

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

"TOLERANCIA A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ALUMINIO EN
SEIS VARIEDADES DE ARROZ (ORYZA SATIVA L.)

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD
DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

JORGE LUIS PRADO ORDOÑEZ
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA

1987

Digitizado

DL
01

T(1109)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Aníbal B. Martínez M.
VOCAL I	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.
VOCAL II	Ing. Agr. Jorge E. Sandoval I.
VOCAL III	Ing. Agr. Mario Melgar Morales
VOCAL IV	Br. Marco Antonio Hidalgo
VOCAL V	T.U. Carlos E. Méndez Mijangos
SECRETARIO	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO	Dr. Antonio Sandoval S.
EXAMINADOR	Ing. Agr. Salvador Castillo O.
EXAMINADOR	Ing. Agr. Lauriano Figueroa
EXAMINADOR	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos R. Fernández



Referencia
Asunto

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Ap. Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

30 de septiembre de 1987

Ingeniero Agrónomo
Aníbal Martínez
Decano Fac. Agronomía

Ingeniero Martínez:

En atención al nombramiento emitido por la Decanatura de esta Facultad, para asesorar al estudiante Jorge Luis Prado Ordóñez, número de carnet 57798, en su trabajo de tesis "TOLERANCIA A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ALUMINIO EN SEIS VARIEDADES DE ARROZ (Oryza Sativa L.)", informamos a usted que ha sido concluída la asesoría y revisión del documento final.

Consideramos que el trabajo presentado por el estudiante Prado Ordóñez, llena los requisitos de una tesis universitaria, además aporta conocimientos básicos sobre nutrición de arroz; razón por la que sugerimos sea aceptado para su discusión en su Examen General Público.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. José J. Chonay
ASESOR

Ing. Salvador Castillo O.
ASESOR

cc. archivo

Guatemala, octubre de 1987

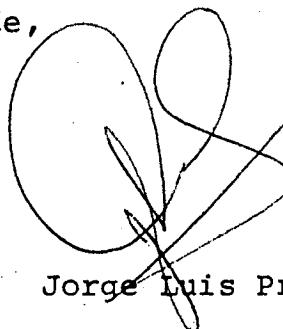
Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos

De conformidad a lo que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, constituye para mi un honor someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"TOLERANCIA A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ALUMINIO EN SEIS VARIEDADES DE ARROZ (*Oryza sativa L.*)".

Constituyen el trabajo un requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas para su aprobación, suscríbome.

Respetuosamente,



Jorge Luis Prado Ordoñez

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Ser Supremo del Universo

A MIS PADRES

Dr. Jorge Luis Prado Bolaños
Aurora Ordoñez de Prado

A MI HIJO

Jorge Luis Prado Schumann

A MIS HERMANOS

Marco Antonio
José Ernesto
Julio Rodolfo

A FAMILIARES Y

AMIGOS

Profa. Marina Prado Bolaños
Profa. María Teresa Ordoñez
de Rodríguez.

Gustavo Armando Palma

F.T. Ricardo Bollmann

Arq. Fernando Valenzuela

D.G. Sergio Ponce

Arq. Walter González (QEPD)

Dr. Roberto García (QEPD)

Jorge Girón (QEPD)

Lic. Guillermo Putzeys

Ing. Agr. Miguel A. Sagastume

Ing. Agr. Joel Calderón V.

Ing. Agr. Luis Alfonso Olivares M.

Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno

Ing. Agr. Henry Estrada E.

Ing. Alicia García (QEPD)

Ing. Hugo Quan Ma

A MIS COMPAÑEROS DE

TRABAJO

Angélica Duque
Betty Toca
Víctor Cano (QEPD)
Estuardo Jocol (QEPD)
Angel Gómez
Rolando Cordón
Davíd Palacios
Filemón Paiz
Vicente Pérez
Daniel Dionicio
Jorge Samayoa

A MIS COMPAÑEROY Y AMIGOS EN GENERAL.

TESIS QUE DEDICO

A MI PATRIA GUATEMALA

A FACULTAD DE AGRONOMIA

A FACULTAD DE INGENIERIA

A PERSONAS y/o INSTITUCIONES DEDICADAS A LA INVESTIGACION
AGRICOLA

A DOCENTES Y COMPAÑEROS DESAPARECIDOS

SINCEROS AGRADECIMIENTOS

A MIS ASESORES: Ing. Agr. M.C. José Jesús Chonay P. por su gran ayuda y orientación en la realización de esta tesis.

Ing. Agr. Salvador Castillo por su amistad y colaboración en la elaboración de este trabajo.

A Dra. Alba de Abreu y Personal del Laboratorio de Aguas del Centro de Investigaciones de Ingeniería por su invaluable ayuda.

A El Area de Química de la Facultad de Agronomía.

A Trabajadores de la Facultad de Agronomía.

A Todas las personas que de una u otra forma colaboraron con la realización de esta TESIS.

CONTENIDO

	PÁGINA
INDICE DE CUADROS	X
INDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XIV
I. INTRODUCCION	1
II. HIPOTESIS	2
III. OBJETIVO	3
IV. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
V. MATERIALES Y METODOS	14
VI. MANEJO DEL EXPERIMENTO	18
VII. RESULTADOS	19
VIII. DISCUSION	27 y 37
IX. CONCLUSIONES	42
X BIBLIOGRAFIA	43
XI ANEXOS	47

INDICE DE CUADROS

PÁGINA

1.	Respuesta de veinte variedades de arroz al exceso de Manganese y Aluminio en el sustrato.	11
2.	Contenido de nutrientes de la variedad IR 8 en etapas de máximo macoyamiento y madurez con dos dosis de N.	13
3.	Temperaturas medias, Humedad relativa media e intensidad lumínica del invernadero de la Facultad de Agronomía.	14
4.	Descripción de la solución nutritiva.	16
5.	Métodos de Análisis químico utilizados.	17
6.	Ánálisis de Varianza de biomasa g/planta.	52
7.	Ánálisis de Varianza de altura de plantas de arroz en cm.	52
8.	Ánálisis de Varianza del % de Nitrógeno en plantas de Arros.	53
9.	Ánálisis de Varianza del % de Fósforo en plantas de arroz.	53
10.	Ánálisis de Varianza del % de Potasio en plantas de arroz.	54

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Efecto de Aluminio en el crecimiento, y tasa de traslocación de Fósforo de cuatro leguminosas.....	7
2. Relación de peso seco de plantas de arroz de porte alto expresado en g/planta y Aluminio en solución nutritiva.....	20
3. Relación de la altura de plantas de arroz de porte alto en cm. y Aluminio en solución nutritiva.....	21
4. Relación de N en plantas de arroz de porte alto expresado en porcentaje y Aluminio en solución nutritiva.....	22
5. Relación de porcentaje de P en plantas de arroz de porte alto y Aluminio en solución nutritiva.....	23
6. Relación de porcentaje de K en plantas de arroz de porte alto y Aluminio en solución nutritiva.....	24
7. Relación de porcentaje de Ca en plantas de arroz de porte alto y Aluminio en solución nutritiva.....	25
8. Relación de porcentaje de Mg en plantas de arroz de porte alto y Aluminio en solución nutritiva.....	26
9. Relación de peso seco de plantas de arroz de porte bajo expresado en g/planta y Aluminio en solución nutritiva.....	30

FIGURA

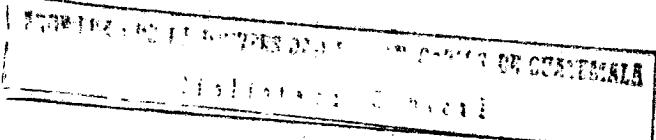
PÁGINA

10.	Relación de la altura de plantas de arroz de porte bajo en cm. y Aluminio en solución nutritiva.....	31
11.	Relación de porcentaje de N en plantas de arroz de porte bajo y Aluminio en solución nutritiva.....	32
12.	Relación de porcentaje de P en plantas de arroz de porte bajo y Aluminio en solución nutritiva.....	33
13.	Relación de porcentaje de k en plantas de arroz de porte bajo y Aluminio en solución nutritiva.....	34
14.	Relación de porcentaje de Ca en plantas de arroz de porte bajo y Aluminio en solución nutritiva.....	35
15.	Relación de porcentaje de Mg en plantas de arroz de porte bajo y Aluminio en solución nutritiva.....	36
16.	Vista del experimento a las seis semanas de germinadas las plantas.....	55
17.	Vista del experimento antes de la floración	55
18.	Variedad Star Bonnet, comparación de los tratamientos de 0, 48, y 100 ppm de Al.....	56
19.	Variedad Cristina, comparación de tratamientos de 0 y 100 ppm de Al.....	56
20.	Comparación de los tratamientos 0 a 100 ppm de Al en la variedad Le Bonnet.....	57
21.	Variedad Le Bonnet a los 120 días desde la siembra.....	57

FIGURA

PÁGINA

22.	Variedad Tempisque a los 140 días desde la siembra.....	58
23.	Variedad Virginia a los 140 días desde la siembra.....	58
24.	Comparación del sistema radicular en la variedad virginia.....	59
25.	Comparación del sistema radicular en la variedad Cristina.....	59
26.	Comparación del sistema radicular de la variedad Tempisque.....	60
27.	Comparación del sistema radicular en la variedad Star Bonnet.....	60
28.	Comparación del sistema radicular en la variedad Le Bonnet.....	61
29.	Comparación del sistema radicular en la variedad Canelo.....	61
30.	Mufla y Plancha.....	62
31.	Vista de las cenizas de la muestra.....	62
32.	Obtención del extracto de las cenizas.....	63
33.	Cristalería utilizada para el análisis colorimétrico de Fósforo.....	63
34.	Colorímetro Sepectronic 20.....	64
35.	Micro Kjendall con triple filtro para eliminar gases tóxicos.....	64
36.	Horno de convección.....	65
37.	Destilador Labconco.....	65
38.	Equipo y cristalería para hacer titulaciones	65



R E S U M E N

El objetivo del estudio fue evaluar la tolerancia de tres variedades de arroz de porte alto y tres variedades de porte bajo a diferentes niveles de Aluminio en la solución nutritiva. La hipótesis a probar es la biomasa expresada en gramos por plántula, la altura y contenido de N-P-K-Ca-Mg en la plántula de arroz son afectados por las concentraciones de Aluminio en la solución nutritiva.

El experimento se estableció en el invernadero de la Facultad de Agronomía para dar respuesta a los objetivos e hipótesis se utilizó un diseño experimental, al irrestricto azar y los tratamientos consistieron en las seis variedades de arroz sometidas a diferentes concentraciones de Aluminio de 0,6,12,24,48,100 ppm, cada unidad experimental consistió en una maceta plástica de 1.9 litros de capacidad llenadas con arena blanca y tres repeticiones.

Las variables de respuesta fueron: Biomasa expresada en g/plántula, altura de las plantas y concentraciones de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio en plántulas antes de la floración.

Se obtuvieron los siguientes resultados: La Biomasa fue reducida en todas las variedades por los niveles mayores de 48 ppm de Aluminio.

Solo la altura de la variedad Canelo de porte alto y Virginia de porte bajo fue afectada por 100 ppm de Aluminio en la solución nutritiva.

El porcentaje de Nitrógeno en las plántulas de arroz fue alto en los tratamientos de 100 ppm de Aluminio, siendo la variedad Virginia de porte bajo la única que fue afectada con los menores porcentajes de Nitrógeno.

El porcentaje de Fósforo en las plántulas de arroz fue mayor

en los tratamientos de 12 y 24 ppm de Aluminio en todas las variedades.

En relación a la tolerancia, las variedades de porte alto Le Bonnet fue la más tolerante, mientras que la Canelo fue la más afectada.

Entre las variedades de porte bajo la más afectada fue la Tem pisque.

El porcentaje de Potasio en plántulas de arroz fue afectado en los tratamientos de 0, 6, y 100 ppm de Aluminio.

El porcentaje de Calcio afectado en los tratamientos de 100 ppm de Aluminio, exceptuando en las variedades Cristina y Virginia de porte bajo que toleran el Aluminio.

El porcentaje de Magnesio en las plántulas de arroz se mostró estable, incrementándose en las variedades Cristina y Virginia al aumentar la concentración de Aluminio.

"TOLERANCE TO DIFFERENT CONCENTRATIONS
OF ALUMINUM IN SIX VARIETIES OF
RICE (*Oryza Sativa L.*)"

Jorge Luis Prado Ordoñez

"ABSTRACT"

The objective of this study was the evaluation of different levels of Aluminum in the nutritive solution in three tall height rice varieties and in three short height rice varieties. The effect of Al applied was evaluated up on; dry weight, height and nutrients concentration.

The experiment was handled in the winter quarters of the Agronomy Faculty of San Carlos University of Guatemala, located $14^{\circ}35'11''$ North latitude and $90^{\circ}31'58''$ west length and 1502.32 masl height. In order to approach the objective, it was used a random and experimental design and the treatments or facts were 0, 6, 12, 24, 48 and 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ of Al applied to every one of the different heights.

Accordingly to results obtained it was concluded: the plants dry weight was reduced to levels more than 48 $\mu\text{g}/\text{ml}$ for tall and short height varieties.

The height was only affected with the application of 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ when the tolerance was checked I realized that Le Bonnet, the tall height variety is the most tolerant and the Canelo variety is the most susceptible. While in the varieties of the short height the most affected was the Tempisque.

I. INTRODUCCION.

En Guatemala, el arroz es uno de los cultivos de importancia porque se cultiva en la costa Atlántica, en la costa del Pacífico y en la zona oriental del País.

Las zonas productoras poseen factores limitantes entre otros la acidez cuyo pH oscila entre 4.5 y 5.5 especialmente en la costa Atlántica. Además, el alto costo de químicos para enmiendas, fertilizantes fosforados y la mano de obra viene a sumarse al costo de producción del cultivo, por lo tanto, se hace necesario determinar hasta que punto se justifica la aplicación de enmiendas para neutralizar la acidez donde se cultiva arroz.

Se sabe que en un suelo de pH ácido una de las principales fuentes de acidez, así como de toxicidad corresponde a los iones de Aluminio que se encuentran hidratados en la solución de suelo, liberando protones. (9).



Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la tolerancia de seis variedades de arroz al Aluminio en solución nutritiva bajo condiciones de invernadero.

II. HIPOTESIS

El desarrollo de las plántulas de arroz, y el porcentaje de nutrientes foliar, son afectados por las concentraciones de Aluminio en la solución nutritiva.

III. OBJETIVO

Evaluar la tolerancia de tres variedades de arroz de porte alto y tres variedades de porte bajo a diferentes niveles de Aluminio en solución nutritiva, respecto a desarrollo y absorción de nutrientes.

IV. REVISION BIBLIOGRAFICA.

1. Problema de Acidez.

Salinas (22) menciona que la mayoría de los suelos del trópico que presentan infertilidad debido a la toxicidad de Aluminio, Manganese y deficiencia de N- P- K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, esto ocurre en el 70% de la región de suelos ácidos infértilles en América tropical. Además indica que la acidificación depende de condiciones climáticas, material parental del suelo, meteorización y tiempo de exposición.

Sánchez y Salinas (21) señalan que en la mayoría de suelos ácidos las condiciones adversas de deficiencia de Fósforo y toxicidad por Aluminio en forma simultánea.

Angladette (3) menciona que en un suelo con pH menos de 5.0 el Aluminio es tóxico para el cultivo de arroz, los hidratos de Aluminio obstruyen la asimilación de Fósforo y Magnesio. Además, indica que la toxicidad de Aluminio en el arroz se presenta a concentraciones mayores de 80 ppm, provocando un enrrollamiento de las hojas y disecación de sus ápices.

León y Fenster (1980) citados por Salinas (22) señalan que en los suelos ácidos tropicales tienen una alta fijación de Fósforo debido a sus formas no disponibles para las plantas, siendo esto una de las razones por lo que extensas áreas del trópico están sub-utilizadas.

Salinas y Sánchez (1976), Fenster y León (1979) y Sánchez y Uehara (1980) (21), proponen tres estrategias para el manejo de la acidez del suelo, la toxicidad de Aluminio y/o Manganeso y la baja disponibilidad de Fósforo aprobechable en el suelo:

1. reducir la saturación de Aluminio.
2. métodos eficientes de aplicación de Fósforo.
3. Selección de especies y variedades tolerantes a la toxicidad de Aluminio y/o Manganeso.

2. Tolerancia de Plantas a la Toxicidad de Aluminio.

Sualdrom y Spain (1979) mencionados por Salinas (22), estudiaron que altos niveles del Aluminio en el suelo reducen el crecimiento radicular, inhibiendo su elongación y penetración en el suelo como también los sitios de absorción de agua y nutrientes en la raíz.

Heylar (1978), Andrew y Vander Berg (1973) mencionados por Salinas (22), observaron que el Aluminio también obstaculiza la traslocación de varios nutrientes a la parte aérea lo que causa deficiencia de Fósforo, Calcio y Magnesio. Actualmente se estudia a las plantas que toleran el Aluminio y/o deficiencia de Fósforo para el conocimiento de la tolerancia de las plantas de estas limitaciones.

3. Interacciones Aluminio-Fósforo.

Salinas y Sánchez (21), dicen que la tolerancia de las plantas a niveles tóxicos de Aluminio está relacionada con la habilidad de las mismas para absorver y utilizar Fósforo en presencia de Aluminio.

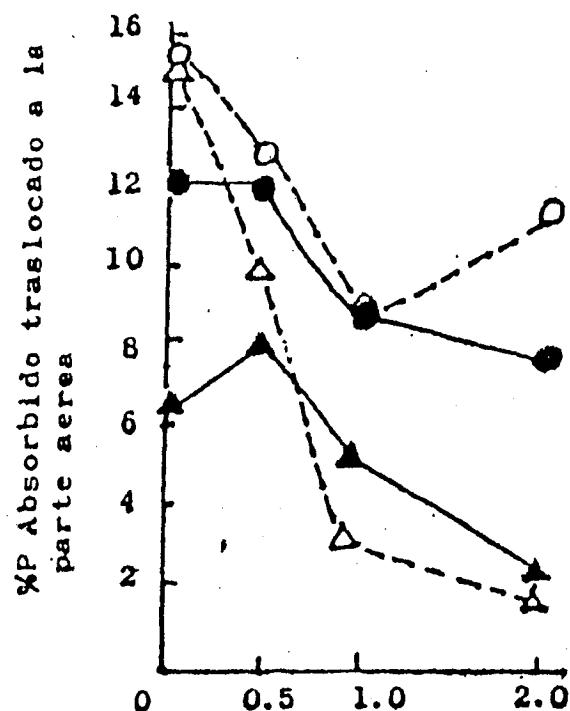
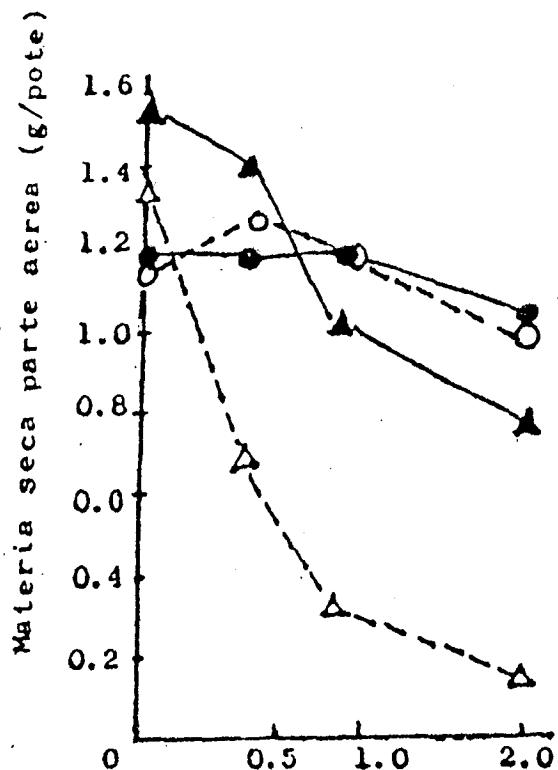
Ikeda, citado por Foy (1974), indica la existencia de una estrecha correlación de tolerancia al Aluminio y tolerancia a la ba-

ja disponibilidad de Fósforo en variedades de trigo. Mc Clean y Chiasson (1966) citados por Salinas y Sánchez (21), encontraron que la adición de Aluminio redujo la concentración de Fósforo en las raíces de cebada, este efecto es más pronunciado en variedades más sensibles al Aluminio.

Andrew y Vander Berg (1973) citado por Salinas y Sánchez (21) hicieron observaciones similares cuando varias especies de leguminosas forrajeras fueron sometidas a varias concentraciones de Aluminio en soluciones nutritivas.

Los resultados se presentan en la figura 1.

Desmodium uncinatum y Stilosanthes humilis son tolerantes al Aluminio mientras Glycine wightii y Medicago sativa son sensibles. En las cuatro variedades fue traslocado del 12% al 16% de Fósforo a la parte aérea al incrementarse el Aluminio, la tasa de traslocación de Fósforo disminuyó, las especies tolerantes al Aluminio traslocaron el 11% de Fósforo, mientras las variedades sensibles al Aluminio el 6.5%.



ppm de Aluminio en la solución nutritiva

Figura 1. Efecto del Aluminio en el crecimiento, y tasa de translocación de Fósforo en cuatro leguminosas forrajeras.

● Desmodium uncinatum

▲ Glycine Wigthii

○ Stylosanthes humilis

△ Medicago sativa

Randall y Vose (1983), citados por Salinas y Sánchez (21), obtuvieron resultados similares con plantas de Lolium perenne a las ocho semanas de crecimiento. Para evaluar la interacción Aluminio y Fósforo, el parámetro crítico es la tasa de traslocación de Fósforo.

Mc Cormick y Borden (1972), citados por Salinas y Sánchez (21), con técnicas fotomicrográficas mostraron que el Fósforo es precipitado por altos niveles de Aluminio en las células epidermales y corticales de cebada.

Salina y Sánchez (1976) (21), indican que las diferencias entre especies y variedades para tolerar el Aluminio puede depender de la tasa a la cual el Fósforo escapa de la precipitación siendo traslocado a la parte aérea. Además, indica la posibilidad de una doble tolerancia ambos, Aluminio y bajo Fósforo disponible, por lo que es necesario investigar con otros cultivos.

4. Selección Directa.

El instituto Internacional de Investigación de Arroz en Filipinas IRRI (1971), Ponnamperuma y Castro (1972), citados por Nelson (14), indican que hay programas relativos a seleccionar variedades de arroz tolerantes a baja disponibilidad de Fósforo en el suelo y a otros factores adversos, a través de experimentos preliminares en invernaderos de IRRI, para luego realizar experimentos en el campo.

Moore et al (1979), Salinas (1978) y Rhue y Grogan (1976), citados por Nelson (14), se valieron de dos medios externos, suelos ácidos y soluciones nutritivas para determinar la respuesta de diferentes especies y variedades a la toxicidad de Aluminio y/o baja disponibilidad de Fósforo.

Tanaka y Hayakawa (1975), Foy (1974) y Salinas (1978), citados por Nelson (14), definieron varios parámetros para interpre-

tar la respuesta de variedades y especies sometidas al stress de Aluminio y/o Fósforo: producción de grano, materia seca, longitud y/o paso radicular, tasa de absorción y traslocación de Aluminio y Fósforo y otros nutrientes, tasa de crecimiento relativo de la parte aérea y raíces.

Ponnamperuma y Castro (1972) citados por Nelson (14), evaluaron nueve variedades de arroz a la tolerancia de Aluminio y Manganeso.

Las plantas crecieron en invernadero por cuatro semanas a concentraciones de 1 a 80 ppm de Manganeso en la solución nutritiva. Como resultado obtuvieron que las variedades Monolaya y M1-48 mostraron resistencia y ninguna sintomatología, por lo que fueron las variedades de mejor grado de tolerancia.

Otras variedades como, IR 127-80-1, IR 24, tuvieron una resistencia moderada, no así las variedades IR-712-23-2, IR-22 y Peta.

Nelson, Lyle E. (1980 (14), indica que la toxicidad por Aluminio es más peligrosa que por manganeso; sin embargo, algunos suelos tienen niveles tóxicos de los dos elementos además sugiere que es necesario desarrollar plantas tolerantes a ambos elementos tóxicos.

Nelson (1980) (14), realizó experimentos para determinar la correlación entre tolerancias al exceso de Aluminio y Manganeso, pero las correlaciones no fueron significativas en su experimento, Nelson evaluó veinte variedades seleccionadas por anteriores observaciones hechas en el IRRI. Estas crecieron por cuatro semanas a concentraciones de 0.5 a 80 ppm de Manganeso.

El exceso de Manganeso resultó alto en la raíz y efectuó el número de retoños, observándose diferencias en el peso relativo del vástago.

El peso del vástago de la variedad C4-63G fue inafectado por el exceso de Manganese, mientras la variedad IR 1514A E666 fue severamente perjudicada. En general, el tamaño de la raíz y el número de retoños no fue tan dañado por el Mn como lo fueron los pesos secos. Ver cuadro 1.

Nelson (1980) (.14), en un experimento posterior sometió los veinte cultivos de la experiencia anterior a niveles de Aluminio, usando las técnicas de Howeler y Cadavit (1976). Las concentraciones de Aluminio fueron de 3 a 30 ppm en la solución nutritiva descrita por Yoshida et al (1976), modificada para contener 4 ppm de Fósforo, las plantas crecieron durante tres semanas determinándose el tamaño de las raíces. Se observó, que con el nivel alto de Aluminio decrece el peso seco y afecta las raíces; además, es completamente inhibida la producción de retoños y vástagos.

(Solamente se reporta el largo de raíces en cuadro 1).

Cuadro 1. Respuesta de veinte variedades de arroz al exceso de Manganese y Aluminio en el substrato.

VARIEDADES	Exceso de Mn Peso relativo del vástago	Exceso de Al Largo relativo de raíz
M1-48	0.61	0.61
IR 127-80-1	0.80	0.45
CAS-209	0.65	0.32
IR 22	0.48	0.40
IR 24	0.55	0.37
IR 712-23-2	0.66	0.42
E 125	0.79	0.75
IR 20	0.40	0.40
Peta	0.72	0.40
Palawan	0.80	0.43
Azucena	0.42	0.52
MI-329	0.82	0.27
C 4-63G	1.07	0.31
IR-5	0.72	0.58
Orig. Cent. Patna	0.86	0.63
IR 442-2-58	0.64	0.47
IR 151 4A-E666	0.36	0.50
IR 161-228-3-3	0.40	0.56
C 171	0.78	0.45
IR 1721-11-6-8-3-2	0.87	0.28

Nelson (1980) (14), en su análisis indicó que la longitud relativa de la raíz ha sido propuesta para medir la tolerancia al exceso de Aluminio, mientras el peso relativo del vástago para evaluar la tolerancia al Manganese.

Ponnamperuma y Castro (1972) (14), recomiendan para la evaluación de la tolerancia a la toxicidad de Manganese la producción de granos.

Nelson (1980), en los resultados que obtuvo mostró que las variedades de arroz difieren mucho en tolerancia al exceso de Manganese y Aluminio y durante el crecimiento vegetativo. Los resultados también indican claramente que la tolerancia al exceso de Aluminio no necesariamente es correlativo con la tolerancia al exceso de Manganese.

5. Requerimientos Climáticos y Edaficos.

En Guatemala, las zonas climáticas para el cultivo de arroz son las tropicales y subtropicales húmedas, con alturas entre los 0 a 3000 psnm, con temperaturas ambientales medias de 21°C ó más altas de 900 a 1,500 mm. anuales.

Los suelos más convenientes para el cultivo del arroz son los arcillosos, franco arcillosos o franco limosos con una capa impermeable de 50 cm. debajo de la superficie para evitar la pérdida de agua por infiltración. Cuando el suelo posee un buen porcentaje de arcilla y limo reune las condiciones aceptables, para que la infiltración sea lenta, el pH del suelo entre 5.5 y 6.5 favorece el crecimiento del arroz.

CUADRO 2. Contenido de nutrientes de la variedad IR 8 en etapas de máximo macoyamiento y madurez con dos dosis de Nitrógeno.

Etapa	Dosis N kg/ha	N%	P%	K%	Ca%	Mg%
Max. Macoy	0	2.15	0.28	2.55	0.20	0.11
Max. Macoy	120	2.03	0.35	3.05	0.19	0.12
Madurez	0	0.71	0.12	2.02	0.34	0.05
Madurez	120	0.88	0.15	1.80	0.35	0.07

++ ICTA Archivo del Programa de arroz, Guatemala, abril 1980.
s/p Ing. W. Ramiro Pazos M.

6. Solución Nutritiva.

Douglas dice que las plantas necesitan un suministro de nutrientes balanceados, por lo que en un trabajo hidropónico lo más importante es que las plantas reciban la cantidad óptima de nutrientes en el ciclo de crecimiento. Es de poca importancia la elección de sales siempre que sea una concentración balanceada de los nutrientes esenciales y no incluir en la formula compuestos incompatibles (10).

Con las soluciones nutritivas del método hidropónico se logra ejercer control de la cantidad y proporción de las sales minerales suministradas a la planta. Esta condición permite estudiar las relaciones cuantitativas que existen entre el suministro de sales y el crecimiento y/o producción de la planta (8).

V. MATERIALES Y METODOS.

1. Localización del Experimento.

Este experimento se llevó a cabo en el invernadero de la Facultad de Agronomía, en la Ciudad Universitaria Zona 12 de esta capital, que se encuentra a 14°35' 11" latitud norte y 90°31' 58" longitud oeste, con una altitud de 1,502.32 msnm. (19).

El cuadro 3 presenta los datos de Temperatura máxima, media y mínima, humedad relativa media e intensidad lumínica media por mes. (23).

CUADRO 3 Temperaturas medias, Humedad relativa media e intensidad lumínica del invernadero de la Facultad de Agronomía.

MES	Temperaturas medias °C			% Humedad Relativa med.	Intensidad Lumínica media
	T°max.	T°med.	T°min.		
Ene.	30.69	26.24	17.45	61.15	76.19
Feb.	32.60	27.80	17.31	60.31	96.13
Mar.	31.80	25.74	18.59	66.00	200.00
Abr.	32.49	29.89	22.12	62.00	140.19
May.	34.70	29.23	20.44	65.00	154.50
Jun.	33.81	29.22	17.91	67.57	107.47
Jul	32.30	27.97	19.03	66.12	132.24

2. Factores a Evaluar.

Los factores a evaluar fueron: el Aluminio (Al^{+++}) con seis modalidades, se usó como fuente Cloruro de Aluminio, en concentraciones de 0 a 100 ppm y seis variedades de arroz cuyas características se describen en el anexo 1. Las concentraciones de Aluminio fueron: 0, 6, 12, 24, 48, 100 ppm de Aluminio en solución.

3. Análisis Estadístico.

3.1 Diseño Experimental: Se usó el diseño experimental Bloques al azar, con arreglo combinatorio 6^2 con tres repeticiones.

3.2 Tamaño de la Unidad Experimental: Se utilizó como unidad experimental una maceta plástica de 16 cm. de diámetro superior, 12.3 cm. de diámetro inferior por 14 cm. de fondo, lo que da un volumen de $2,214 \text{ cm}^3$. Como sustrato se utilizó arena blanca tamizada a tres diferentes diámetros; 1.0 mm. para el estrato medio y de 5.0 mm. para el estrato inferior, esto para lograr desarrollo radicular y drenaje.

3.3 Variables a Medir: Para evaluar el efecto de los tratamientos en la planta se midió; la altura de la planta al inicio de la floración, la biomasa y el contenido de macronutrientes por planta.

3.4 Análisis de la Información: Las variables estudiadas se sometieron a un análisis de varianza y las que mostraron diferencias significativas se les realizó una prueba de Tukey.

El modelo estadístico es:

$$y_{ijk} = \mu + \beta_i + A_j + B_k + (AB)_{jk} + e_{ijk}$$

i = 1, 2, 3, 4, 5, 6 niveles de Aluminio.

j = 1, 2, 3, 4, 5, 6 variedades de arroz.

k = 1, 2, 3 repeticiones

A = variedades

B = concentraciones de Aluminio

Donde y_{ijk} = variable respuesta, μ = efecto de la media general, β_i = efecto del i ...ésimo bloque, A_j = efecto de la j ...ésima modalidad del factor A, B_k = efecto de la K ...ésima modalidad

del factor B, (AB) jK = efecto de la interacción entre los factores A y B. Y sea e_{ijk} = error experimental.

4. Características de la Solución.

Se utilizó la misma solución nutritiva usada por Yoshida et al (1976), que se detalla en el cuadro 4.

CUADRO 4 Descripción de la Solución Nutritiva.

Elemento	Compuesto	Fórmula Química	ppm
N	Urea	$\text{O}=\text{C}(\text{NH}_2)_2$	160
P	Triple Super Fosfato	$\text{P}_2\text{O}_5\text{H}_4\text{Ca} \cdot \text{H}_2\text{O}$	90
K	Sulfato de Potasio	K_2SO_4	300
Ca	Cloruro de Calcio	Ca Cl_2	41
Mg	Sulfato de Magnesio	$\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	80
Na	Silicato de Sodio	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	66
B	Acido Bórico	H_3BO_3	0.23
Zn	Sulfato de Zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.01
Cu	Sulfato de Cobre	$\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.01
Al (Variable evaluada)			
	Cloruro de Aluminio	$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0
			6
			12
			24
			48
			100

5. Análisis Químico Foliar.

CUADRO 5 Métodos de Análisis Químico Utilizados

Elemento a Determinar	Metodología	Referencias
N	Micro Kjeldahl	AOAC, Microchemical Methods for Follage Analytical 1980 Association of official analytical chemists "Official methods of analysis, William Horwitz editors 13 edition Menasha Wisconsin USA 1980. p. 858. (4)
P	Colorimetría con Acido Ascórbico	Bausch y Lomb Analytical Systems Division. Water Techno logy Dept. 7606 Linden Ave. Rochester N.Y. 1974 (5)
K	Método Colorimétrico	Standar Methods for the Examination of Water and Waste water. American Public Heath Association, American Water Work Association, Water Pollution Control Federation. Joint Editorial Board 1976. 235-7 (2).
Ca y Mg	Método tritimétrico con EDTA	Manual de Práctica de Laboratorio M.B. Gloria E. Goijberg R. Champingo México 1983 (11).

VI. MANEJO DEL EXPERIMENTO

1. Antes de la Siembra.

Luego de llenarse las macetas plásticas con arena blanca, se lavó la arena con ácido clorídrico industrial (HCl) para eliminar impurezas y elementos, a los pocos días se hicieron varios lavados con agua destilada para eliminar residuos del ácido.

Se desinfectó abundantemente con Agallol, y se esperó cuatro días para la siembra.

2. Siembra.

La densidad de siembra se basó en recomendaciones de ICTA de 80 a 125 lb/mz cuando la siembra es en surcos (16). Haciendo una equivalencia a la densidad recomendada por ICTA se colocaron en cada maceta 12 semillas.

3. Fertilización.

Para fertilizar el sustrato se utilizó la solución nutritiva usada por Yoshida et al en 1976, conteniendo los elementos necesarios para la planta. La solución nutritiva se empezó a aplicar a los 10 días después de la siembra y se aplicó todos los días durante el experimento.

4. Limpias.

Las limpias se efectuaron a mano especialmente en la primera etapa de desarrollo de las plantas. Los entresaques se efectuaron a mano antes de la floración.

5. Cuidado Fitosanitario.

Se hicieron cinco aplicaciones de pesticidas. Se aplicó Lag-nate contra chupadores a los 30 y a los 60 días, acaricida Disyston a los 45 días después de la siembra, y se aplicó fungicida a los 60 días y luego cada 8 días alternando Antracol y Cupravit fuerte. Lo anterior se aplicó como medida preventiva.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el presente estudio, para las variedades de porte alto y luego para las variedades de porte bajo, los cuales se dicuten como sigue:

1. Biomasa en g/planta antes de la floración.
2. Altura de planta antes de la floración.
3. Concentración de Nitrógeno en la planta antes de la floración.

Concentración de Fósforo en la planta antes de la floración.

Concentración de Potasio en la planta antes de la floración.

Concentración de Calcio en la planta antes de la floración.

Concentración de Magnesio en la planta antes de la floración.

1. VARIEDADES DE PORTE ALTO.

1.1 Biomasa antes de la floración.

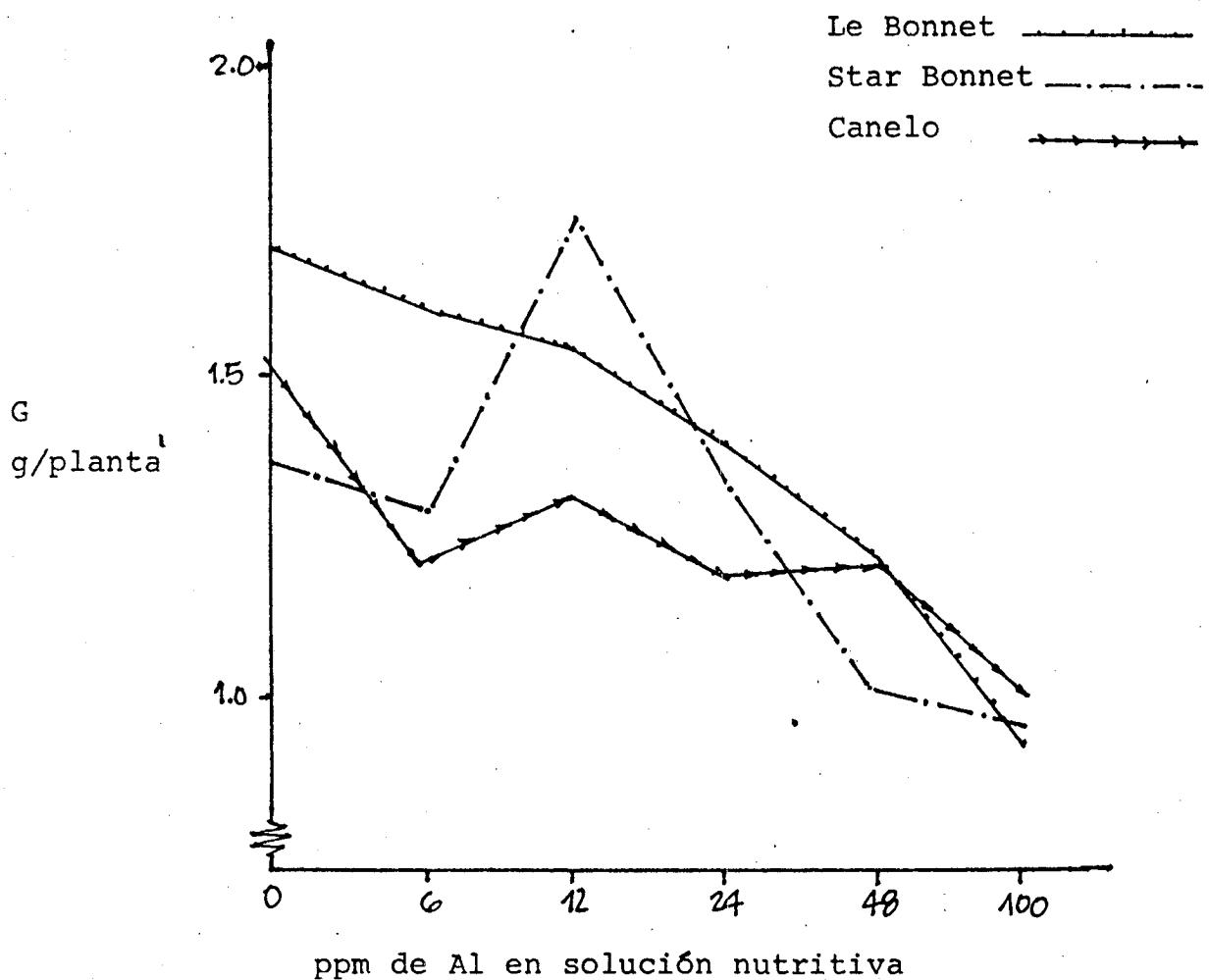


FIGURA 2 Biomasa, variedades porte Alto. Relación de peso seco de plantas de arroz en g/planta y Aluminio aplicado en solución nutritiva en ppm.

En la Figura 2, se muestra el efecto de la concentración de Aluminio en solución nutritiva sobre la biomasa expresada en gramos por planta de las tres variedades de arroz de porte alto. En las tres variedades disminuye la biomasa, sin embargo, con la aplicación de 12 ppm de Al se incrementó la cantidad de biomasa en la variedad Star Bonnet. La tendencia general de las tres variedades es disminuir la biomasa conforme se incrementa la concentración de Aluminio.

1.2 Altura de Plantas

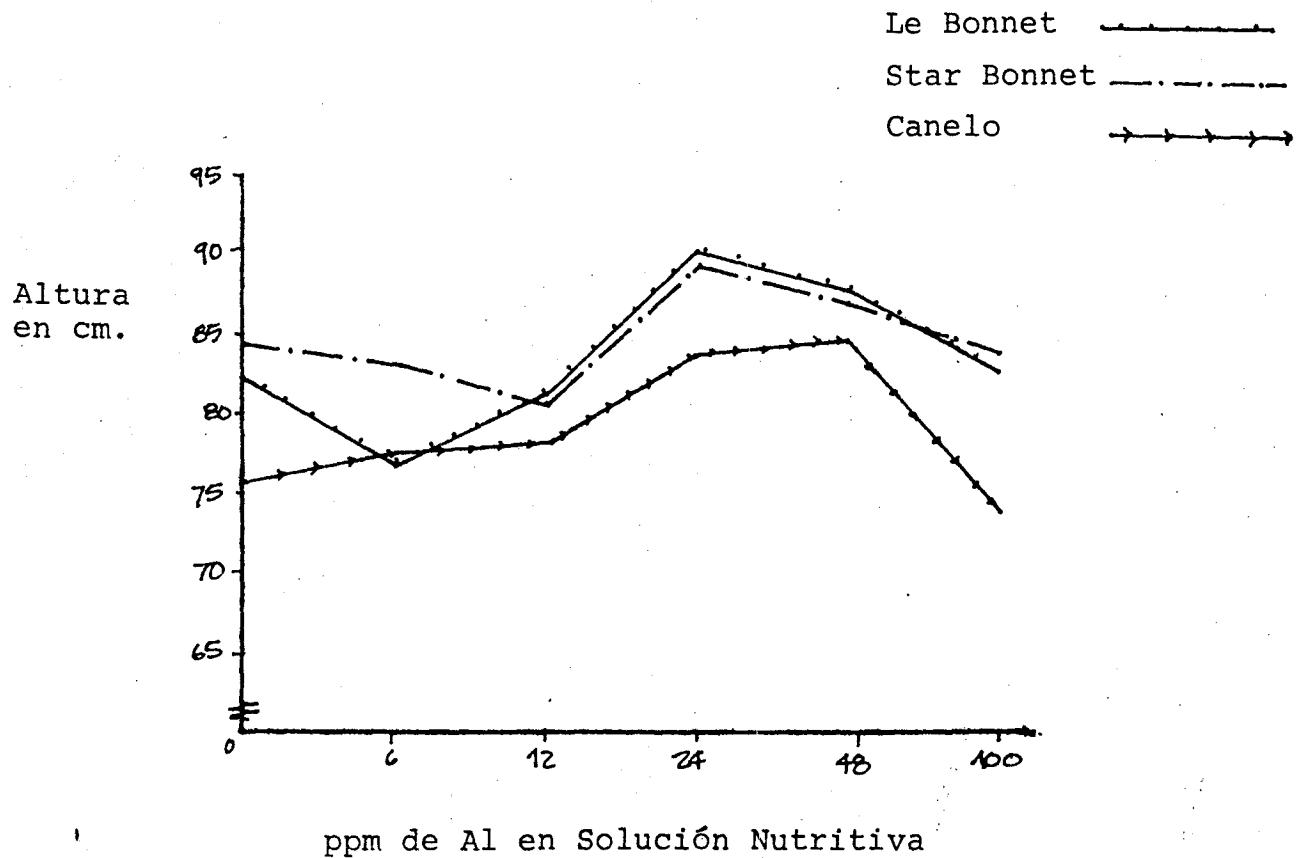


FIGURA 3 Altura, variedades porte alto. Relación de la altura de plantas de arroz en cm. y Aluminio aplicado en solución nutritiva en ppm.

En la figura 3, se muestra el efecto de la concentración de Aluminio en la altura expresada en centímetros de las tres variedades de arroz de porte alto. Las variedades Le Bonnet y Star Bonnet luego de tener un decremento en altura, se incrementó su altura hasta la aplicación de 24 ppm después de la cual hubo decrecimiento. La tendencia de la variedad Canelo fue de incrementar su altura hasta la aplicación de 48 ppm, a partir de ésta su altura decreció.

1.3 Concentración de Nitrógeno en la Planta.

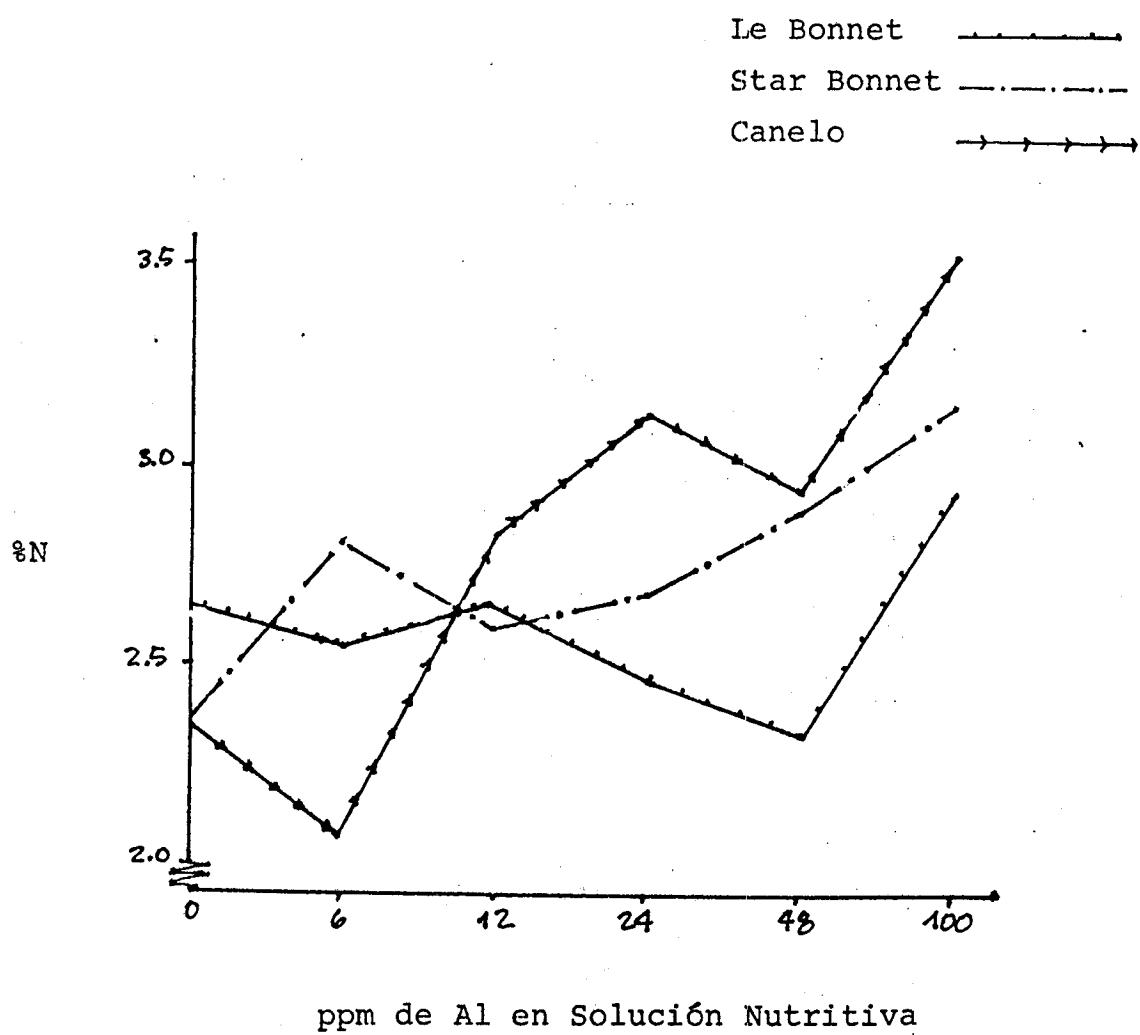


Figura 4 Nitrógeno, variedades de porte alto. Relación del %N en plantas de arroz y Al aplicado en solución nutritiva en ppm.

En la Figura 4, se muestra el efecto de la concentración de Aluminio sobre el porcentaje de Nitrógeno en las tres variedades de arroz de porte alto. Se observa un aumento del porcentaje de Nitrógeno. Se observa en la variedad Star Bonnet un incremento de la aplicación de 6 ppm de Aluminio y en la variedad Le Bonnet una disminución inicial de su porcentaje de Nitrógeno para luego aumentarlo a partir de la aplicación de 100 ppm de Aluminio. La variedad Canelo es la que menos porcentaje de Nitrógeno alcanza con 6 ppm de Al sin embargo, tal variedad es la que alcanza mayor concentración de Nitrógeno arriba de los 48 ppm de Al.

1.4 Concentración de Fósforo en la Planta.

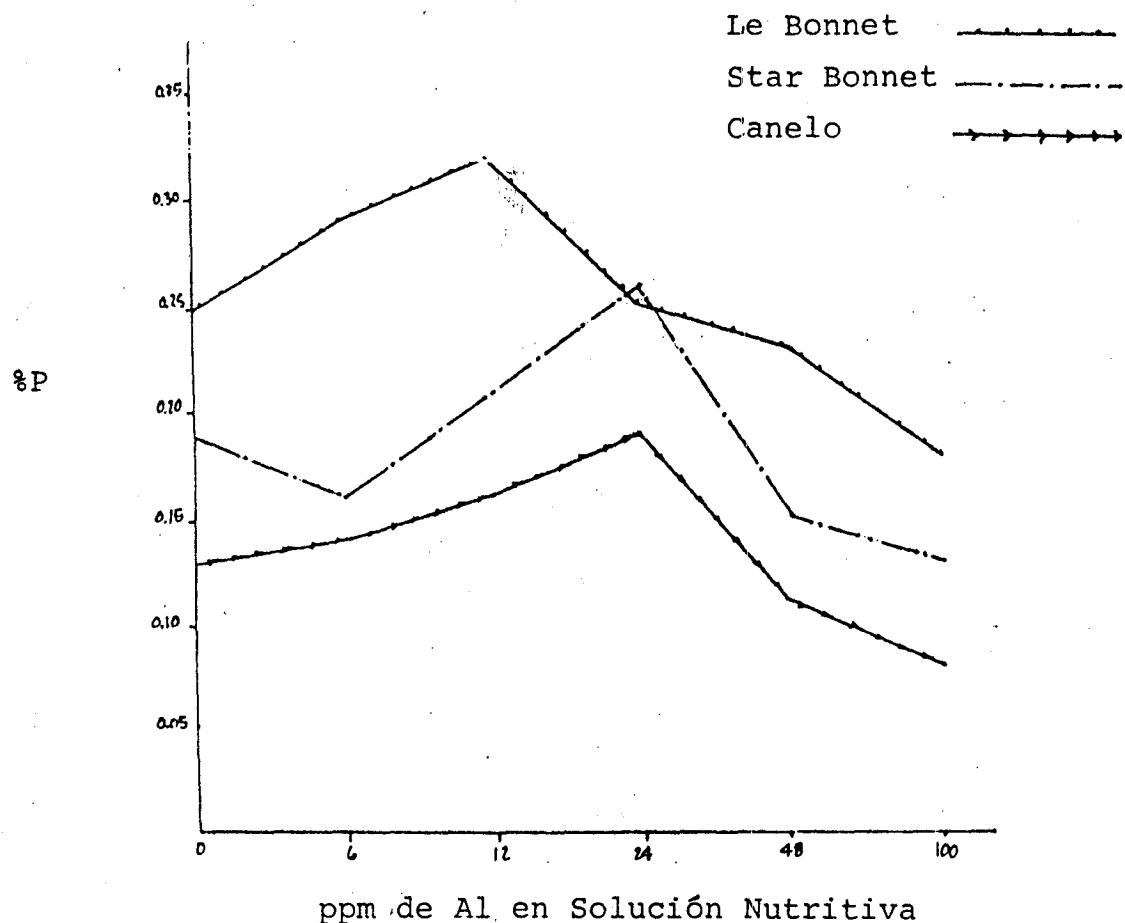


FIGURA 5 Fósforo, variedades de porte alto. Relación del % Fósforo en plantas de arroz y Aluminio aplicado en solución nutritiva en ppm.

En la Figura 5, se aprecia el efecto de la concentración de Aluminio en el porcentaje de Fósforo de las tres variedades de arroz de porte alto. La tendencia de las tres variedades fue la misma, inicialmente aumentaron su porcentaje de Fósforo para luego disminuir. La variedad Le Bonnet empezó a disminuir desde las 12 ppm de Al, en cambio la Star Bonnet y Canelo disminuyeron desde las 24 ppm de Aluminio en solución nutritiva. La variedad con mayor porcentaje de Fósforo fue la variedad Le Bonnet. En general, el contenido de Fósforo se ve afectado en la planta a partir de 24 ppm de Aluminio.

1.5 Concentración de Potasio en la Planta

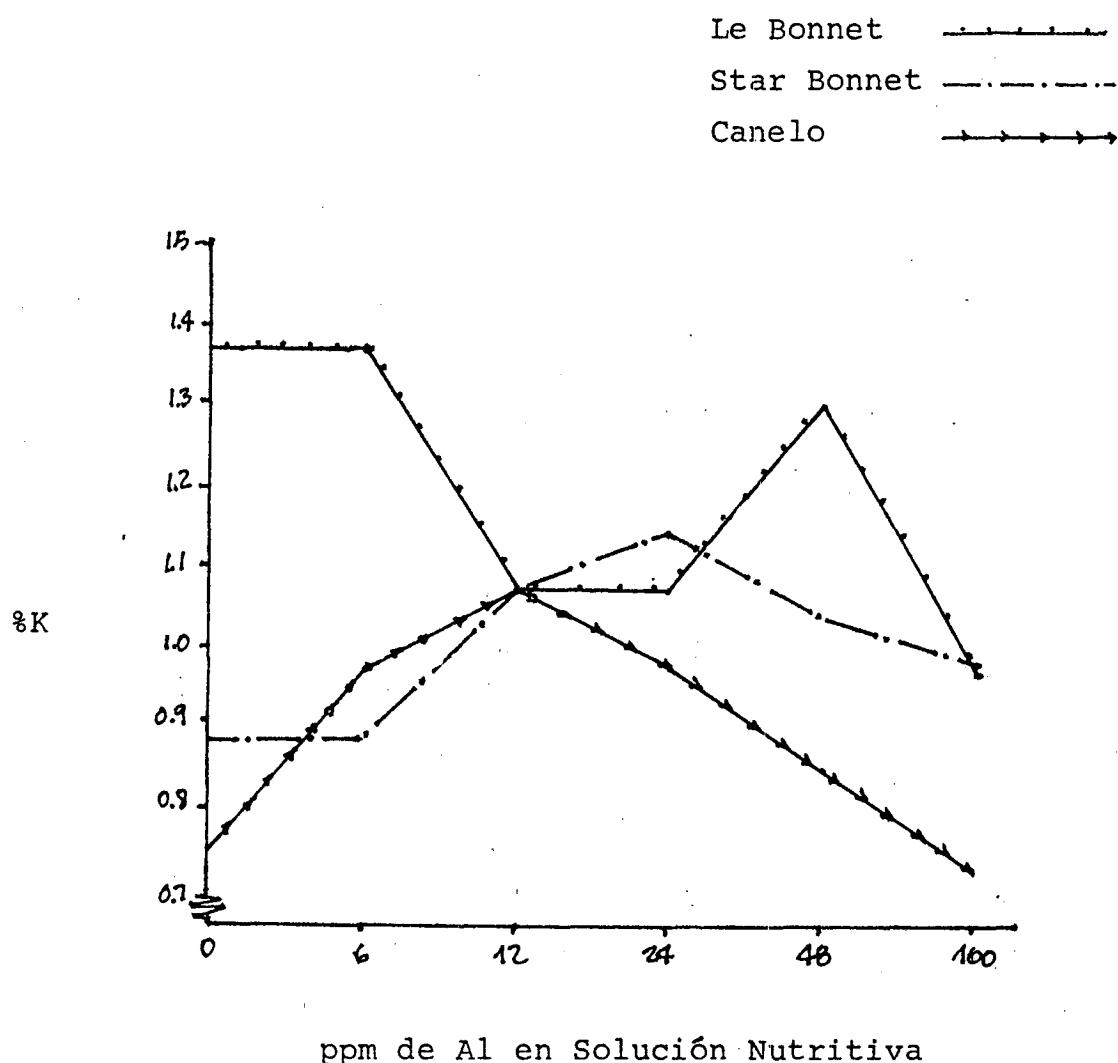


Figura 6 Potasio, Variedad de porte alto. Relación del % Potasio en plantas de arroz y Aluminio aplicado en solución Nutritiva en ppm.

En la Figura 6, se muestra el efecto de la concentración de Aluminio en el porcentaje de Potasio de las tres variedades de arroz de porte alto.

La variedad Le Bonnet disminuyó el porcentaje de Potasio con la aplicación de 12 ppm de Aluminio, sin embargo, nuevamente aumentó con la aplicación de 48 ppm de Aluminio. La variedad Star Bonnet incrementó su porcentaje de Potasio desde la aplicación de 12 ppm y la variedad Canelo aumentó su porcentaje inicialmente, luego disminuyó a partir de la aplicación de 24 ppm de Aluminio. La variedad Canelo es la más afectada por el Al en relación a la concentración de Potasio.

1.6 Concentración de Calcio en la Planta.

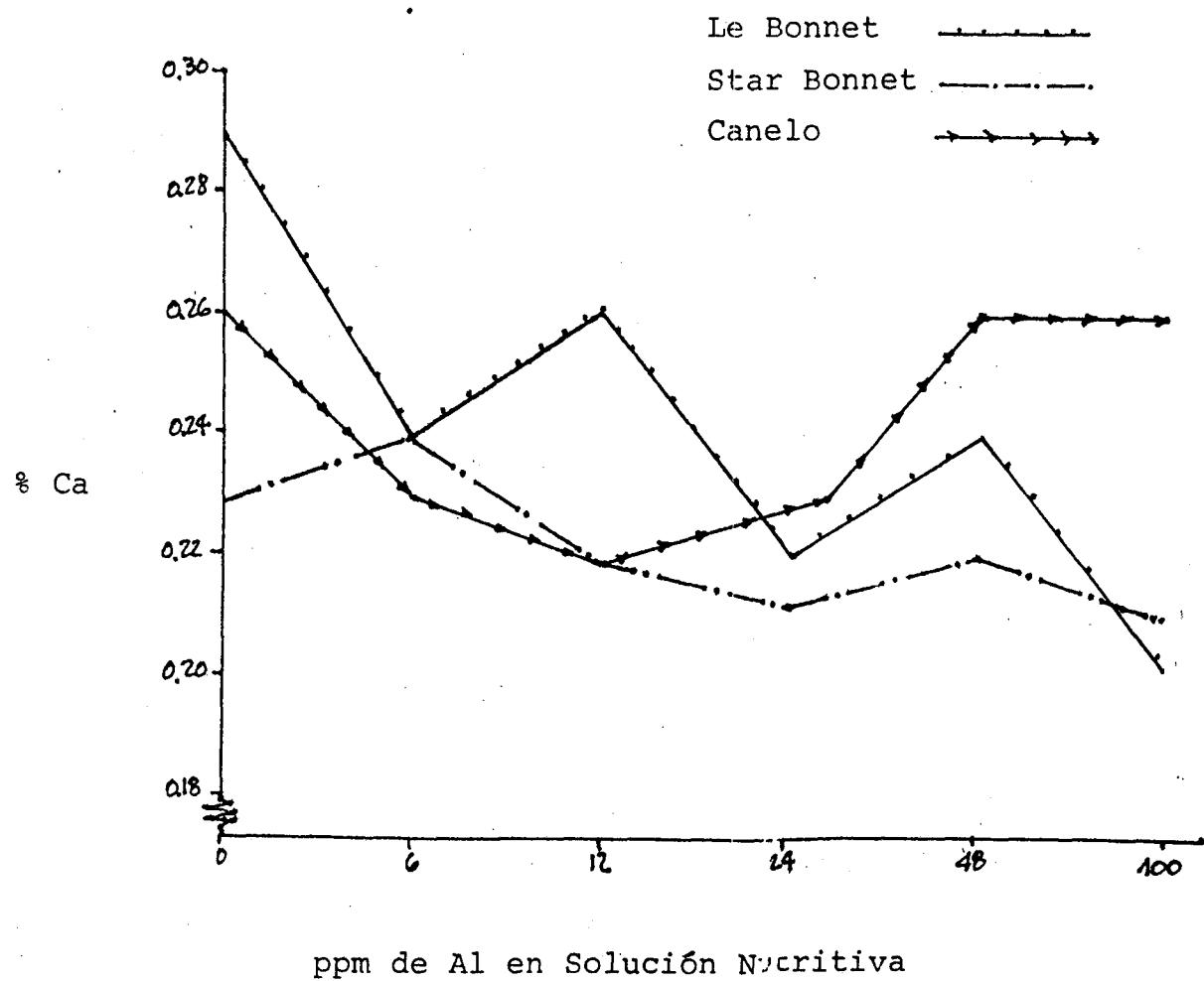


Figura 7 Calcio, variedades de porte alto. Relación del % Calcio en plantas de arroz y Aluminio aplicado en solución nutritiva en ppm.

En la Figura 7, se muestra el efecto de la concentración de Aluminio en el porcentaje de Calcio de las tres variedades de arroz de porte alto. Inicialmente la tendencia fue la misma para dos variedades las cuales disminuyeron su porcentaje de Calcio. Se observa que las variedades siguieron de creciendo, no así la variedad Canelo que incrementó su contenido de Calcio con la aplicación de 24 ppm. de Aluminio.

1.7 Concentración de Magnesio en la Planta

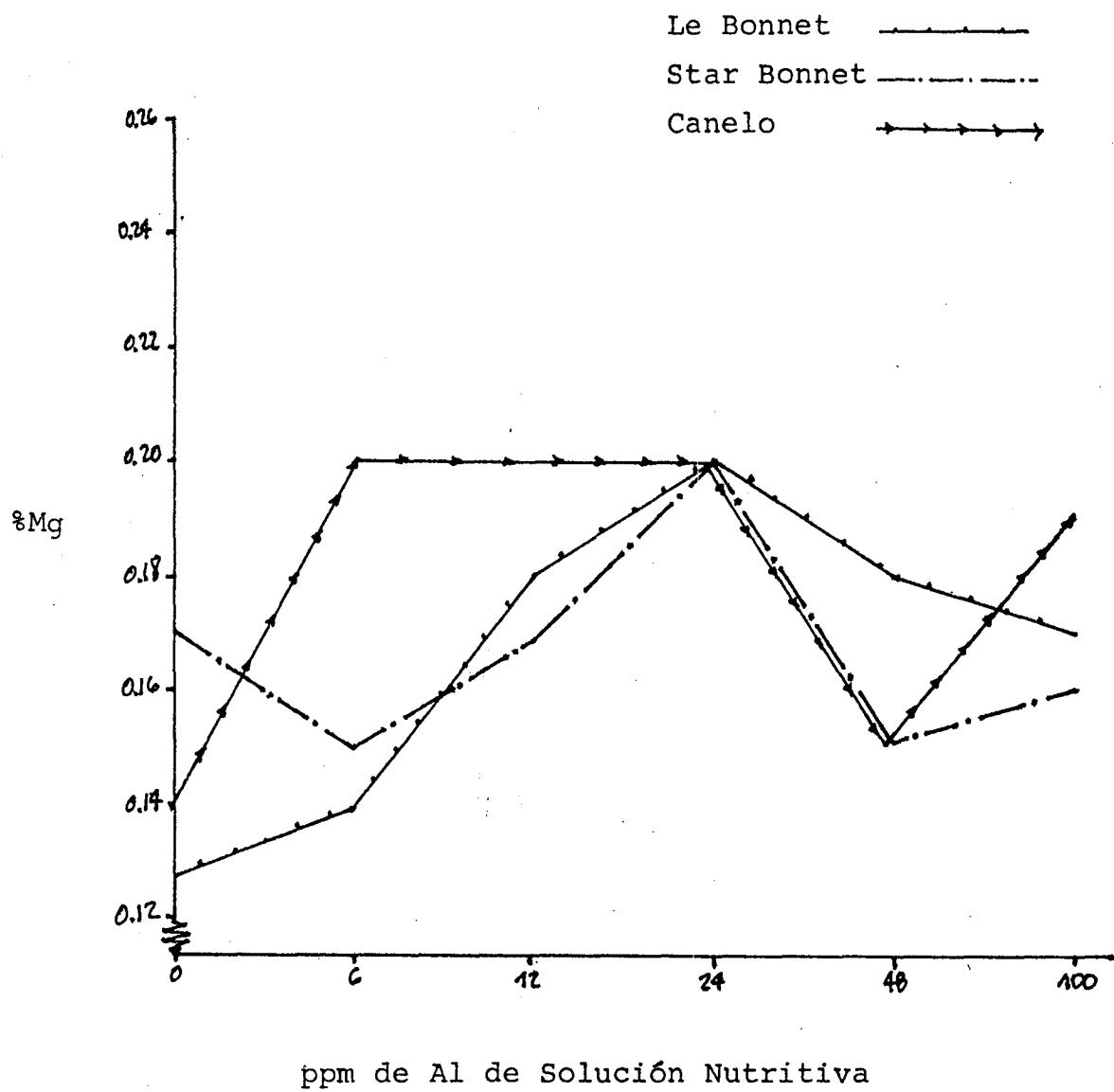


Figura 8 Magnesio, variedades de porte alto. Relación del % Magnesio en plantas de arroz y Aluminio en solución nutritiva en ppm.

En la Figura 8, se observa el efecto de la concentración de Aluminio en el porcentaje de Magnesio de las tres variedades de arroz de porte alto. La tendencia de las tres variedades fue la misma, las que incrementaron su porcentaje de Magnesio con la aplicación de 24 ppm de Aluminio donde alcanza su punto más alto de concentración de Magnesio, luego decrece el porcentaje de Magnesio, excepto la variedad Canelo que incrementó su porcentaje con la aplicación de 100 ppm de Aluminio.

1.8 Discusión

VARIEDADES DE PORTE ALTO

En las variedades de porte alto, la biomasa se ve disminuida debido a las aplicaciones de Aluminio, especialmente con las concentraciones de 48 y 100 ppm de Aluminio.

De las variedades de porte alto estudiadas, Le Bonnet es la más tolerante porque reporta los mayores pesos de biomasa independientemente de la concentración de Aluminio, llegando a obtener un peso medio de biomasa de 1.40 g. por planta. La variedad Star Bonnet y la Canelo registraron un peso de 1.28 g. y 1.25 g. respectivamente por planta. En general la tendencia en las tres variedades fue la misma, disminuir su biomasa conforme se aumentó la concentración de Aluminio con respecto al testigo.

Con respecto a la altura, la variedad Star Bonnet y Le Bonnet siguen la misma tendencia, logrando mayores alturas que la variedad Canelo. Esta última tiene la misma tendencia aunque registra menor altura; se infiere que la variedad Canelo disminuye su altura con la aplicación de 100 ppm de Aluminio, en tanto que Le Bonnet y Star Bonnet disminuyen su altura después de la aplicación de 100 ppm de Al. La variedad Le Bonnet, inicialmente diminuye su altura de 82.33 cm. a 76.67 con la aplicación de 6 ppm de Aluminio, luego se incrementa su altura a 90.00 cm. con la aplicación de 24 ppm. de Aluminio, decreciendo luego con la aplicación de 100 ppm a una altura de 83.33 cm. En la variedad Star Bonnet, decreció inicialmente de 84.33 cm a 80.67 cm. con la aplicación de 12 ppm de Aluminio, incrementa su altura nuevamente con la aplicación de 24 ppm alcanzando alturas de 89.67 cm, al llegar a la aplicación de 100 ppm de Aluminio nuevamente decrece a una altura de 83.33 cm. En el caso de la variedad Canelo, incrementa su altura con la aplicación de 48 ppm de Aluminio de 75.67 cm a 79.33 cm. Las mayores alturas se registraron con las aplicaciones de

0, 24 y 48 ppm, mientras que las menores alturas se observaron con las aplicaciones de 12, 6 y 100 ppm de Aluminio en solución.

El porcentaje de Nitrógeno se ve incrementado en las tres variedades de porte alto con respecto al testigo alcanzando sus mayores valores con la aplicación de 100 ppm de Aluminio.

En general, los mayores porcentajes de Nitrógeno se registraron con las aplicaciones de 24 y 100 ppm de Aluminio en respuesta a las condiciones de toxicidad por Aluminio.

En el caso del Fósforo, las tres variedades de porte alto mostraron la misma tendencia, incrementaron su porcentaje de Fósforo al inicio, luego con el aumento de la concentración de Aluminio disminuyó el porcentaje de Fósforo en las tres variedades.

Los menores porcentajes de Fósforo se registraron con las aplicaciones de 48 y 100 ppm de Aluminio, debido a la fijación del Fósforo en compuestos no asimilables por la planta en presencia de altas concentraciones de Aluminio. La variedad Le Bonnet con la aplicación de 100 ppm registró una disminución de 0.07% de Fósforo respecto al testigo, la variedad Star Bonnet disminuyó en 0.13% y la variedad Canelo disminuyó en 0.11% de Fósforo con respecto al testigo. Esta última resultó ser la más susceptible a la toxicidad de Aluminio, registrando los porcentajes más bajos de Fósforo.

En relación al potasio, las variedades Star Bonnet y Canelo mostraron la misma tendencia, incrementando su porcentaje de Potasio al inicio para luego decrecer. La variedad Canelo disminuyó su porcentaje de Potasio después de la aplicación de 100 ppm de Aluminio en 0.03% con respecto al testigo.

Inicialmente, Star Bonnet incrementó su porcentaje de Potasio de 0.88 con la aplicación de 6 ppm de Aluminio a 1.14% con

la aplicación 24 ppm, a partir de esta aplicación disminuye a 0.98% con la aplicación de 100 ppm de Aluminio. La variedad Le Bonnet pese a que registró los mayores porcentajes de Potasio disminuyó su porcentaje de Potasio después de la aplicación de 6 ppm de Aluminio de 1.37% a 0.97 con la aplicación de 100 ppm de Aluminio, decreciendo en 0.40% con respecto al testigo

Con respecto al Calcio, Le Bonnet y Star Bonnet presentaron la misma tendencia, disminuyendo su porcentaje de Calcio, desde la aplicación de 6 ppm de Aluminio, para la variedad Le Bonnet, disminuyendo 0.90% con respecto al testigo en la aplicación de 100 ppm. En la variedad Star Bonnet, disminuyó su porcentaje de Calcio con respecto al testigo en la aplicación de 100 ppm de Aluminio. Esta última se mostró más estable, aunque Le Bonnet registró los mayores porcentajes de Calcio.

La variedad Canelo inicialmente disminuyó su porcentaje de Calcio de 0.26% a 0.22% con la aplicación de 12 ppm de Aluminio, para luego aumentar su porciento al calcio al mismo nivel del testigo (0.26%) con la aplicación de 48 ppm, manteniéndose el mismo porcentaje con la aplicación de 100 ppm de Aluminio en solución.

En cuanto al contenido de Magnesio, las variedades Canelo y Le Bonnet no resultaron afectados en su porcentaje de Magnesio hasta después de la aplicación de 100 ppm de Aluminio.

En el caso de Canelo incrementó su porcentaje de Magnesio de 0.14% a 0.20% con la aplicación de 6 ppm, se mantiene estable hasta la aplicación de 24 ppm de Aluminio para luego disminuir su porcentaje de Magnesio a 0.19% con la aplicación de 100 ppm de Aluminio en solución. La variedad Star Bonnet resultó levemente afectada en su porcentaje de Magnesio, inicialmente decreció su porcentaje de 0.17 a 0.15% en la aplicación de 6 ppm de Aluminio, luego incrementó su porcentaje hasta llegar a 0.20% de Magnesio con la aplicación de 24 ppm de Aluminio, después de este punto el porcentaje de Magnesio decreció llegando a 0.15% con la aplicación de 100 ppm de Aluminio en solución.

2. VARIEDADES DE PORTE BAJO.

2.1 Biomasa antes de la Floración.

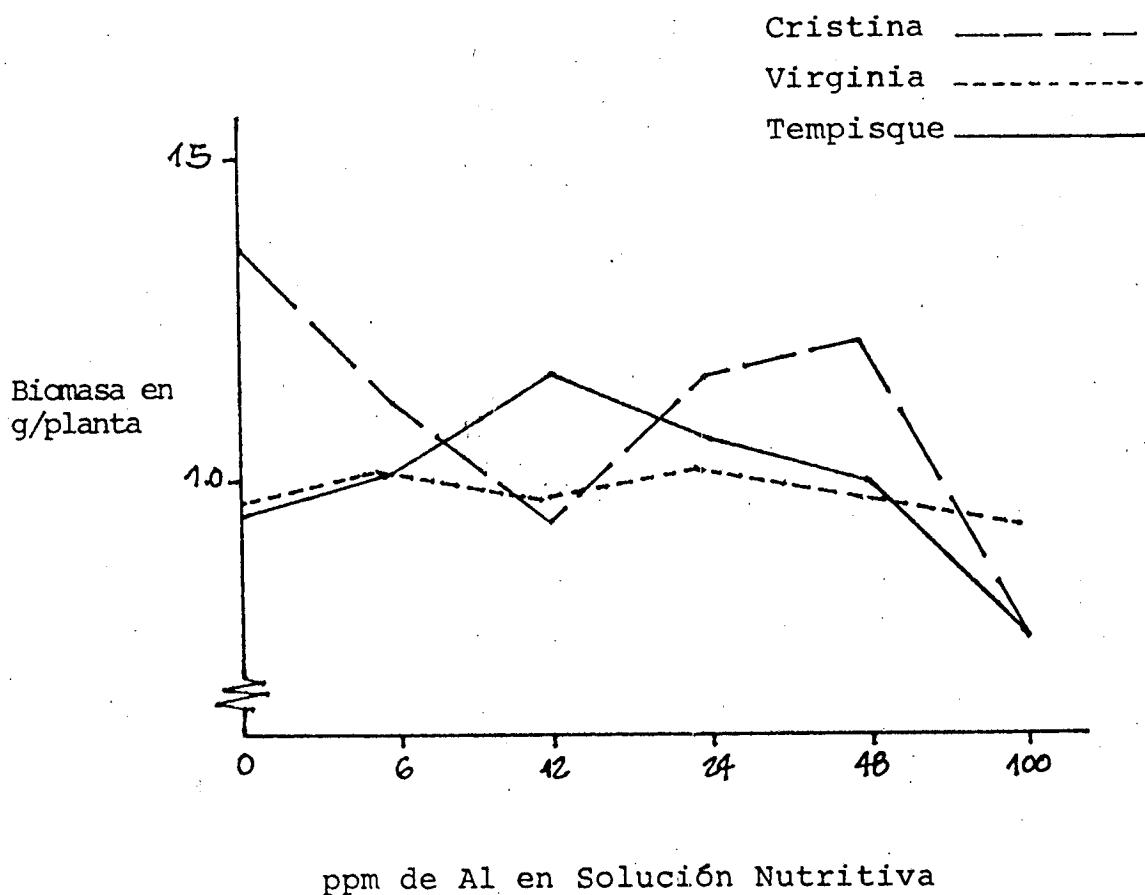


Figura 9 Biomasa, Variedades de porte bajo. Relación de peso seco de plantas de arroz en g/planta y Aluminio aplicado en solución nutritiva en ppm.

En la Figura 9, se tiene el efecto de la concentración de Aluminio en la biomasa expresada en gramos/planta de las tres variedades de arros de porte bajo. Las variedades Tempisque y Virginia no disminuyeron su biomasa, en tanto que la variedad Cristina disminuyó con las aplicaciones de 12 y 100 ppm de Aluminio.

2.2 Altura de Plantas

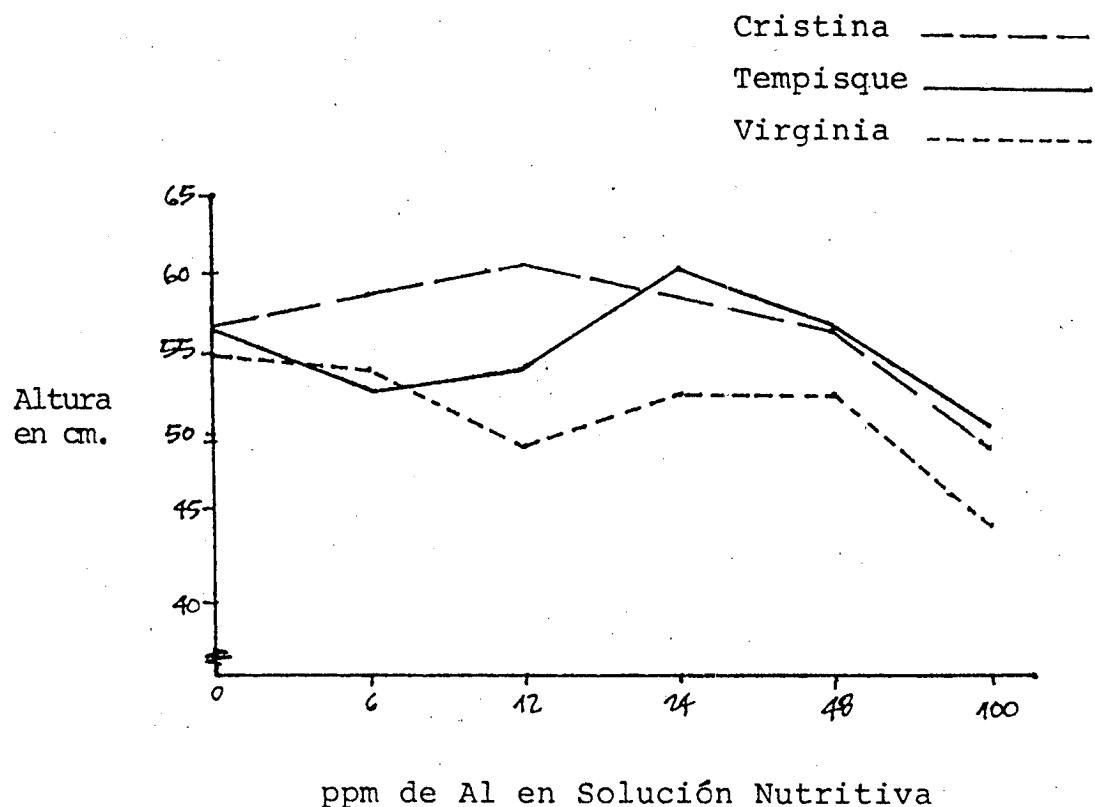


Figura 10 Altura, Variedades de porte bajo. Relación de la altura de plantas de arroz en cm y Aluminio aplicado en solución nutritiva en ppm.

En la Figura 10, se ve el efecto de la concentración de Aluminio en ppm en la altura de las tres variedades de arroz de porte bajo.

En las tres variedades hay un decremento de la altura; en la variedad Virginia a partir de la aplicación de 6 ppm de Aluminio, la variedad Cristina a partir de las 12 ppm. La variedad Tempisque decrece su altura desde la aplicación de 6 ppm de Aluminio.

2.3 Concentración de Nitrógeno en la Planta

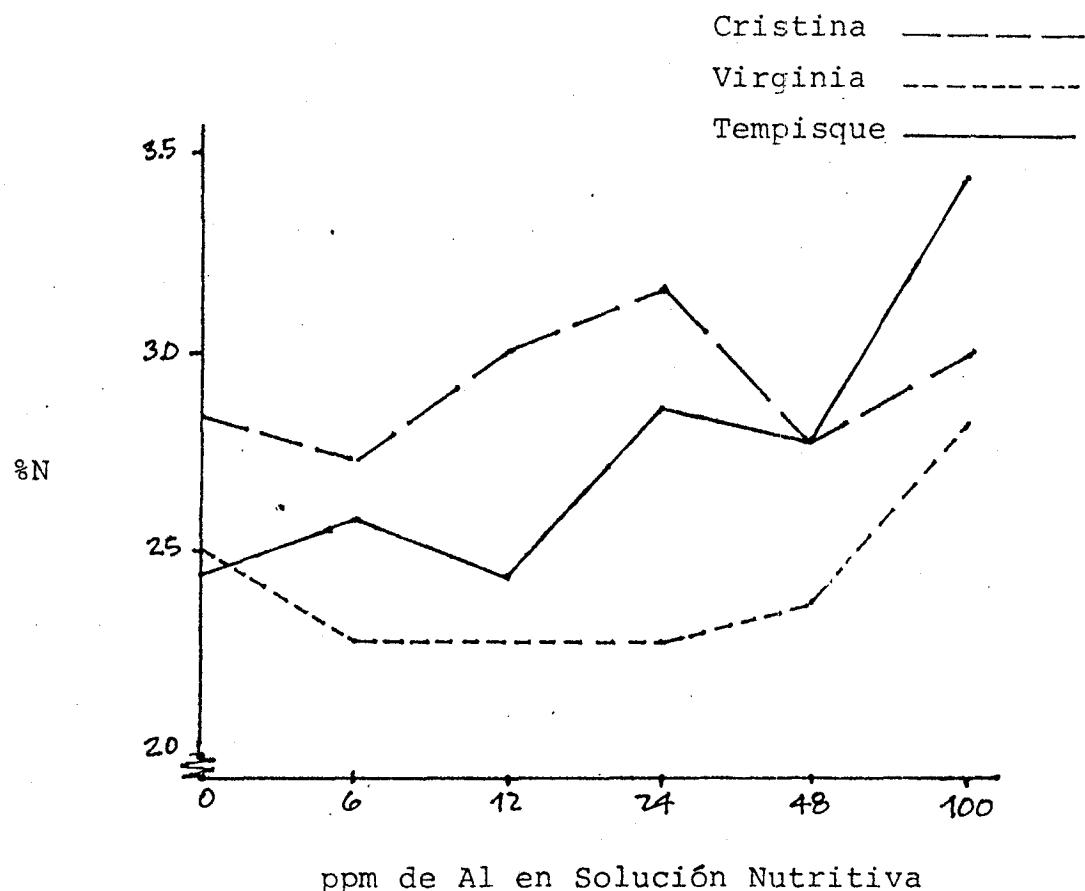


Figura 11 Nitrógeno, variedades porte bajo. Relación del % Nitrógeno en plantas de arroz y Aluminio aplicado en solución nutritiva en ppm.

En la Figura 11, se muestra el efecto de la concentración de Aluminio en el porcentaje de Nitrógeno de las tres variedades de arroz de porte bajo. Las tres variedades tienden a aumentar su contenido de Nitrógeno conforme aumenta la concentración de Aluminio.

2.4 Concentración de Fósforo en la Planta

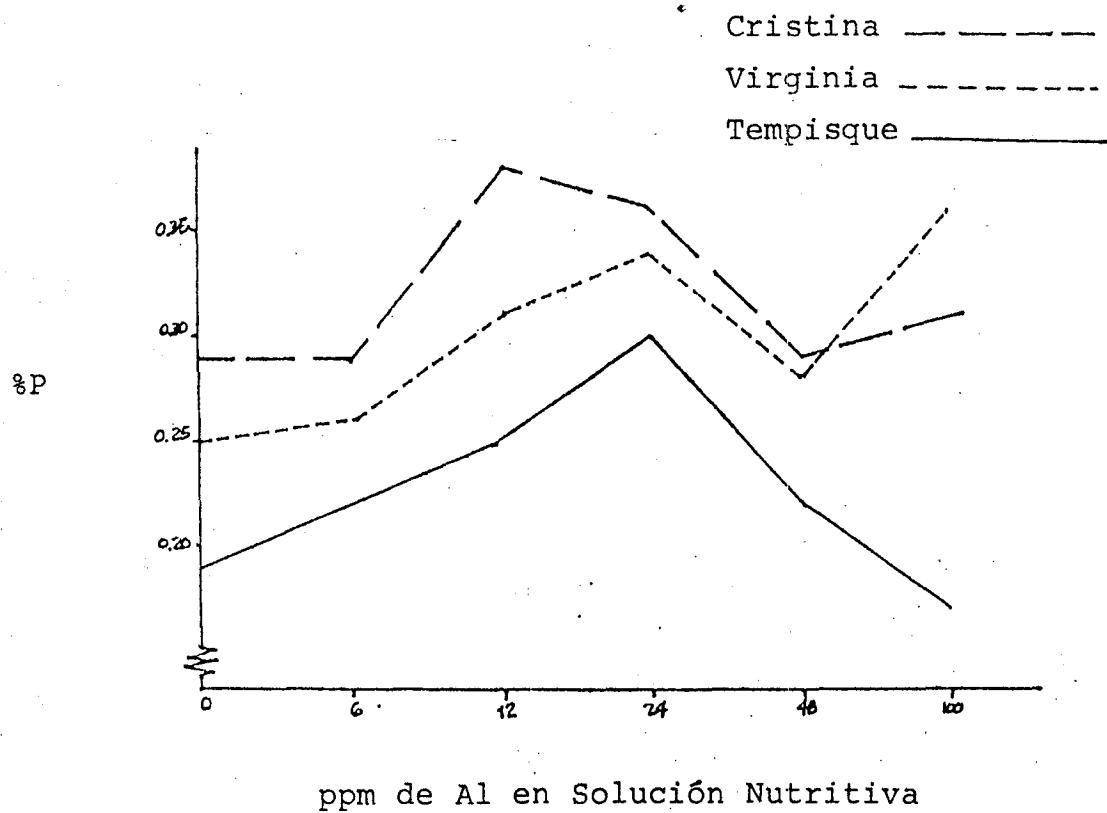


Figura 12 Fósforo, Variedades de porte bajo. Relación del % Fósforo en plantas de arroz y Aluminio aplicado en solución nutritiva en ppm.

En la Figura 12, se observa el efecto de la concentración de Aluminio en el porcentaje de Fósforo de las tres variedades de arroz de porte bajo. La tendencia para las tres variedades fue la misma, inicialmente aumenta su porcentaje de Fósforo, disminuye después de la aplicación de 24 ppm de Aluminio; sin embargo, la variedad Tempisque es la única que se ve afectada en su contenido de Fósforo a partir de 24 ppm de Aluminio.

2.5 Concentración de Potasio en la Planta.

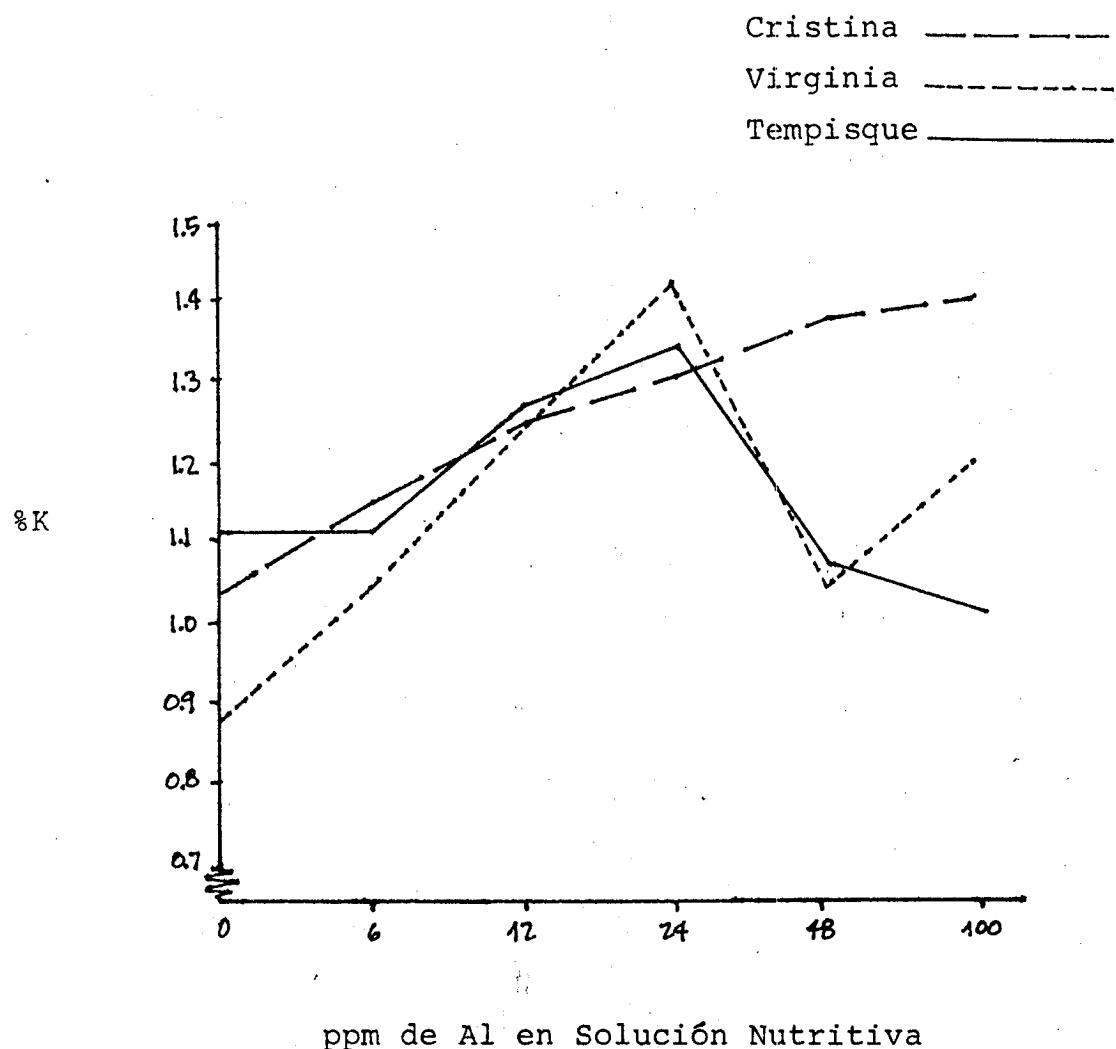


Figura 13 Potasio, variedades de porte bajo. Relación del % Potasio en plantas de arroz y Aluminio aplicado en solución nutritiva en ppm.

En la Figura 13, se muestra el efecto de la concentración de Aluminio en el porcentaje de Potasio de las tres variedades de arroz de porte bajo. La tendencia inicial fue la misma para las tres variedades, las cuales incrementaron su porcentaje de Potasio.

Las variedades Virginia y Tempisque se vieron afectadas en su contenido de Potasio con la aplicación de 48 ppm de Aluminio.

2.6 Concentración de Calcio en la Planta

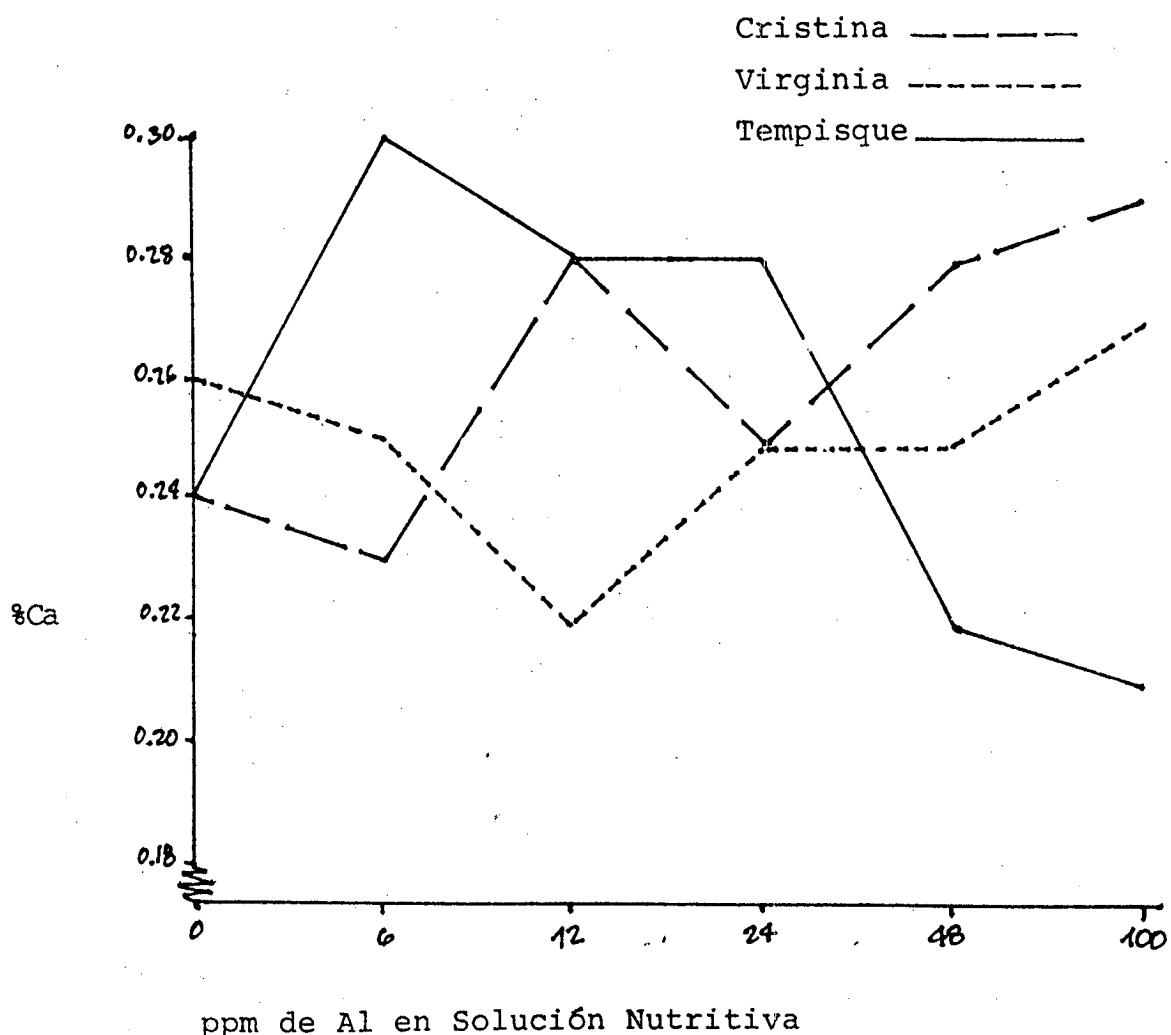


Figura 14 Calcio, variedades de porte bajo. Relación del % Calcio en plantas de arroz y Aluminio aplicado en solución nutritiva en ppm.

En la Figura 14, se muestra el efecto de la concentración de Aluminio en el porcentaje de Calcio de las tres variedades de arroz de porte bajo.

En las tres variedades la tendencia fue diferente.

En la variedad Cristina se incrementó el porcentaje de Calcio, la variedad Virginia inicialmente su tendencia fue la de disminuir su contenido de Calcio con la aplicación de 12 ppm de Aluminio, incrementando su porcentaje de Calcio a partir de esta aplicación. La Variedad Tempisque incrementa su porcentaje de Calcio con la aplicación de 6 ppm de Aluminio, de este punto en adelante decrece su porcentaje de Calcio.

2.7 Concentración de Magnesio en la Planta.

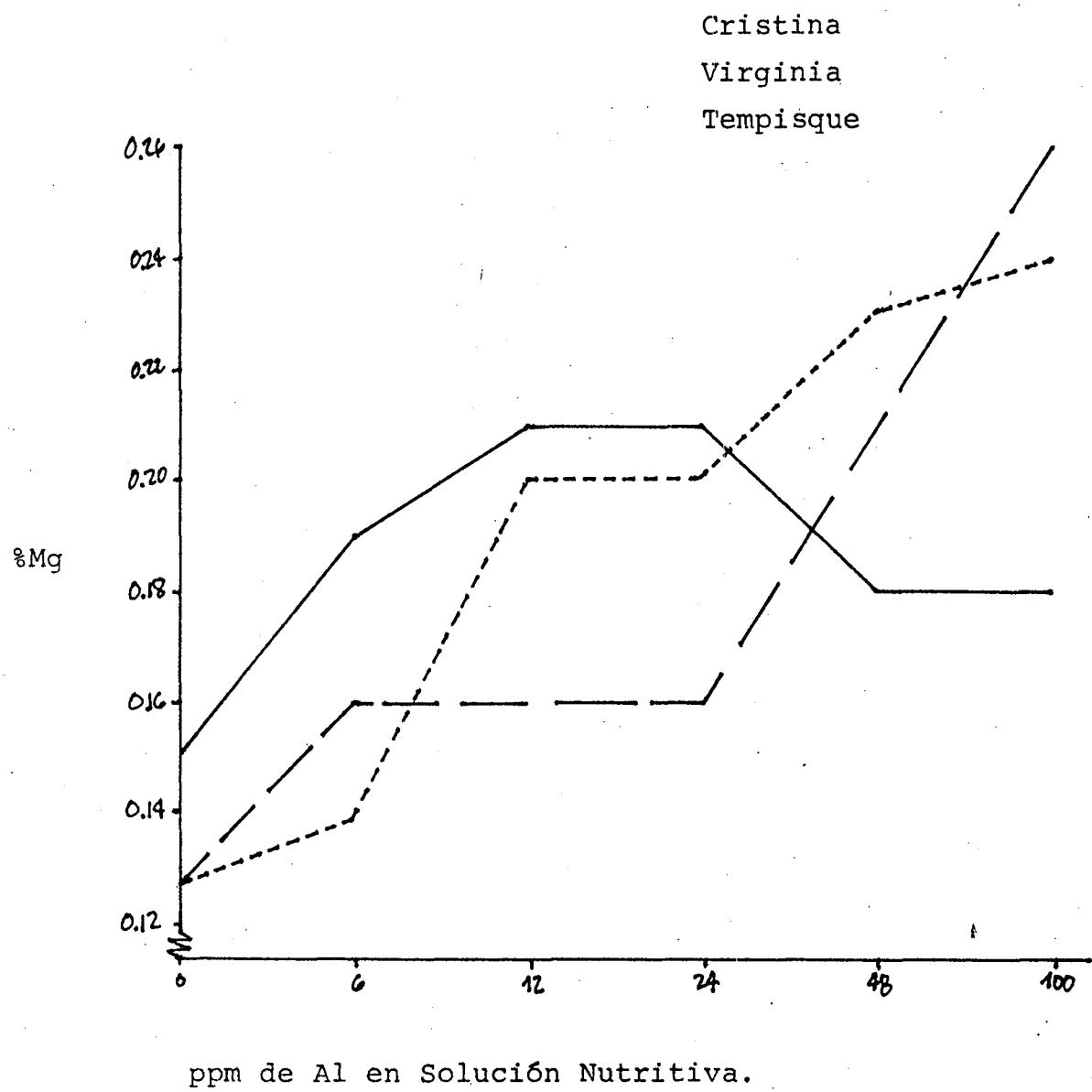


Figura 15 Magnesio, Variedades de porte bajo. Relación del % Mag
nesio en plantas de arroz y Aluminio en Solución Nutri
tiva en ppm.

En la Figura 15, se aprecia el efecto de la concentración de Aluminio en el porcentaje de Magnesio de las tres variedades de arroz de porte bajo. Inicialmente la tendencia de las tres variedades es la de incrementar su porcentaje de Magnesio. Las variedades Cristina y Virginia siguen incrementando su porcentaje de Magnesio, mientras la variedad Tempisque decrece su porcentaje de Magnesio con las aplicaciones de 48 ppm de Aluminio en solución.

2.8 Discusión.

VARIEDADES DE PORTE BAJO

En las variedades de porte bajo se observó una tendencia más estable en su biomasa, la menos afectada fue la variedad Virginia manteniendo en todas las aplicaciones una media de 0.98 g por planta. La variedad Tempisque que inicialmente incrementó su biomasa de 0.95 a 1.15 g con la aplicación de 12 ppm de Aluminio, disminuyó hasta 0.75 g con la aplicación de 100 ppm de Aluminio. La Variedad Cristina inicialmente decreció de 1.35 g a 0.93 g con la aplicación de 12 ppm de Aluminio, luego incrementó su biomasa hasta 1.22 g en la aplicación de 48 ppm de Aluminio y después disminuyó nuevamente llegando a 0.7% en la aplicación de 100 ppm de Aluminio en solución.

En cuanto a la altura, la variedad Cristina inicialmente incrementó su altura de 56.67 cm a 60.33 cm con la aplicación de 12 ppm de Aluminio, a partir de ésta disminuyó su altura llegando a 49.0 cm en la aplicación de 100 ppm de Aluminio, siendo ésta la menor altura que la variedad Cristina registra.

Para la variedad Tempisque la tendencia fue de disminuir su altura inicialmente de 56.33 cm a 52.67 cm con la aplicación de 6 ppm de Aluminio, luego aumentó su altura hasta llegar a 60.0 cm con la aplicación de 24 ppm de Aluminio para disminuir su altura con la aplicación de 100 ppm a 60.0 cm siendo ésta la menor altura registrada para esta variedad.

La variedad Virginia disminuyó su altura con la aplicación de 6 ppm de Aluminio de 54.0 cm a 44.67 cm con la aplicación de 100 ppm. La variedad Virginia registró las menores alturas de las tres variedades de porte bajo.

En cuanto a Nitrógeno, en la variedad Cristina, luego de disminuir levemente su porcentaje de Nitrógeno, lo incrementó de 2.72% con la aplicación de 6 ppm de Aluminio, a 3.17% en la aplicación de 24 ppm de Al, luego registrando 2.78% de Nitrógeno para luego incrementar con la aplicación de 100 ppm llegando a 3.0% de Nitrógeno. La variedad Cristina registra los mayores porcentajes de Nitrógeno.

La variedad Tempisque incrementó su porcentaje de Nitrógeno conforme se aumentó la concentración de Aluminio de 2.45% en el testigo a 3.43% con la aplicación de 100 ppm de Aluminio mostrando mayor sensibilidad a la toxicidad de Aluminio.

La variedad Virginia disminuyó su porcentaje de Nitrógeno de 2.50% a 2.28% con la aplicación de 6 ppm de Aluminio, se mantuvo estable hasta la aplicación de 24 ppm, a partir de este incremento su porcentaje de Nitrógeno hasta llegar a su punto más alto con la aplicación de 100 ppm de Aluminio registrando 2.82% de Nitrógeno. Esta última variedad registra los menores porcentajes de Nitrógeno de las variedades de porte bajo.

En el caso de porcentaje de Fósforo, las tres variedades presentaron la misma tendencia, incrementando su porcentaje de Fósforo has-

ta la aplicación de 24 ppm de Aluminio, a partir de la cual decrece el porcentaje de Fósforo, excepto en la variedad Virginia que se incrementa nuevamente en la aplicación de 100 ppm de Aluminio en solución.

La variedad Cristina incrementó su porcentaje de Fósforo de 0.29% a 0.38% con la aplicación de 12 ppm de Aluminio, luego decrece su porcentaje de Fósforo a 0.29% con la aplicación de 48 ppm de Aluminio para elevarse nuevamente en la aplicación de 100 ppm llegando a 0.31% de Fósforo. La variedad Cristina es la que registra los mayores porcentajes de Fósforo.

Para la variedad Virginia la tendencia fue inicialmente de incrementar su porcentaje de Fósforo de 0.25% a 0.34% con la aplicación de 24 ppm, de Aluminio, luego decrece a 0.28% con la aplicación de 48 ppm, para incrementarlo nuevamente con la aplicación de 100 ppm de Aluminio a 0.36% de Fósforo.

En la variedad Tempisque se incrementó el porcentaje de Fósforo de 0.19% a 0.30% en la aplicación de 24 ppm de Aluminio, luego la tendencia es disminuir hasta 0.17% con la aplicación de 100 ppm de Aluminio. Esta última variedad resultó ser la más susceptible a la toxicidad de Aluminio registrando los menores porcentajes de Fósforo.

En el caso de Potasio la tendencia fue la misma inicialmente en las tres variedades de porte bajo. Luego Virginia y Tempisque disminuyen su porcentaje de Potasio después de la aplicación de 24 ppm de Aluminio. En la variedad Cristina el porcentaje de Potasio se incre

menta de 1.04% en el testigo a 1.40% en la aplicación de 100 ppm de Aluminio, siendo esta variedad la que obtuvo mejor respuesta en su porcentaje de Potasio.

Las variedades Virginia y Tempisque incrementan su porcentaje de Potasio en un promedio de 0.30 desde el testigo hasta la aplicación de 24 ppm, luego de este punto la tendencia de las dos variedades es de disminuir, Virginia incrementa nuevamente su porcentaje de Potasio en la aplicación de 100 ppm llegando a registrar 1.20%. En cambio la variedad Tempisque sigue decreciendo hasta llegar a 1.01% de Potasio en la aplicación de 100 ppm de Aluminio en solución. Esta última variedad resultó ser la más susceptible a la toxicidad por Aluminio en su porcentaje de Potasio de las variedades de porte bajo.

En el caso del porcentaje de Calcio, en la variedad Cristina, el porcentaje de Calcio se incrementa de 0.24% a 0.29% desde el testigo hasta la aplicación de 100 ppm de Aluminio, por lo que podemos decir que es la variedad que obtiene mejor respuesta de Calcio a la toxicidad por Aluminio.

La variedad Virginia disminuye su porciento de Calcio de 0.26% a 0.22% con la aplicación de 12 ppm de Aluminio, luego incrementa su porciento de Calcio a 0.27% con la aplicación de 100 ppm de Aluminio.

La variedad Tempisque incrementa su porcentaje de Calcio inicialmente de 0.24% a 0.30% con la aplicación de 6 ppm de Aluminio, luego disminuye hasta llegar a su punto más bajo con la aplicación de 100

ppm de Aluminio registrando un porcentaje de 0.21. Resultando ser esta variedad la más susceptible a la toxicidad por Aluminio en cuanto al Calcio.

Para el porcentaje de Magnesio se observó que la tendencia inicial para las tres variedades fue la de incrementar este porcentaje. Las variedades Virginia y Cristina continua su incremento conforme se aumenta la concentración de Aluminio no así la variedad Tempisque que disminuyó su porcentaje de Magnesio después de la aplicación de 24 ppm de Aluminio en solución.

Cristina y Virginia incrementan su porcentaje de Magnesio de 0.13% que registra el testigo hasta 0.26 para Cristina y 0.24% para Virginia con la aplicación de 100 ppm de Aluminio, observándose en estas variedades una mejor respuesta que Tempisque. Esta última incrementa su porcentaje de Magnesio de 0.15% a 0.21% con la aplicación de 12 ppm, manteniéndose en este punto hasta después de la aplicación de 24 ppm de Aluminio, para disminuir luego a 0.18% con las aplicaciones de 48 y 100 ppm de Aluminio en solución.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Entre las variedades de porte alto, Le Bonnet es la más tolerante a la toxicidad de Aluminio en solución nutritiva llegando a resistir concentraciones de 48 ppm de Aluminio.

Entre las variedades de porte bajo, Cristina y Virginia resultaron más tolerantes a la toxicidad de Aluminio en solución nutritiva, tolerando concentraciones de 100 ppm de Aluminio.

RECOMENDACIONES

En general, las variedades más recomendables para campo después de estudiar su respuesta a nivel de invernadero son las variedades de porte bajo que toleran concentraciones de 100 ppm de Aluminio y posiblemente más. Entre las variedades de porte bajo, se recomienda con mejores resultados las variedades Cristina y Virginia.

Entre las variedades de porte alto existe mayor susceptibilidad, Le Bonnet, que resalta entre las tres, tolera concentraciones de Aluminio en solución hasta 48 ppm.

BIBLIOGRAFIA

1. ALVARADO F., R.A. 1981. Evaluación de ocho variedades de arroz (Oryza sativa) en condiciones de la región río Usumacinta, la Libertad Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de Agronomía. p. 8-10.
2. AMERICAN PUBLIC ASSOCIATION WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. 1976. Standard methods for the examination of water and wastewater. New York EEUU. s.p.
3. ANGLADETTE, A. 1969. El arroz; técnicas agrícolas y producción tropical. Barcelona, España, Blume. p. 98.
4. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (EEUU). 1980. Microchemical methods for foliage analytical. Horwitz W. editor. 13th ed. Wisconsin. p. 858.
5. Bausch and Lom (EEUU). 1974. Analytical system division water technology; phosphorus ascorbic acid. New York. s.p.
6. CHAPMAN HOMER, D.; PRATT PARKER, F. 1976. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. México, Trillas. p. 45.

7. DIAZ LIMA, B. 1985. Determinación del rango de nitrógeno en plántulas de trigo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de Agronomía. p. 10.
8. ESCALANTE HERRERA, E. 1985. Análisis foliar para determinar el rango de concentración crítico de Fósforo en plantas de trigo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de Agronomía. p 10.
9. FASSEBENDER, H.W. 1975. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, C.R., IICA. p 169.
10. GUDIEL, V.M. 1979-80. Manual agrícola Superb. Guatemala, Superb. p. 169.
11. GOIJBERG, G.E. 1983. Manual de prácticas de laboratorio. México, Universidad Autónoma de Chapingo. s.p.
12. HOWELER, H.R. 1974. Análisis foliar de algunos cultivos tropicales. Cali, Col., CIAT. p 20. -

13. LOS MACRONUTRIENTES en la nutrición de la planta de arroz. 1984. Arroz (Col) 33 (329): 39.
14. NELSON, L.E. 1983. Tolerances of 20 rice cultivars to excess Al and Mn. Agronomy Journal (EEUU) 75(1): 134-138.
15. PAZOS M, W.R. s.f. IICTA Cristina; archivo del programa de arroz del IICTA.
Sin publicar.
16. _____. 1983. Cultivo del arroz en Guatemala. Guatemala, IICTA. Folleto técnico no. 22. p. 1-8.
17. _____. s.f. Star Bonnet; archivo del programa de arroz de IICTA.
Sin publicar.
18. _____. 1982. IICTA Virginia; archivo del programa de arroz. IICTA p. 1-3.
Sin publicar.
19. PIEDRA SANTA, J. 1976. Geografía visualizada. Guatemala, Piedra Santa. p. 9.

20. REYES, C.P. 1978. Diseños de experimentos agrícolas. México, Trillas. p. 60-63.

21. SALINAS, J.G.; SANCHEZ, P.A. 1976. Relaciones suelo planta que afectan las diferencias entre especies y variedades para tolerar baja disponibilidad de fósforo en el suelo. Ciencia y Cultura (Bra) 28(2): 156-168.

22. SALINAS, J.G. s.f. Tolerancia diferencial de plantas a la acidez y bajo contenido de fósforo aprovechable en suelos ácidos. s.n.t. 20 p. p. 1-14.
Presentado en: Curso sobre Manejo de Suelos Acidos (1981, Popayán, Col.). s.n.t.

23. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. FACULTAD DE AGRONOMIA. s.f. Libro de control de temperatura y humedad del invernadero de la facultad de agronomía.

Sin publicar.

10 Bo.

Patricio

11. ANEXO I

Características de las variedades de arroz que se utilizaron en este experimento, fueron proporcionadas por el programa de arroz de ICTA, dirigido por el Ing. Agron. Ramiro Pazos.

ICTA VIRGINIA

Esta variedad representa el tipo de planta que reune las siguientes características: potencial de rendimiento de la variedad Ci- ca 4, la calidad de grano de la variedad Tetep.

Desde el estado de plántula, ICTA Virginia manifiesta un desarrollo vigoroso y un macoyamiento moderado. Su altura varía de 90 a 115 cm, con un ciclo de vida de 126 a 140 días, produce al rededor de 10 a 15 espigas, cuya longitud va de 20.6 a 21.2 cm y moderadamente susceptibles al desgrane. Bajo condiciones adversas su índice de vaneamiento es de 3 a 5 %.

El grano es largo, pubcente y con arista, siendo la cáscara de color crema claro; el arroz sin cáscara tiene apariencia traslúcida. El rendimiento de molino es de 69 a 70% lo que la clasifica como una variedad de buena calidad molinera (18).

A pesar de ser una variedad adecuada para suelos de baja fertilidad, responde positivamente a los fertilizantes; además, en aquellas áreas con suelos ácidos y con alto contenido de Aluminio, manifiesta una respuesta positiva a la aplicación de Fósforo. (16).

ICTA TEMPISQUE

Fue desarrollada para condiciones de "secano no favorecido", o sea donde la precipitación pluvial es escasa y mal distribuida. Esta variedad se caracteriza por su crecimiento rápido y vigoroso, buen macoyamiento y tallos fuertes, compactos y resistentes al acame; alcanza una altura de 80 a 130 cm.

Posee hojas erectas y pubescentes de color verde claro, y la hoja bandera es moderadamente larga, erecta y sobre sale por encima de la espiga, lo que le brinda cierta protección al ataque de los pájaros. (16)

Las espigas son largas, de 26 a 28 cm y la exención es de tipo intermedio; ICTA Tempisque se caracteriza por su alto número de espigas por planta (16 espigas por planta) y por el número de granos por espiga (191 g/espiga), lo que explica su alto rendimiento.

El grano es de color amarillo pajizo, tiene una longitud de 8 a 10 cm en granza y de 6.8 a 7.0 mm ya beneficiado, lo que califica como una variedad de grano largo, su rendimiento en beneficiado es de 69%. (16)

ICTA Tempisque resiste a Piricularia y a Hoja Blanca, es moderadamente resistente a la Mancha Café y al Escaldo de la Hoja; resiste también a Sogata y a los barrenadores del tallo.

Su período vegetativo es de 125 a 135 días con rendimientos que van de 70 a 100 quintales/Mz. Tanto ICTA Tempisque como ICTA Virginia se caracterizan por su exelente recuperación después de un período prolongado de sequía.

ICTA Tempisque aventja a ICTA Virginia en este sentido, pues

el grano se desarrolla normalmente sin afectar el rendimiento.

Como desventaja se puede señalar que ICTA Tempisque es susceptible al desgrane después de alcanzar su madurez fisiológica.

ICTA Virginia puede permanecer hasta 30 días después de la madurez Fisiológica sin presentar este problema. (16)

LE BONNET

Esta variedad fue desarrollada del cruce de Blue Belle con Belle Patna cruzada con Dawn realizado por el Texas Agricultural Research and Extension Center at Beaumont en 1974.

La espiga de Le Bonnet es de color pajizo, no es pubescente, presenta un vigor intermedio, moderadamente resistente al acame, el 100% de su floración lo alcanza a los 71 días, su ciclo vegetativo es de 100 días lo que la clasifica como una variedad precoz. (1)

Le Bonnet alcanza una altura de 127 cm. Es una variedad que responde bien a ambientes desfavorables; tiene resistencia moderada a Helminthosporium oryzae, tiene resistencia a Piricularia oryzae en el follaje, no así en el cuello de la espiga donde es muy susceptible. Es moderadamente susceptible a Rhynchosporium orizae.

Su rendimiento oscila entre las 4.5 Ton métricas por hectaria (1)

CANELO (Blue Belle)

Variedad importada de los Estados Unidos en 1967. Fue producida para reemplazar a Belle Patna y proviene del cruce de las líneas CI 8993 y CI 9122. Es bastante precoz, su ciclo de cultivo en Guate-

mala es de 100 a 110 días.

Su calidad molinera es buena. Su grano es de color dorado, su forma tamaño y calidad son similares a la de Blue Bonnet-50 y carece de bellos y aristas.

La espiguilla es de color dorado y en el apículo tiene una pequeña pigmentación morada producida por antocianinas. Por tener tallos más bajos que los de Blue Bonnet-50 y Belle Patna, se ha dicho que ofrece mayor resistencia al acame. Esto parece relativo pues bajo condiciones locales se ha observado en ensayos de ICTA la susceptibilidad que presenta al acame.

Es susceptible a Pircularia oryzae y a la Hoja Blanca, resiste a Helminthosporium oryzae y a Rhynchosporium oryzae.

Alcanza alturas de 140 cm y su rendimiento oscila en 3.9 Ton métricas por hectaria. (1)

ICTA CRISTINA

Variedad producida en Guatemala por ICTA del cruce de CICA 4 con la F-1 del cruce de IR 665-23-3-1 por Tetep.

Su plántula es vigorosa, de crecimiento moderadamente rápido, tiene buen macoyamiento, sus tallos son moderadamente gruesos con tendencia al vuelco. Su altura es de 80 a 120 cm, sus hojas son erectas, pubescentes de color verde oscuro, la hoja bandera relativamente larga, sobresale por encima de la espiga. (15)

En ICTA Cristina el número promedio de espigas por planta es de trece, posee catorce espiguillas por panícula y 149 granos por panja, moderadamente resistente al desgrane, tiene de 8 a 10% de vaneamiento.

Su grano es largo, de color crema claro, de buena calidad molinera, resistente a Sogatodes oryzicola y a Piricularia oryzae, es moderadamente resistente a barrenadores, Hoja Blanca, Helminthosporium oryzae y a Rhynchosporium oryzae. Es susceptible a la toxicidad por hierro. La floración se produce de 98 a 105 días después de la siembra, la maduración a los 125 a 140 días. Su rendimiento es 5.7 a 6.5 Ton métricas por hectaria (18).

STAR BONNET

Esta variedad fue desarrollada en Luisiana en 1968. La espiga de Star Bonnet es de color pajizo, no es pubescente, presenta un vigor intermedio moderadamente resistente al acame, su floración la alcanza a los 80 días, su ciclo vegetativo es de 110 días.

Star Bonnet alcanza una altura de 100 cms. esta variedad responde bien a ambientes desfavorables, resistencia moderada a Helminthosporium oryzae, y a Rhynchosporium oryzae, susceptible a Piricularia oryzae, su rendimiento oscila entre las 4.5 Ton métricas por hectaria.

CUADRO 6

ANALISIS DE VARIANZA DE BIOMASA g/PLANTA

A= Variedades; B= Concentraciones de Aluminio.

FV	GL	CM	FC	Ft 5%
Bloques	2	0.02	0.41	
Tratamientos	35	0.19	3.88 *	1.59
A	5	0.51	10.58 **	2.37
B	5	0.44	9.24 **	2.37
AB	25	0.07	1.46	
Error	70	0.05		
TOTAL	107			

CV = 18.71%

CUADRO 7

ANALISIS DE VARIANZA DE ALTURA EN CM

FV	GL	CM	FC	Ft 5%
Bolques	2	57.89	4.45 *	3.15
Tratamientos	35	651.47	50.11 **	1.59
A	5	4302.71	330.95 **	2.37
B	5	145.82	11.22 *	2.37
AB	25	22.36	1.72	
Error	70	13.00		
TOTAL	107			

CV = 5.30%

CUADRO 8

ANALISIS DE VARIANZA DE % NITROGENO

FV	GL	SC	CM	FC	Ft 5%
Bloques	2	0.37	0.18	1.40	
Tratamientos	35	11.51	0.33	2.506806	1.59
A	5	2.72	0.54	4.146439	2.37
B	5	4.88	0.98	7.443305	2.37
AB	25	3.91	0.16	1.19	
Error	70	9.18			
TOTAL	107				

CV = 13.37%

CUADRO 9

ANALISIS DE VARIANZA DE % FOSFORO

FV	GL	SC	CM	FC	Ft 5%
Bolques	2	0.00	0.00	0.17	
Tratamientos	35	0.62	0.02	16.67 **	1.59
A	5	0.44	0.09	83.89 **	2.37
B	5	0.09	0.02	17.90 **	2.37
AB	25	0.08	0.00	2.97	
Error	70	0.07			
TOTAL	107				

CV- 13.74%

CUADRO 10

ANALISIS DE VARIANZA DE % POTASIO

FV	GL	SC	CM	FC	Ft. 5%
Bloques	2	0.04	0.02	1.57	
Tratamientos	35	3.60	0.10	7.58 *	1.59
A	5	1.62	0.31	23.85 **	2.37
B	5	0.49	0.10	7.21 *	2.37
AB	25	1.49	0.06	4.40 *	1.70
Error	70	0.95			
TOTAL	107				

CV-10.57%

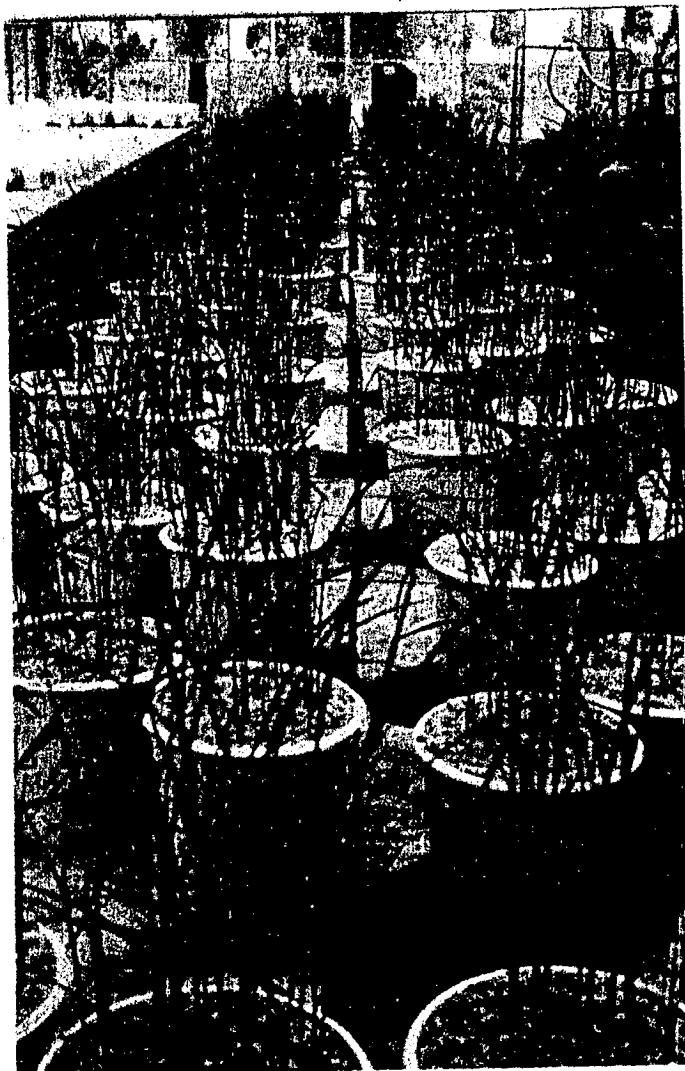


Figura 16

Vista del Experimento a las seis semanas de germinadas las semillas.



Figura 17

Vista Lateral del Experimento antes de la floración



Figura 18

En la variedad Le Bonnet de Porte Alto a los 30 días de nacidas se nota una diferencia en altura entre el testigo y la aplicación de 100 ppm de Al.



Figura 19

La variedad Cristina de Porte Bajo a los 30 días de nacidas las plantas se observa una diferencia en la altura entre el testigo y la aplicación de 100 ppm de Al.

Figura 20

Variedad Star Bonnet de Porte Alto a los 120 días desde la siembra, se nota que hasta la aplicación de 48 ppm la planta tolera la presencia de Aluminio.



Figura 21

Le Bonnet de Porte Alto a los 120 días desde la siembra presenta tolerancia al Aluminio hasta la aplicación de 48 ppm al igual que Star Bonnet.

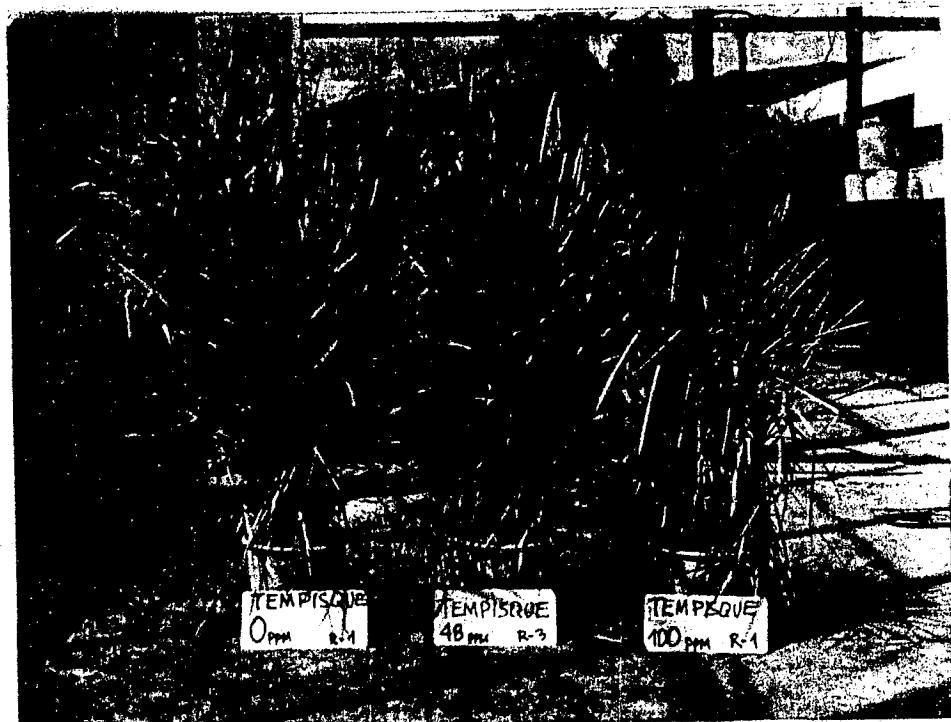


Figura 22

Variedad Tempisque de Porte Bajo a los 140 días desde la siembra se observa marcada diferencia en altura entre los tratamientos de 0,48 y 100 ppm de Aluminio.



Figura 23

Variedad Virginia de Porte Bajo a los 140 días desde la siembra tenemos que hay plantas que toleran el aluminio en solución hasta la aplicación de 48 ppm.

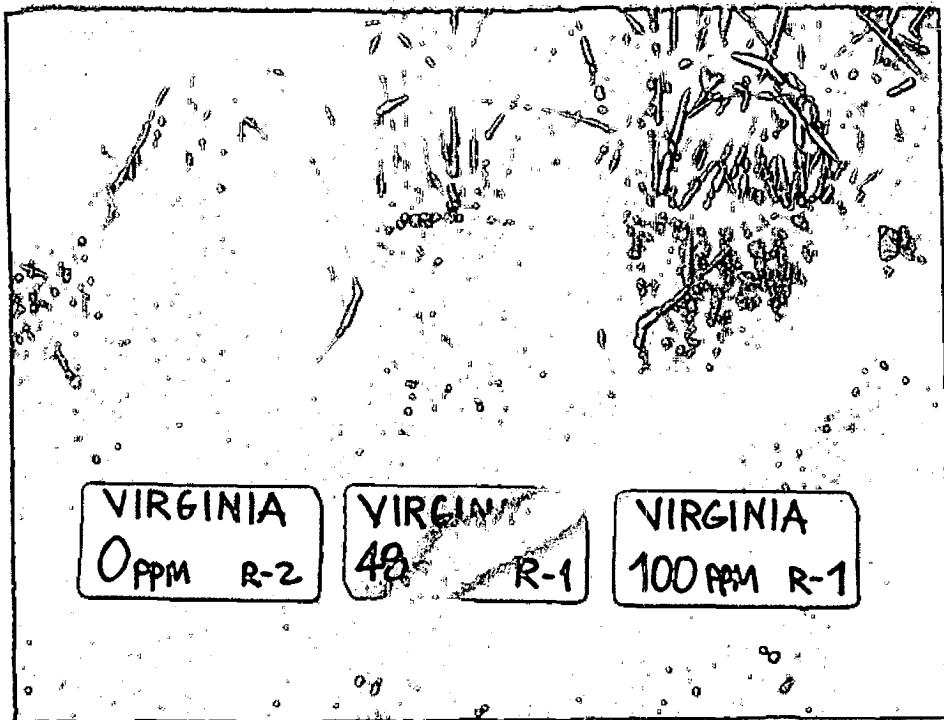


Figura 24

Comparación del sistema radicular de la variedad Virginia de Porte Bajo donde no se observa ninguna diferencia entre las aplicaciones de Aluminio.

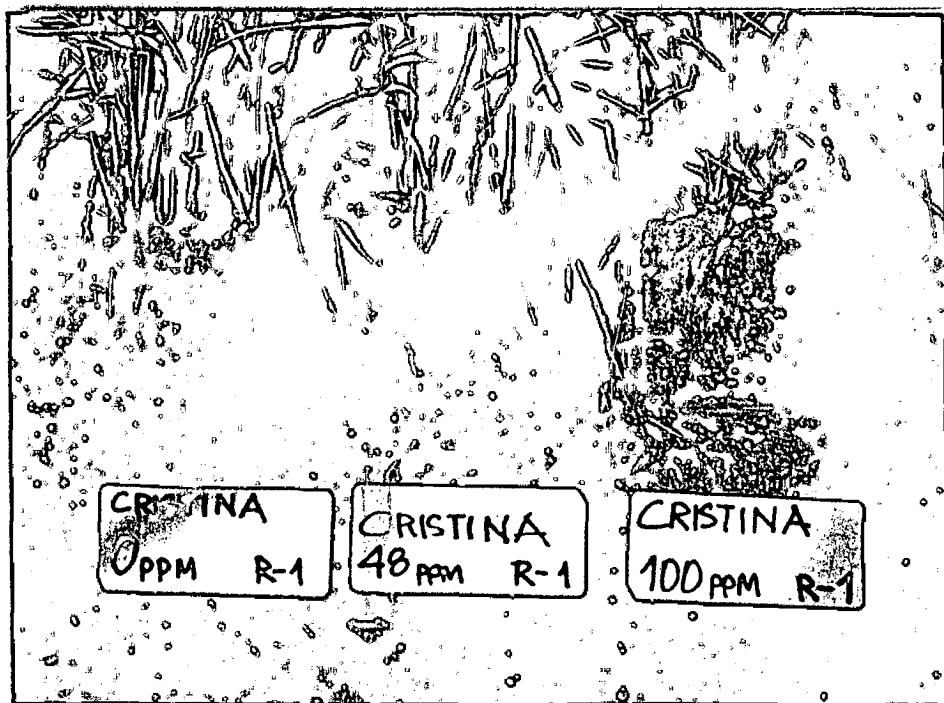


Figura 25

Comparación del sistema radicular de la variedad de Porte Bajo Cristina donde al igual que la variedad Virginia no se observa diferencia entre las aplicaciones de 0,48 y 100 pp de Aluminio.

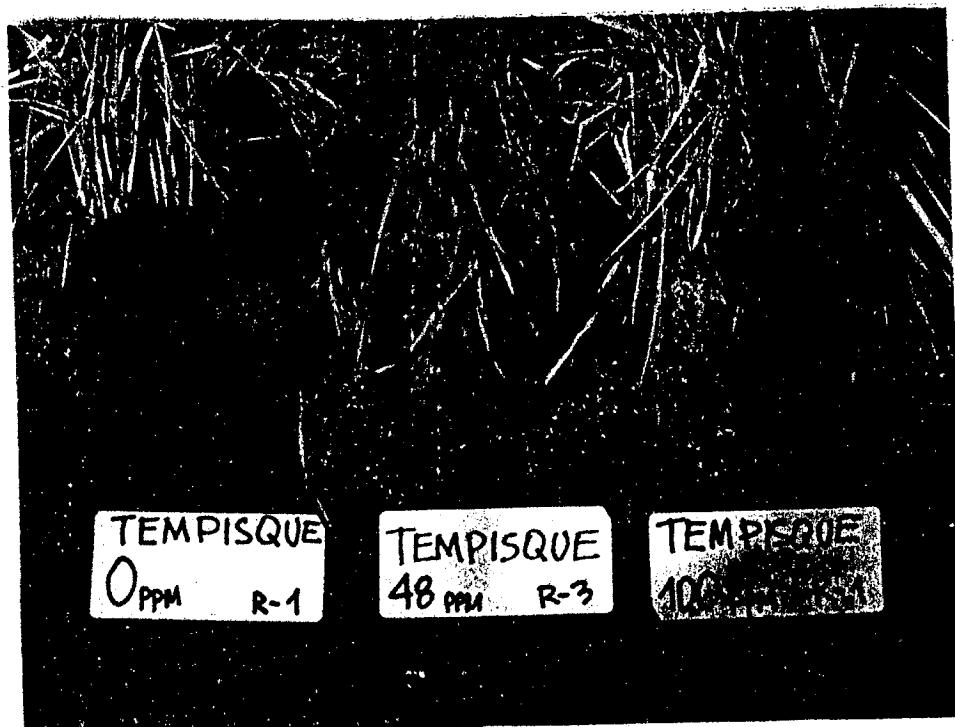


Figura 26.

Comparación del sistema radicular de la variedad Tempisque de Porte Bajo donde si observamos menos cantidad de raíces en la aplicación de 100 ppm de Aluminio.

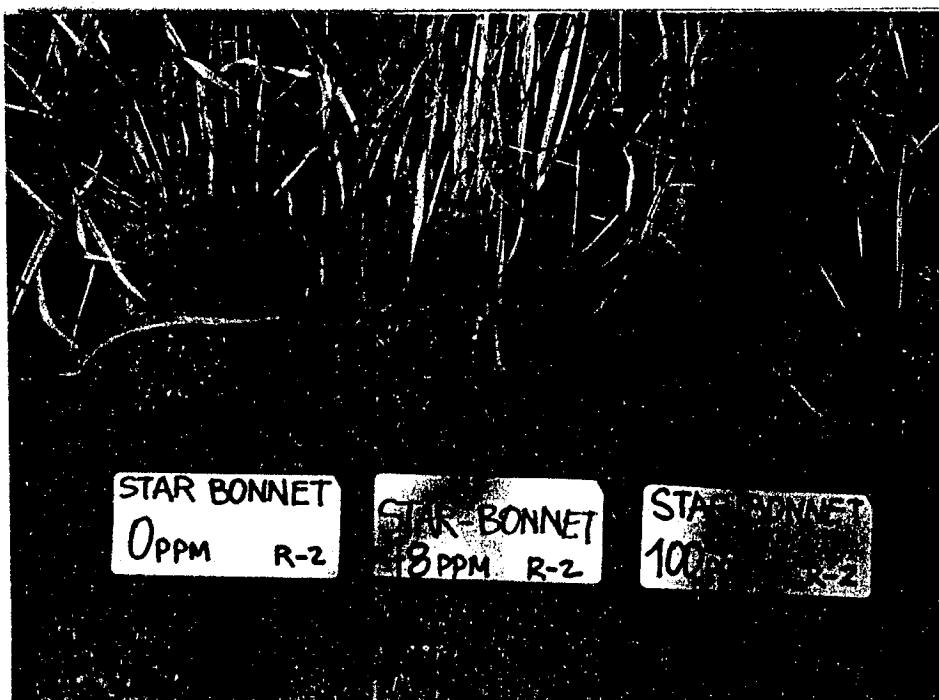


Figura 27

Comparación del sistema radicular de la variedad Star Bonnet de Porte Alto, se puede ver que no hubo diferencia en la cantidad de raíces en las tres aplicaciones de Aluminio.

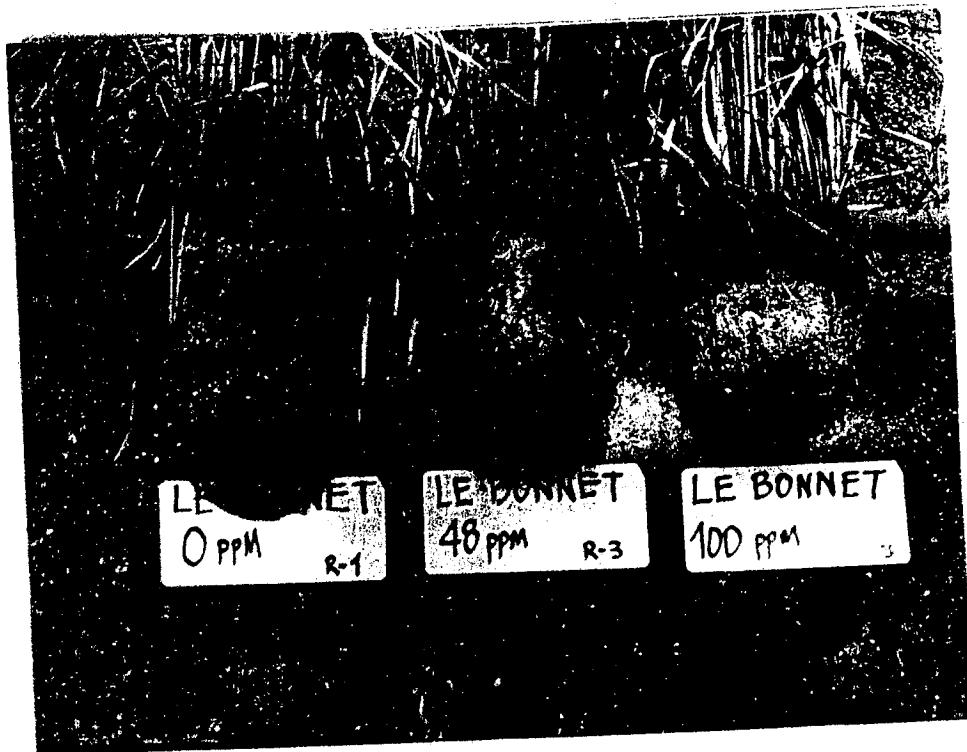


Figura 28

Comparación del sistema radicular de la variedad Le Bonnet de Porte Alto donde observamos diferencia en la cantidad de raíces desde la aplicación de 48 ppm de Aluminio.

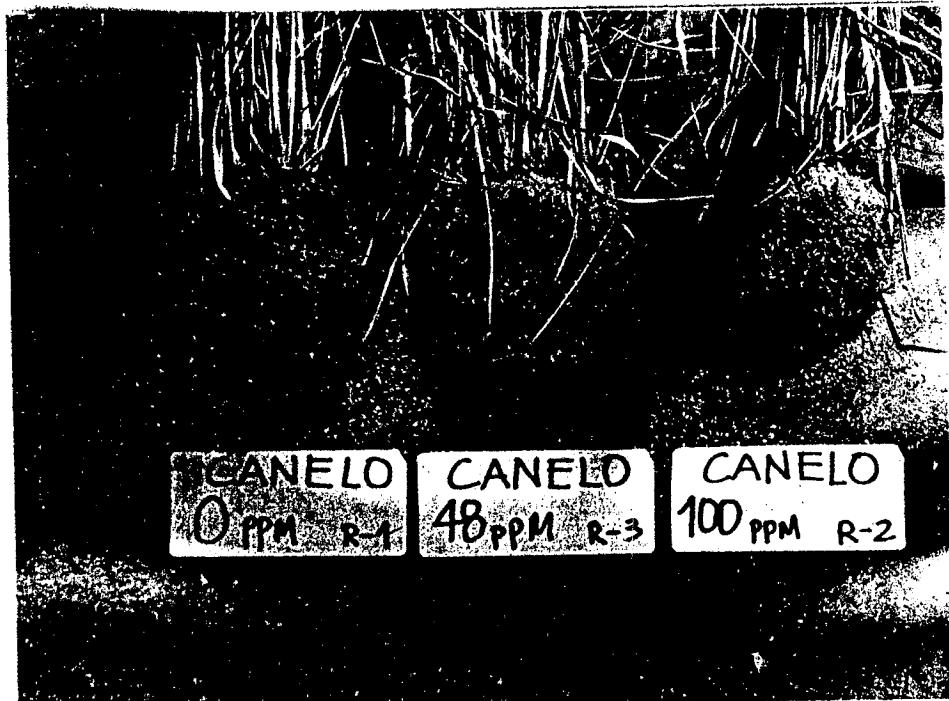


Figura 29

Comparación del sistema radicular de la variedad Caneo de Porte Alto en este caso se nota bastante diferencia en la cantidad de raíces en la aplicación de 100 ppm de Aluminio.

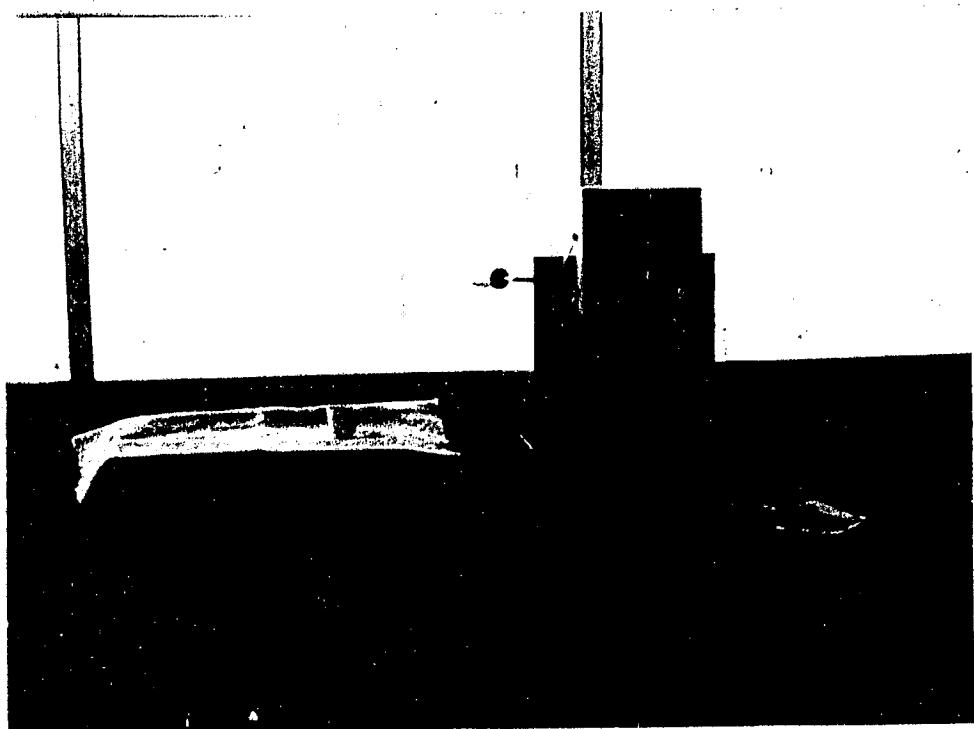


Figura 30

Observamos una plancha con su tela de asbesto para difundir el calor, dos crisoles, una mufla para calcinar las muestras, un guante de asbesto y unas pinzas.

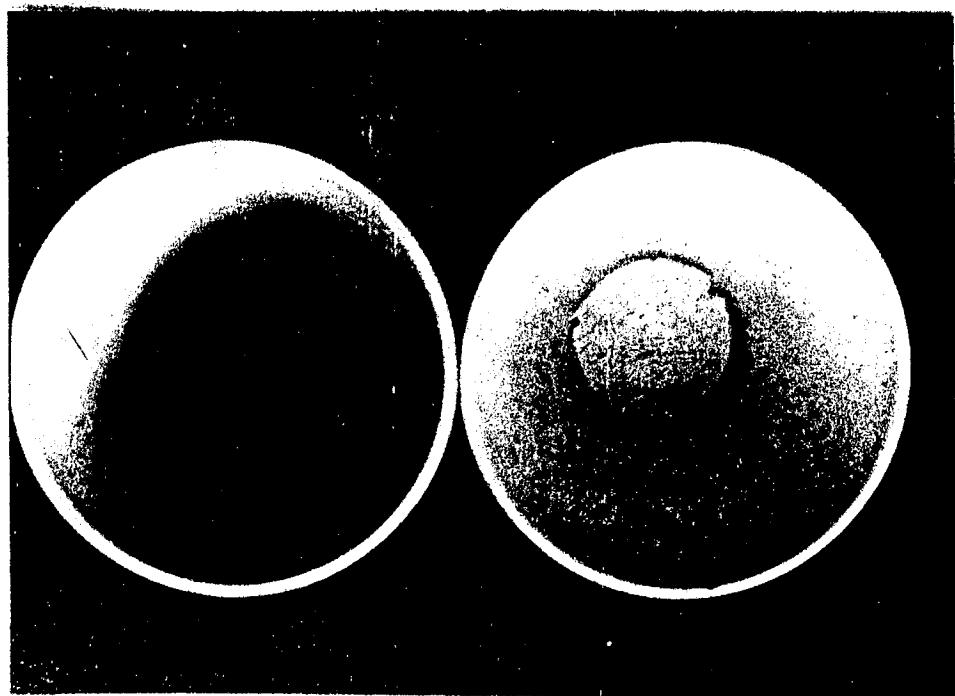


Figura 31

Vista de la forma en que queda la muestra, la ceniza negra se obtiene en la plancha, y la blanca luego de ser calcinada la muestra en la mufla.

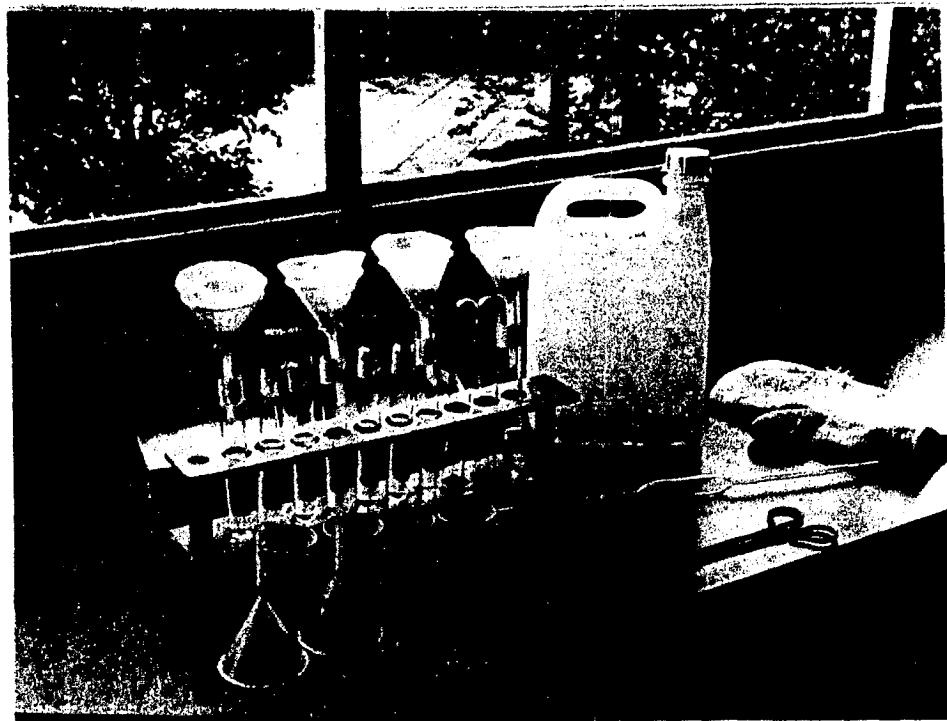


Figura 32

Forma como se obtienen las extracciones, filtrando las cenizas con ácido clorídrico 1 N.

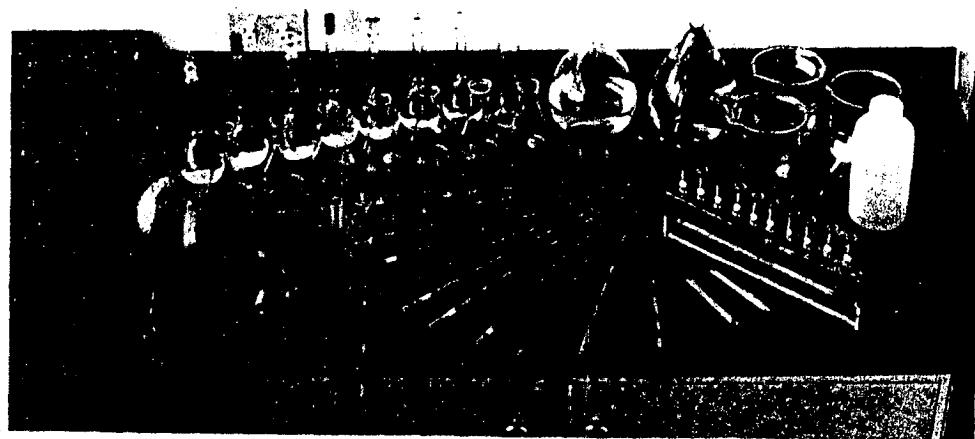
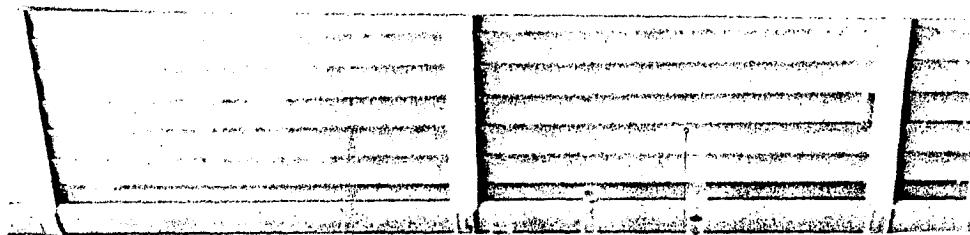


Figura 33

Cristalería utilizada para el análisis colorimétrico de Fósforo.

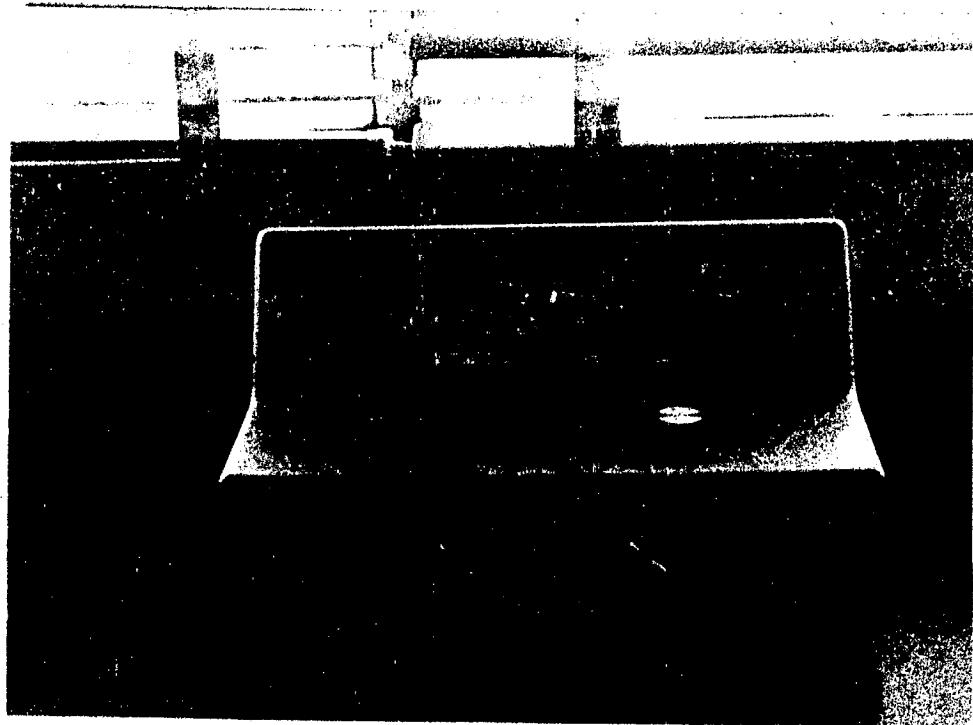


Figura 34

Colorímetro spectronic 20 utilizado para medir la absorbancia de luz para determinar el % de P.

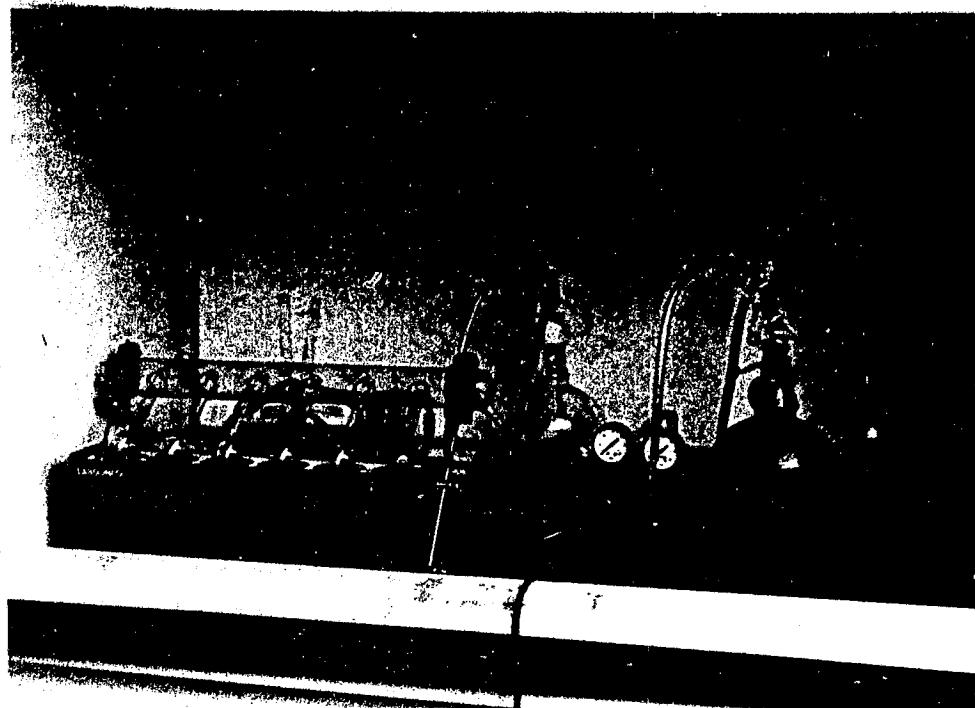


Figura 35

Micro Kendall con triple filtro para eliminar gases tóxicos, utilizados en la digestión de muestras para obtener el % N en la Planta.

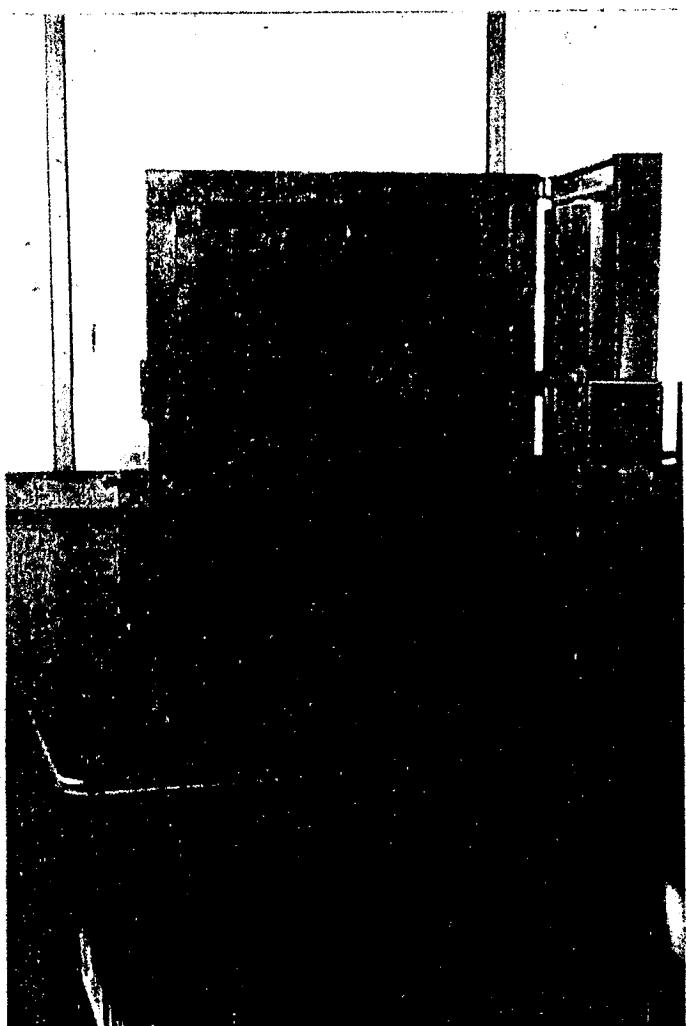


Figura 36

Horno de convección o de corriente con el cual se secaron las plantas

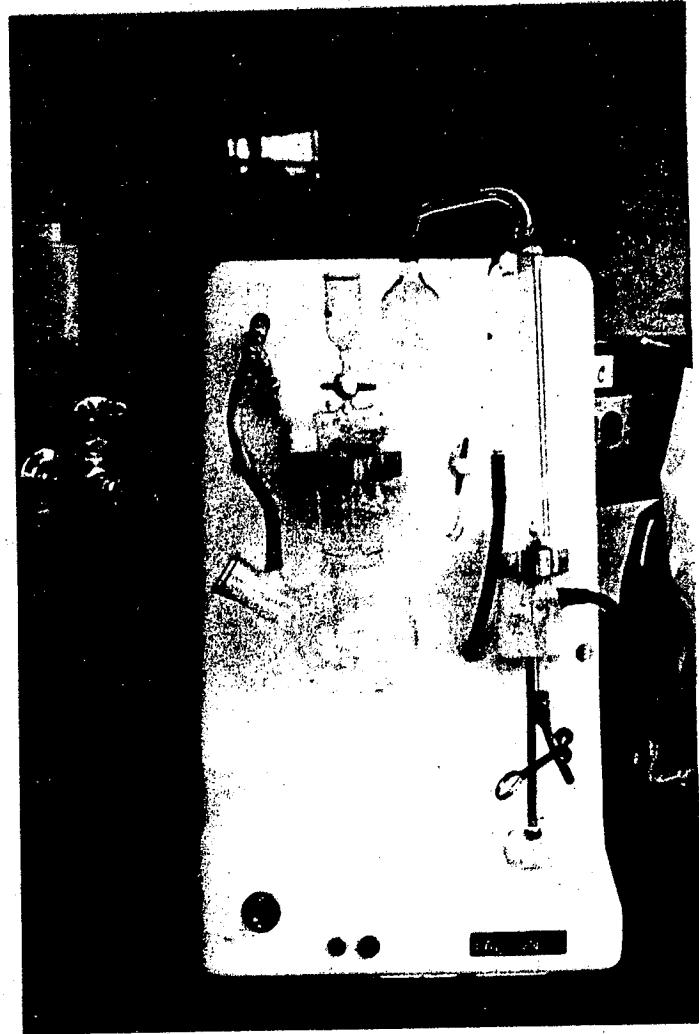


Figura 37

Destilador labconco utilizado para destilar las muestras ya digeridas en el micro Kjendall.

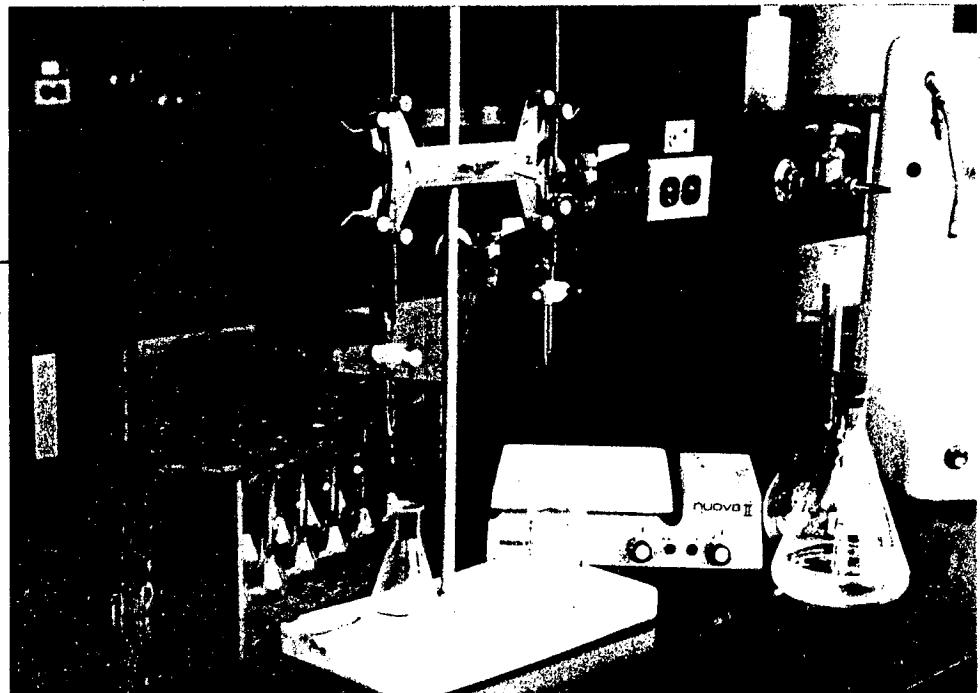


Figura 38

Equipo y cristalería utilizado para titular las muestras luego de ser destiladas, para determinar el % de N.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Referencia
Asunto

FACULTAD DE AGRONOMIA

1 Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

"IMPRIMASE"

ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
D E C A N O

