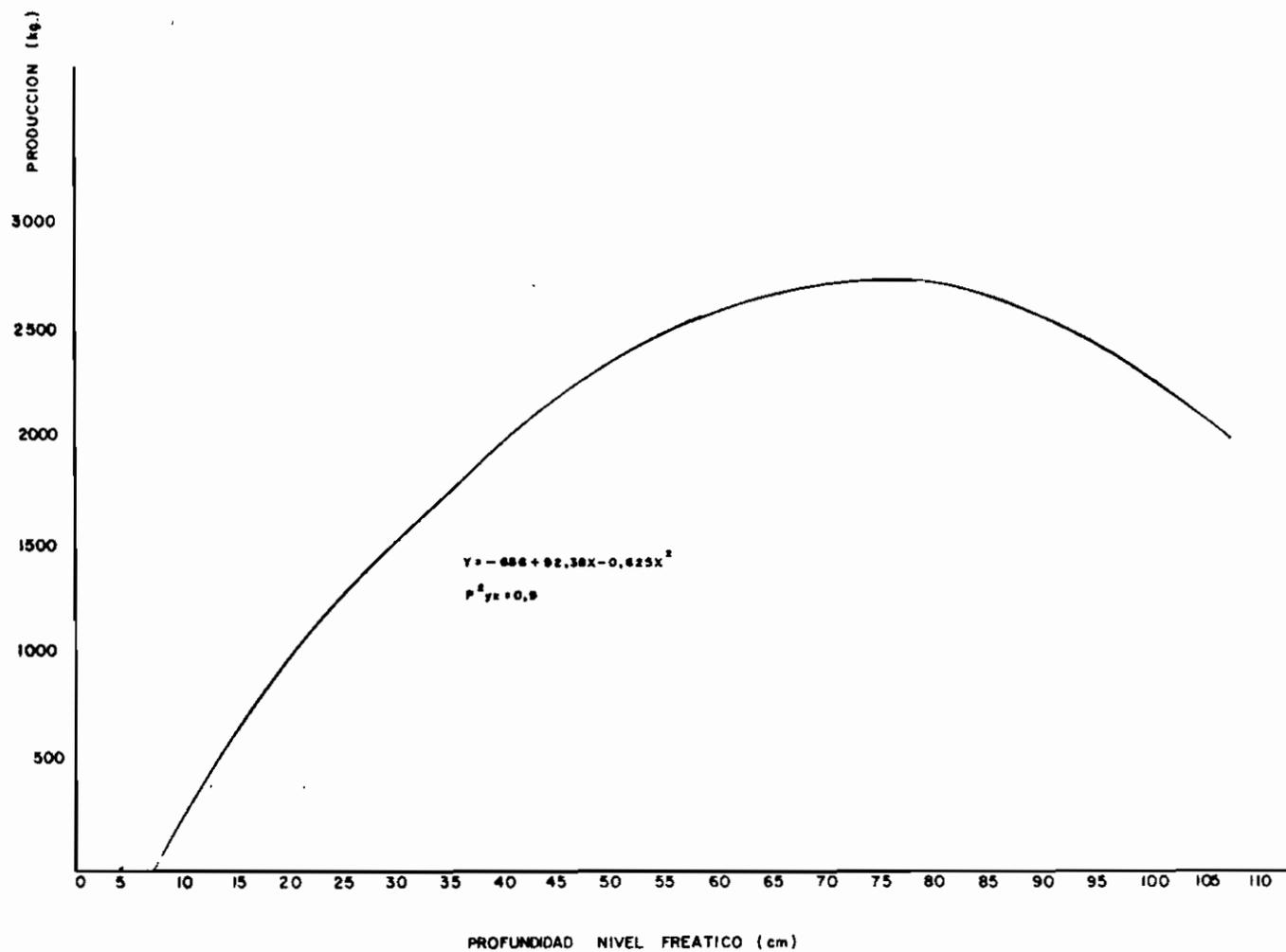


Figura II - Efecto de la profundidad del nivel freático en la producción de grano en maíz

TABLA 6

TABLA: Rendimiento en Kg. del maíz sometidos a diferentes profundidades del Nivel Friático.

<u>PROFUNDIDAD</u> <u>NIVEL FRIÁTICO</u>	<u>RENDIMIENTO</u> <u>Ton.</u>
)	
0	8.49x10 ⁻³
2	0.032
4	0.020
9	0.074
11	0.447
13	0.456
16	0.833
21	1.018
27	0.297
31	0.897
33	0.944
36	1.480
38	1.592
42	2.120
49	1.692
54	2.217
55	2.736
56	3.108
59	2.282
61	2.540
64	3.072
68	3.192
70	3.000
72	3.282
74	3.032
75	2.312
76	3.434
78	3.750
81	2.726
83	3.127
84	2.466
86	2.893
87	2.551
89	2.296
91	3.086
92	3.057
94	2.187
95	1935
97	2.089
99	2.703
100	2.025
102	2.020
107	1.554.

El índice de correlación resultante fué de 0.9 es decir, hubo alta dependencia entre las dos variables.

Los factores que interactúan en el ciclo vital del maíz y que influyeron en la producción de cada zona son principalmente los siguientes:

En la zona 1, un factor extrínseco sobresaliente es la fertilidad. La disponibilidad del nitrógeno disminuye cerca de 1Kg/Ha. por cada cm de presión del nivel freático, la misma correlación es válida para otros elementos fertilizantes como P, Ca, K y Mag. Van Horn (18).

Otro punto de vista es el biótico, donde los patógenos de mayor importancia relativa en suelos con problemas de aireación son los hongos y secundariamente las bacterias y virus, esto debido a que los hongos son insensibles a las reducciones severas de los niveles de oxígeno, además se ha comprobado que su efecto adverso sobre las raíces de las plantas que se desarrollan en ese medio es mayor. Zentmyer citado por Salinas (20).

Los factores intrínsecos son: la asimilación de nutrientes y la absorción de agua por la planta. Estos son afectados por la deficiente aireación del suelo generándose síntomas de epinastia como amarillamiento y muerte de las hojas inferiores y finalmente disminuye la resistencia de la planta a factores adversos. La producción promedio en esta zona fué de 0.73 Ton/Ha.

En la zona 2, los factores extrínsecos como se encuentran dentro de los límites óptimos no afectan el ciclo vital de la planta y su producción es normal para el lugar donde se desarrolló la experiencia. El promedio de producción fué de 2.81 Ton/Ha.

En la zona 3, hubo una producción promedio menor comparada con la que se presentó en la zona 2, por la acción de un factor intrínscico representado por el desbalance del equipo hormonal causado por la poca absorción en agua. La producción promedio para esta zona fué de 2.29 Ton/Ha.

La máxima producción de grano en maíz fué de 2.758 kgs que se determina reemplazando X por la profundidad del nivel freático de 74 cms en la ecuación de predicción:

$$Y = 656 + 92,38X - 0.625 X^2$$

6.5. INFLUENCIA DE LA ALTURA DE PLANTAS DE MAIZ EN LA PRODUCCION DE GRANO

Esta influencia se puede observar en la figura No.12. EL coeficiente de correlación fué de 0.9. Significa que la producción está en función directa del crecimiento porque al haber mayor crecimiento hay mayor área foliar y al ser ésta mayor aumenta la tasa de fotosíntesis por unidad de área y por lo tanto mayor asimilación neta, que conduce a un mejor desarrollo de la planta que es determinante en la productividad.

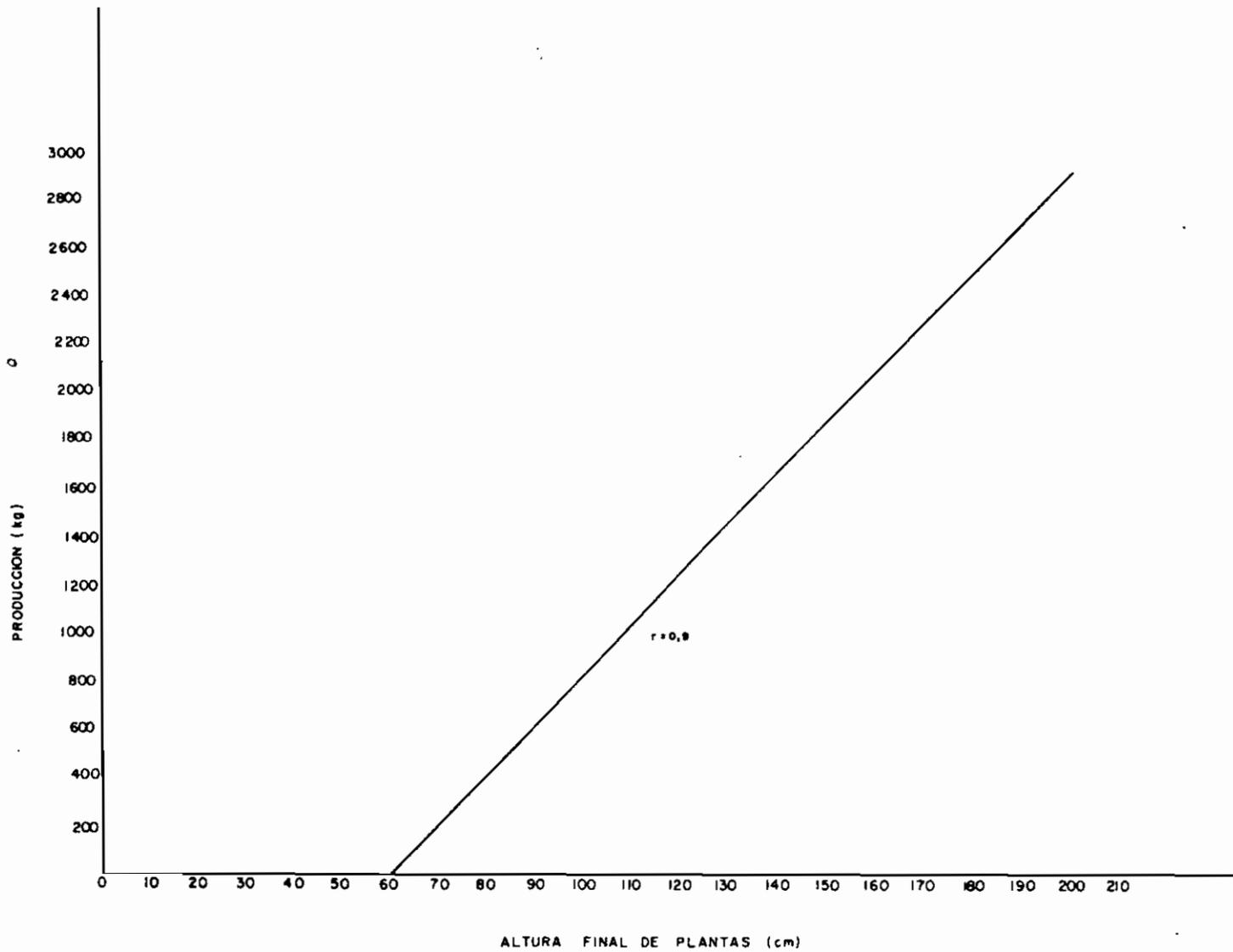


Figura 12 – Influencia de la altura de plantas de maíz en el rendimiento (kg)

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos durante la investigación, puede afirmarse que la producción de maíz es severamente afectada por niveles freáticos cercanos a la superficie del suelo.

Las mediciones de altura de plantas y materia seca indican que bajo las condiciones de anegamiento, los daños son más drásticos que cuando hay sobre - drenaje.

Con base en este hecho y a las características genéticas de la planta de maíz, se establecen curvas patrón de daño indispensables en el diseño del drenaje subsuperficial para el cultivo en los Llanos Orientales, especialmente , porque la siembra se efectúa al inicio del período de lluvias y en suelos que presentan problemas de drenaje exponiendo la planta al efecto de niveles freáticos altos en mayor parte de su desarrollo.

Como éstas curvas varía de acuerdo al cultivo, se recomienda determinar la magnitud de daño por efecto del nivel freático para los más importantes de la zona.

En maíz, la mayor acumulación de materia seca, y producción se obtuvo cuando la profundidad del nivel freático era 76 a 74 cms respectivamente.

La mayor altura de plantas se obtuvo cuando la profundidad del nivel freático era 74 cms.

Las plantas de maíz expuestas a niveles freáticos altos se mostraron débiles con síntomas de deficiencia de minerales en la parte superior del tallo epinastia y pigmentación rojiza.

Todos estos efectos adversos que lógicamente influyen en la producción puede obviarse con el diseño de un sistema de drenaje, fruto de un esquema metodológico que debe considerar dos aspectos:

a. El efecto del mal drenaje subsuperficial sobre la producción de los cultivos, expresado en la curva patrón de daños. Además es necesario conocer las propiedades físicas de los suelos, especialmente la conductividad hidráulica para poder determinar el espaciamiento entre zanjas.

b. Construir sistemas de drenaje con el fin de bajar el nivel freático a niveles óptimos para el desarrollo de las plantas para lo cual existen formulaciones lo suficientemente estudiadas.

8. RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en un suelo Dystropept Oxico de la granja de la Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales, con el que se investigó el efecto de la profundidad del nivel freático de mal drenaje subsuperficial sobre la producción de maíz.

Se analizaron 43 diferentes profundidades de niveles freáticos que iban desde 0° hasta 1.07 ms debajo de la superficie.

Se midieron las alturas de 10 plantas por surcos a los 15, 35, 60 y 85 días de edad del cultivo, además se tomó el peso de materia seca a los 60 y 90 días; finalmente se obtuvo el registro de producción.

Analizados los resultados se estableció que la profundidad del nivel freático en donde se obtuvo la mayor producción se encontraba a 74 cms de la superficie. Se logró el mayor peso de materia seca, con una profundidad del nivel freático de 76 cms. Mientras el mayor promedio de altura se obtuvo cuando la profundidad del nivel freático era de 74 cms.

Con esta investigación se demostró claramente que la planta de maíz sufre alteraciones fisiológicas tanto por inundación como por sobre drenajes siendo más acentuado el efecto para el primer caso. Por esto es necesario construir sistemas de drenaje adecuados para poder bajar el nivel freático hasta una profundidad óptima para el buen desarrollo de las plantas de maíz.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALAGGIA, N.A. 1957. Ensayo de maíz con riego A.I.A. Montevideo No. 101:20-24
2. BENITIN, J: 1963. Ground water level depth during the vegetation period in a region with supplementary irrigation need. Fifth Congress of Irrigation and Drainage, Tokio. ICID (International commission on irrigation Drainage) Transactions. Vol. V.
3. BERGER, J. 1962. Production and manuring of maize Zurich Centre Deutude de Lázate. Genova. pp 55-58
4. COREY, R.B. 1973 Factors Affocting the availability of nutrients to plants. In: Soil testing and Plant Analysis, Soil Science Society of America INC., Madison Wisconsin, USA. pp. 23-35
5. DEL AGUILA J.A. 1980. El cultivo del maíz. Argentina Instituto Salesiano de Artes Gráficas. (I.S.A.G.). Don Bosco 4053. Buenos Aires. pp 29-30.
6. FLOR CARLOS A. 1971. Enfoques metodológicos para la toma de decisiones en agricultura de temporal. Tesis M.C. Colegio Postgraduado ENA Chapingo (México). P. 245.

7. GOMEZ, J.A. Y A.C. MC CLUNG. 1968. Influjo de la irrigación, de la población y la fertilización con N en la producción y otras características del maíz. Agr. Trop. (Colombia). 23 (1)
8. GRILLO MANUEL. 1971. Consumo de agua por las plantas. Actas Agronómicas (Colombia) 21 (2) 87-91
9. HECKEL P.A. 1964. Physiology of plants under drought ann rev plant physiol. Pp: 15, 363-368
10. HILER, J.A. R. H. CLARK, AND L.J. GLASS, 1970. Effects of water table height on soil aeration and crop response. ASEA paper 69-70, 749. ASE St. Joseph Michigan 49085
11. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. ICA. 1974. Curso sobre producción de maíz. Ed. ICA. pp. 17-18
12. JOYA GALEANO. 1961. Comprobación del coeficiente K de consumo de agua en maíz según la fórmula de Blaney y CRiddl; U - K.F. Acta Agronómica (Colombia). 11 (1-2) pp. 45-61
13. MOORE, D.P. 1972. Mechanisms of Micronutrient uptake by plants In: Micro nutrients in Agriculture. Soil. Scie. of America, Inc. Madison. Visc. USA. pp. 171-198.
14. MUÑOZ SAMUEL. Curso sobre mejoramiento de maíz. Fisiología. ICA. CIAT. S.F. 7p. (mimeografiado)
15. OLIVER HENRY. 1963. Nuevo método para la planeación y desarrollo de los recursos hidráulicos. Trad. por S de la Lona. México. Ed. Continental. pp. 33, 248-254.

16. ROJAS GARCIDUEÑAS M. 1972. Fisiología Vegetal aplicada, México. Libros Mc Graw_Hill. pp. 27-39
17. THORNE, D.W.;H.B. PETERSON. 1954. Irrigated soil a their fertilitate and monogement. 2a. Ed. New York. Blakeston. 392p.
18. VAN HORN, J.W. 1958. Results of a ground water level experimental field with arabla crops on clay soil. Netherland Journal of Agricultural Science. Vol. 6 No. 1, pp: 1-10.
19. WOOLLEY AUBERTIN. 1965. Drainage requeriments of plants. Conference Proceedings Drainage for Efficient Crop Production ASAE, St. Joseph, Michigan 49085
20. YAP SALINAS, L.P. Ingeniería de drenaje notas de clase. Departamento de recursos de agua y tierra. Programa Académico de Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional Agraria " La Molina". Lima, Perú. A publicarse.