

SELECCION DE HIBRIDOS Y DOSIS DE FERTILIZACION
 PARA EL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays* L.) CON
 FERTI-IRRIGACION EN ANAHUAC, NUEVO LEON.

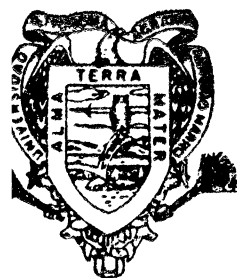


BIBLIOTECA
 VIDIO G. REBONATO
 BANCO DE TESIS
 U.A.A.A.N.

LEONARDO BARRERA FUENTES

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
 PARA OBTENER EL GRADO DE
 MAESTRO EN CIENCIAS
 EN RIEGO Y DRENAJE



**Universidad Autónoma Agraria
 Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

ABRIL DEL 2000

SELECCION DE HIBRIDOS Y DOSIS DE FERTILIZACION
 PARA EL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays* L.) CON
 FERTI-IRRIGACION EN ANAHUAC, NUEVO LEON.

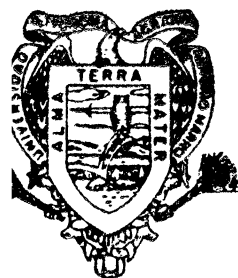


BIBLIOTECA
 VIDIO G. REBONATO
 BANCO DE TESIS
 U.A.A.A.N.

LEONARDO BARRERA FUENTES

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
 PARA OBTENER EL GRADO DE
 MAESTRO EN CIENCIAS
 EN RIEGO Y DRENAJE



**Universidad Autónoma Agraria
 Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

ABRIL DEL 2000

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

LECCIÓN DE HÍBRIDOS Y DOSIS DE FERTILIZACIÓN PARA EL
VO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) CON FERTI-IRRIGACIÓN EN ANÁHUAC,
NUEVO LEÓN.

TESIS

POR

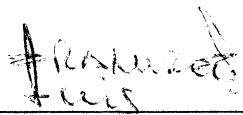
LEONARDO BARRERA FUENTES

da bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como
requisito parcial, para optar al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
EN RIEGO Y DRENAJE

COMITÉ PARTICULAR

Principal:



MC. Luis E. Ramírez Ramos




MC. Marco A. Arellano García



MC. Lindolfo Rojas Peña



MC. Fernando Borrego Escalante



Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Abril de 2000.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater "Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro" por darme la oportunidad de continuar con mi superación Personal.

Al CONACYT "Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología" por el apoyo y facilidades que me brindaron para realizar mis estudios de maestría.

Al INIFAP "Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Ganadera" y al Campo Agrícola Experimental Anáhuac N.L.", por permitir realizar el desarrollo de Tesis.

Al MC. Luis Edmundo Ramírez Ramos, por su asesoría y profesionalismo mostrado en la conducción de mis estudios así como la supervisión y ejecución del presente trabajo de investigación.

Al MC. Marco Antonio Arellano García, por permitirme formar parte de un proyecto de investigación, y por su valiosa asesoría y colaboración en la realización del presente trabajo.

Al MC. Fernando Borrego Escalante, por su apoyo e interés mostrado
rante el desarrollo de esta investigación.

Al MC. Lindolfo Rojas Peña, por su apoyo, revisión y valiosas
gerencias al presente trabajo.

Al Sr. José Luis, por su valiosa participación en el desarrollo del presente
bajo.

A la Sra. Margarita Zamora, por su valioso apoyo y colaboración durante
estancia.

DEDICATORIA

A mis Padres: Ma. Guadalupe Fuentes y Leonardo Barrera, con
ndo cariño y respeto por sus consejos y ejemplo y apoyo incondicional
nte mi formación profesional.

A mis Hermanos (as), Cuñadas (os) y sobrinos.

A mis compañeros y amigos, Orlando, Eduardo, Gerardo, Patiño, Raúl,
o Cesar, Jair de Jesús, Agustín, Anselmo, Catalina, Fabiola, Matías, Queme,
icio, Flavio, Sato, Jaramillo.

Y en forma muy especial a mi Esposa: Bertha con cariño y respeto por su
rensi3n, apoyo y 3nimo brindado durante esta etapa de estudios. **a mi**
Maria Guadalupe, por ser mi orgullo, fuente de inspiraci3n y motivo de
:aci3n profesional y personal.

COMPENDIO

lección de híbridos y dosis de fertilización para el cultivo de maíz
(*Zea mays* L.) con Ferti-irrigación en Anáhuac, Nuevo León.

POR

LEONARDO BARRERA FUENTES

MAESTRIA

RIEGO Y DRENAJE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. ABRIL 2000.

MC. Luis E. Ramírez Ramos - Asesor -

Clave: Ferti-Irrigación, maíz, híbridos, densidades, análisis de
crecimiento.

incremento en demanda de alimentos de la población cada vez mayor
uctos alimenticios tanto en cantidad como en calidad, es necesario
ntar nuevas tecnologías que permitan alcanzar mayor producción, y

nal y eficiente del agua, para alcanzar mayor competitividad en el agrícola.

estudio se realizó en el campo agrícola experimental del INIFAP de N.L. El experimento esta integrado por dos partes: en el primero se n diferentes dosis de fertilización; y en el segundo se probaron es híbridos en densidades de población normal y alta.

las dosis de fertilización se probaron 3 dosis de fertilización: regional 9-69-00 una alta 270-69-270 y otra intermedia 195-69-135, con la adición onutrientes Mg-Zn-Fe-Mn, y un tratamiento de fertilización con de savia. En híbridos y densidades, se probaron cinco híbridos de dos nciales, en densidades de población normal (50,000 plantas ha⁻¹) y alta plantas ha⁻¹).

los tratamientos de fertilización, el IAF respondió a un incremento en zación de macronutrientes, y sin respuesta a la aplicación de los rimentos, con respecto a la TAN no tubo relación con IAF ni con el ento. En la calidad de grano se vio favorecida con fertilización media y g-Zn-Fe. El rendimiento aumento al incremento de fertilización rimentos, y de micronutrientes, en especial la dosis regional (baja) a n de Mg, que muestra una hambre oculta de este elemento.

En híbridos de densidad de población normal, los híbridos funcionales obtuvieron mayor IAF pero menor TAN, estos mostraron mayor ad de grano pero menor rendimiento. Y los híbridos recientes de la serie aunque desarrollaron menor IAF, obtuvieron mayor TAN que se formó en mayor rendimiento.

ABSTRACT

lection of hybrids and dose fertilization for the crop corn (*Zea mays* L) with
Ferti-irrigation in Anahuac Nuevo Leon.

BY

LEONARDO BARRERA FUENTES

MASTER OF SCIENCE

RIEGO AND DRAINAGE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. APRIL 2000.

MC. Luis E. Ramírez Ramos - Advisor -

words: Ferti-Irrigation, corn, hybrid, densities, growth analysis.

The increment in the demand of foods of the population each greater of
fishing products as much in quantity as in quality, it is necessary to
ement new technologies that allow to reach greater production, and

ial and efficient use of the water, to reach greater competitiveness in the cultural sector.

The study to make in the agricultural experimental field of the INIFAP of Huac N.L. The experiment this composed by two parts: in the first were tested several dose of fertilization; and in the second were proven different densities of normal and high population.

In the dose of fertilization were proven 3 dose of fertilization: regional 119-69-00 a high 270-69-270 and another intermediate 195-69-135, with the addition of Mg-Zn-Fe-Mn micronutrients, and a treatment of fertilization with analysis of sap. In hybrid and densities, were proven five hybrid of two commercial houses, in densities of normal population (50,000 plants ha⁻¹) and (75,000 plants ha⁻¹).

In the treatments of fertilization, the IAF responded to an increment in fertilization of macronutrients, and without answer to the application of the micronutrients, with concerning the TAN not tube relationship with IAF neither the yield. In the quality of grain was seen favored with half fertilization Mg, Mg-Zn-Fe. The yield increases to the increment of fertilization of macronutrients, and of micronutrients, special the regional dose (low) to the addition of Mg, that shows an occult hunger of this element.

In hybrid of density of normal population, the hybrids conventional got ter IAF but minor TAN, these showed greater quality of grain but minor l. And the hybrid recent of PW series although it developed minor IAF, they great TAN that it transform in greater yield.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	xiv
INDICE DE FIGURAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
REVISION DE LITERATURA	4
Generalidades del Maíz	4
Requerimientos Climáticos y Fotoperíodo	4
Requerimientos Edáficos	5
Requerimientos Hídricos	5
Altitud y Latitud	6
Nutrición del Maíz.....	6
Fertilización y Niveles de Nutrimentos	12
Riego por Goteo	14
Definición	14
Ventajas	15
Limitaciones	17
Control de la Humedad del Suelo	18
Ferti-Irrigación	20
Definición	20
Ventajas	21
Limitaciones	22
Factores que Influyen en la Ferti-Irrigación	24
Fertilizantes y Ferti-Irrigación	29
Comportamiento de los Nutrimentos en Ferti-Irrigación	35
Técnicas de Nutrición Vegetal utilizadas para dar seguimiento a la Ferti-irrigación	38
Análisis de Crecimiento	39
Parámetros del Análisis de Crecimiento	42

Trabajos Realizados	43
MATERIALES Y METODOS	47
Características del Sitio Experimental	47
Localización Geográfica	47
Características Climáticas	47
Características Edáficas	49
Características del Agua de Riego	49
Material y Equipo Utilizado	50
Materiales	50
Equipo	52
Métodos	53
Descripción de los Tratamientos	53
Análisis Estadístico	54
Establecimiento del Estudio de Campo	55
Variables Medidas	57
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
Manejo de Ferti-Irrigación con Análisis de Savia	65
Dosis de Fertilización	70
Análisis de Crecimiento	70
Peso Hectolítrico	77
Rendimiento	78
Híbridos y Densidades.....	80
Análisis de Crecimiento	80
Peso Hectolítrico	85
Rendimiento	86
CONCLUSIONES.....	88
REFERENCIAS.....	90
LITERATURA CITADA	92
ÍNDICE	97

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Página
.1	Temperaturas óptimas para el desarrollo del maíz	5
.2	Etapas de absorción de nutrimentos (kg ha ⁻¹)	13
.3	Rangos de suficiencia de los nutrimentos en planta	14
.1	Distribución de los tratamientos de dosis de fertilización	54
.2	Distribución de los porcentajes de nutrimentos según la etapa	58
.3	Distribución de los nutrimentos y fertilizantes según la etapa, de la dosis 119-69-0	59
.4	Distribución de los nutrimentos y fertilizantes según la etapa, de la dosis 195-69-135	59
.5	Distribución de los nutrimentos y fertilizantes según la etapa, de la dosis 270-69-270	60
.6	Micronutrimentos aplicados	61

ÍNDICE DE FIGURAS

ra N°	Página
Diagrama de Truog influencia del pH sobre la disponibilidad de los elementos	27
Croquis del establecimiento de los tratamientos	56
pH en la savia de la planta y en la solución del suelo	66
Conductividad eléctrica (mS m^{-1}) en la savia de la planta y en la solución del suelo	67
Contenido de NO_3 (ppm) en la savia de la planta y en la solución del suelo	68
Contenido de K (ppm) en la savia de la planta y en la solución del suelo	70
Índice de área foliar (IAF) de los tratamientos de fertilización	72
Tasa de asimilación neta (TAN, $\text{mg cm}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) de los tratamientos de fertilización	74
Índice de eficiencia de área foliar (IEAF) de los tratamientos de fertilización	76
Peso hectolítrico de los tratamientos de fertilización	78
Rendimiento (kg ha^{-1}) de los tratamientos de fertilización	79
Índice de área foliar (IAF) de híbridos y densidades	81
Tasa de asimilación neta (TAN, $\text{mg cm}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) de híbridos y densidades	83
Índice de eficiencia de área foliar (IEAF) de híbridos y densidades ..	84
Peso hectolítrico de híbridos y densidades.....	86
Rendimiento (kg ha^{-1}) de híbridos y densidades	87

INTRODUCCIÓN

La parte norte de México se caracteriza por contar con zonas áridas y semiáridas, de clima seco a semiseco, además de lluvias escasas y erráticas durante todo el año, por esta razón la producción agrícola se ve seriamente afectada por la escasez del recurso vital que es el agua.

Frente a una creciente demanda de alimentos de la población cada vez mayor, de productos alimenticios tanto en cantidad como en calidad, es necesario implementar nuevas tecnologías que permitan alcanzar una mayor producción, sobre todo con un uso más racional y eficiente de los recursos disponibles, para lograr mayor competitividad en el sector agrícola.

Una de las técnicas que permiten un mejor aprovechamiento y conservación del agua, es el riego por goteo; este, por sus bondades permite implementar otra técnica que es fertilizar al mismo tiempo del riego, conocido como "riego con fertilizantes". Las ventajas de este sistema es el importante ahorro de agua, mano de obra, además es posible lograr una mejor dosificación y conservación del agua y de nutrimentos.

Siendo el maíz uno de los productos básicos y pilar de la dieta en la alimentación del pueblo mexicano, hace necesario utilizar las nuevas tecnologías que den al cultivo las condiciones óptimas para su máximo desarrollo y producción, además de utilizar nuevos materiales genéticos que se adapten a las condiciones adversas de clima que en esta zona se presenta.

El Distrito de Riego 04 "Don Martín", se caracteriza por pertenecer al tipo de climas secos y semisecos, con lluvias escasas y erráticas todo el año; la precipitación anual varía de 300 a 600 mm y la temperatura media anual es superior a los 22 °C. A raíz de la escasez del agua en este Distrito, surgió la necesidad de llevar a cabo el presente proyecto con la finalidad de hacer un uso eficiente del agua.

Objetivos

terminar el efecto del incremento en la cantidad de Nitrógeno (N) y Fósforo en la producción del cultivo de maíz bajo condiciones óptimas de humedad.

Objetivo Específico: Comparar la ferti-irrigación tradicional contra la ferti-irrigación con manejo de savia.

Identificar el efecto de los principales micronutrientes en la producción del cultivo de maíz bajo condiciones óptimas de humedad.

Determinar los híbridos de maíz y densidades de población de mayor rendimiento bajo sistemas de ferti-irrigación.

Objetivo Específico: Comparar híbridos recientes de serie PW contra híbridos convencionales.

Objetivo Específico: Determinar los rendimientos con densidades de población normal y alta.

Hipótesis

El aumento en la fertilización nitrogenada y potásica aplicados mediante ferti-irrigación en condiciones óptimas de humedad incrementa la producción del cultivo de maíz.

El uso de análisis de savia para el manejo en el Ferti-irrigación incrementa la producción del cultivo de maíz.

El uso de materiales híbridos con densidades altas de población incrementa la producción del cultivo de maíz.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del Maíz

El cultivo de maíz tiene un origen geográfico inexacto, aún cuando sus evidencias lo sitúan en el sur de México y centro América. Es una planta anual de gran desarrollo vegetativo, muy robusta, su nombre botánico es *Zea mays*; es de régimen anual, su ciclo vegetativo oscila entre 80 y 200 días. Existen variedades enanas de 40 a 60 cm de altura, hasta las gigantes de 200 a 300 cm, el maíz se utiliza principalmente para la alimentación humana en la mayoría de las regiones del mundo (Robles, 1990).

Requerimientos Climáticos y Fotoperíodo

Llanos (1984) cita que el maíz, es uno de los cultivos de más alto nivel de respuesta a los efectos de la luz; de este hecho depende principalmente su elevado potencial productivo. El maíz, es de un clima relativamente cálido; para la buena producción, la temperatura debe oscilar entre 20 y 30 °C, la óptima depende del estado de desarrollo (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1 Temperaturas óptimas para el desarrollo del maíz.

Etapa vegetativa	Mínima	Óptima	Máxima
Germinación	10 ° C	20 a 25 °C	40 ° C
Crecimiento vegetativo	15 ° C	20 a 30 °C	40 ° C
Floración	20 ° C	21 a 30 °C	30 ° C

En la floración, las temperaturas superiores a 30 °C tienden a provocar inflorescencia masculina más temprana que la femenina, y a temperaturas inferiores de 20 °C, la inflorescencia femenina aparece más temprano que la masculina (Llanos, 1984).

Requisitos Edáficos

El maíz, necesita suelos profundos y fértiles, de textura media (francos), que permiten un buen desarrollo del sistema radicular, con una mayor eficiencia en la absorción de humedad y nutrientes del suelo. Puede cultivarse en suelos con un pH de 5.5 a 8, el óptimo es ligeramente ácido entre 6 y 7 (Llanos, 1984).

Requisitos Hídricos

El abastecimiento de agua, es uno de los principales factores que limitan el crecimiento y producción de maíz, se considera que el cultivo requiere aproximadamente 750 lt kg⁻¹ de grano producido, el cultivo utiliza el agua más eficientemente que cualquier otro, excepto el sorgo (Robles, 1990).

ud y Latitud.

Las variedades de maíz crecen bien entre límites latitudinales amplios, en misferio Norte se limitan por el paralelo 58°, y en el Sur por el paralelo 40°. Ititudes desde el nivel del mar hasta 4,000 metros (Robles, 1990).

ición del Maíz

Mills y Benton (1996) indican que el crecimiento, desarrollo y imiento de los vegetales, se determina en gran medida por la onibilidad de elementos químicos para su nutrición, estos se dividen en onutrimientos (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, o, Magnesio Y Azufre) y micronutrimientos (Fierro, Zinc, Cobre, zaneso, Molibdeno, Boro Y Cloro).

Mills y Benton (1996), Rodríguez (1996) y Narro (1999) señalan las terísticas y funciones de los macronutrimientos (N, P y K) en la planta.

ogeno (N). Las etapas de mayor absorción de N son en brotación, nimiento y llenado de grano, cuando se aproxima al momento de la floración sorción de N crece rápidamente. Se absorbe como nitrato NO_3^- , amonio y urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, tiene movilidad alta tanto en suelo como en planta.

El N participa en la síntesis de aminoácidos, proteínas y clorofila; es un componente importante de enzimas, cromosomas, hormonas y vitaminas. Es necesario para la fotosíntesis, influye en el desarrollo del follaje (tallos y hojas).

Los síntomas de deficiencia de N se manifiesta con hojas color verde oscuro y las inferiores amarillas (clorosis) y secas por una disminución en la concentración de clorofila, también produce tallos delgados y largos.

Un exceso de N produce bajo rendimiento debido a un pobre desarrollo de raíces, además, retarda el proceso de la floración de las plantas, y la maduración de los frutos.

La absorción de nitratos estimula la absorción de cationes, pero los Cl⁻ restringen la absorción de nitratos. El exceso de amonios puede restringir la absorción de calcio y potasio.

Fósforo (P). Las etapas de mayor demanda son en crecimiento inicial, prefloral, y final de la maduración. Se absorbe como fosfato monobásico $H_2PO_4^-$ y dibásico HPO_4^{2-} , presenta alta movilidad en los tejidos vegetales, pero es poco móvil en el suelo.

El fósforo es un componente de proteínas y nucleoproteínas; participa en procesos de transferencia metabólica y transporte de energía. Estimula la ración y crecimiento de raíces, acelera la germinación de la semilla, violenta aduración de los frutos y estimula la producción de granos.

Las plantas deficientes crecen lentamente y presentan hojas, tallos de r verde muy oscuro, las puntas y bordes de las hojas son de color rojizo pura, pobre crecimiento de raíces y rendimiento reducido.

Los problemas del fósforo en el suelo son muy complejos y además, de reaccionar con Fe, Zn, Cu, Mn y Ca y formar compuestos insolubles.

asio (K). Las etapas de mayor absorción son en floración, prefloración y ado de grano. Se absorbe en forma catiónica K^+ , presenta alta movilidad en los vegetales, sin embargo su movilidad en suelo es media.

El potasio interviene en la formación y transporte de azúcares y almidón, esis de proteínas. Cataliza reacciones, neutraliza ácidos orgánicos y opera mas (formas sales con ácidos orgánicos e inorgánicos en las células, que niten regular el potencial osmótico celular, y regular el contenido de agua en lanta). Es un factor determinante del crecimiento de tallos y de las hojas, y enta el tamaño y calidad de grano y semilla.

Las plantas deficientes presentan hojas viejas moteadas, con puntos verde do, necróticas o curvadas, con márgenes y puntas quemadas. Con sistema cal y tallos débiles, y reduce el tamaño y calidad de la semilla.

El potasio requiere estar en equilibrio con Ca y Mg para que la absorción llos no sea inhibida.

Castellanos *et al.* (1999) y Narro (1999) mencionan las características de y iones los nutrimentos (Mg, Zn, Fe y Mn) en la planta.

magnesio (Mg). La mayor absorción de magnesio se da en el desarrollo etativo inicial. Se absorbe en forma catiónica Mg^{2+} , presenta alta movilidad plantas, sin embargo su movilidad en el suelo es media.

El magnesio forma parte de la molécula de la clorofila, y sirve como ctor de la mayoría de las enzimas que activan los procesos de fosforilación. icipa en síntesis de ARN y proteínas, es necesario para la formación de ares. Ayuda a regular la asimilación de potasio y calcio, y actúa como porte de fósforo en la planta y promueve la formación de aceites y grasas. más, Influye grandemente en la formación de las semillas.

Los síntomas de deficiencia se observan como una clorosis intervenal en hojas viejas, y en casos severos también en hojas jóvenes, que pueden desarrollar áreas necróticas. Su deficiencia puede ser causada por exceso de calcio o potasio, por lo que se debe cuidar su equilibrio entre estos.

Zinc (Zn). Se absorbe en forma catiónica Zn^{2+} , presenta baja movilidad en suelo y tejidos vegetales.

El zinc participa en la síntesis de clorofila, proteínas y carbohidratos, regulador de auxinas, división y elongación celular, formación de la pared celular, en la formación y maduración de la semilla, desarrollo de la raíz.

Las plantas deficientes tienen raíces anormales, y franjas blancas o amarillentas (clorosis intervenal) en las hojas nuevas y desarrollo de coloración púrpura en el envés. La deficiencia aparece en las primeras etapas de desarrollo V3 a V6, luego de V6 a V12, provocando acortamiento de entrenudos si la deficiencia es muy severa. La mazorca se presenta graneada por fallas en la llenadura sobre todo en condiciones de clima seco y alta temperatura.

El Zn reacciona fuertemente con fosfatos y se fija, y un exceso de Zn puede ocasionar deficiencias de hierro.

Fierro (Fe). El fierro es tomado por la raíz en forma ferrosa Fe^{2+} y férrica Fe^{3+} o quelato, presenta baja movilidad tanto en suelo como en planta.

El fierro es un componente básico en varios sistemas enzimáticos y de la proteína ferredoxina, y se utiliza para la reducción de sulfatos y nitratos, así como para la síntesis de clorofila y de proteínas en zonas meristemáticas.

Las plantas deficientes presentan clorosis intervenal de las hojas nuevas a lo largo de toda la hoja hasta ponerse casi blanco entre las nervaduras; se ve reducida la longitud total de la hoja. Esta deficiencia es rara por que el maíz no requiere gran cantidad de Fe, la diferencia genética es notable especialmente en los híbridos, se reduce la producción de mazorcas.

Manganeso (Mn). Este elemento se absorbe en forma catiónica como Mn^{2+} y Mn^{4+} , tiene movilidad baja en el suelo y media en planta.

El manganeso sirve como agente reductor para cambiar minerales oxidados y minerales ferrosos en la planta, ayuda en la síntesis de la clorofila y es esencial en la fotosíntesis, asimilación y transporte de N, P, Ca, y Mg. además, participa en la formación de riboflavina, ácido ascórbico y carotina, asimismo se atribuye importante papel en la germinación y madurez fisiológica del grano.

Las deficiencias de manganeso, se observa similar a la de Fe con clorosis herenal en las hojas nuevas, solo que las franjas cloróticas son intermitentes y en la apariencia de un collar, y venas verde pálido, si el daño es severo el tejido clorótico muere y se desprende, las mazorcas son muy delgadas.

La disponibilidad del Mn disminuye al incrementarse el pH del suelo, además reacciona con fosfatos y se fija.

Fertilización y Niveles de Nutrientes

La meta de la fertilización balanceada, es la de suplir al cultivo los nutrientes en la época correcta, en cantidades y relaciones adecuadas para reemplazar los nutrientes removidos por el sistema, estas condiciones deben ajustarse a las demandas de nutrientes del cultivo. La sincronización entre el suministro de nutrientes y la demanda mejora la eficiencia del uso de los fertilizantes (Espinosa, 1995).

Bowen y Kratky (1990) afirman que al mantener disponible la cantidad óptima de nutrientes es una labor complicada debido a que las necesidades de los distintos elementos varían a lo largo del ciclo. Toman como ejemplo al cultivo del maíz en donde buscan un rendimiento de 11 ton ha⁻¹, lo cual requerirá una dosis de 269-50-269. Estos autores dividen al ciclo de crecimiento

maíz en las siguientes etapas: de 1 a 25 días "temprana", de 26 a 50 días "madureza", de 51 a 75 días "floración femenina", de 76 a 100 días "grano" y de 101 a 115 "madurez".

La cantidad de nitrógeno absorbido durante las etapas temprana, madureza, floración, grano y madurez son de 21, 94, 84, 54 y 16 kg ha⁻¹ respectivamente; dando un total de 269 kg de nitrógeno, correspondiendo estos valores a un maíz híbrido en particular. Por último argumentan que debe tomarse en cuenta que los rendimientos continúan aumentando y por lo tanto incrementarán la demanda de elementos nutritivos esenciales.

Soil and Fertilizer (1993) mencionan la absorción de nutrimentos y sus etapas, estos se muestran en Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2 Etapas de absorción de nutrimentos.

Etapas de crecimiento	Periodo en días	Absorción de nutrimentos kg/ha		
		N	P	K
Emergencia a 4 hojas	32	14	29	21
5 a 16 hojas	12	22	5	45
17 a 31 hojas	15	58	15	57
Formación de espiga	13	160	42	223
Madureza (flor femenina)	12	0	12	35
Formación de grano (ampolla)	18	20	14	14
Grano maduro (masoso)	31	128	50	49
Madurez	12	3	17	0
Total	146	405	184	444

Mills y Benton (1996) señalan los rangos de suficiencia de los nutrimentos planta, como los muestra en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3 Rangos de suficiencia de los nutrimentos en planta.

Macronutrimentos en por ciento			
	Crecimiento Inicial	Altura: < 12"	Antes de la Floración
	2.70 - 4.00	3.50 - 5.00	3.00 - 3.50
	0.25 - 0.50	0.30 - 0.50	0.25 - 0.45
	1.70 - 3.00	2.50 - 4.00	2.00 - 2.50
a	0.21 - 1.00	0.30 - 0.70	0.25 - 0.50
lg	0.20 - 1.00	0.15 - 0.45	0.13 - 0.30
	0.21 - 0.50	0.15 - 0.50	0.15 - 0.50
Micronutrimentos en ppm			
	Crecimiento Inicial	Altura: < 12"	Antes de la Floración
e	20 - 250	50 - 250	10 - 200
In	20- - 200	20 - 300	15 - 300
	5 - 25	5 - 25	47 - 25
u	6 - 20	5 - 20	3 - 15
n	25 - 100	20 - 60	15 - 60
lo	0.10 - 0.20	0.10 - 10.0	0.10 - 0.30

Riego por Goteo

finición

El riego por goteo, se define como la aplicación artificial del agua al suelo forma lenta pero frecuente y en pequeñas cantidades dirigidas directamente a zona radicular de las plantas donde se aporta a través de dispositivos mados emisores o goteros que proporcionan 2 a 10 lt hr⁻¹ con flujo gradual y

me. Dado que las aplicaciones son intermitentes permiten mantener al en condiciones óptimas de humedad durante el ciclo del cultivo (Rojas y es, 1994).

En este sistema de riego, además del elemento agua es posible nistrar fertilizantes y ciertos productos químicos como insecticidas, cidias, herbicidas y otros disueltos todos ellos en el agua. El agua es icida de forma continua desde un embalse o tubería con presión a cada a por una red de tuberías, previo filtrado hasta el elemento fundamental istema que es el emisor o gotero, donde se produce una descarga gota a (Del Amor *et. al.*, 1985).

ajas

García y Briones (1997) y Medina (1997) mencionan que con los sistemas ego por goteo se obtienen las siguientes ventajas:

orro del agua, ya que solo se humedece parcialmente el predio, alizándose el riego alrededor de la planta, por lo que se reducen las didas por evaporación y percolación profunda. Los ahorros de agua son l 50 por ciento respecto a los sistemas convencionales.

ntenimiento constante del nivel óptimo de humedad en el suelo.

horro de mano de obra: dado que la mayoría de sistemas de riego por goteo n permanentes o semipermanentes tiene muy bajos requerimientos de ano de obra.

uso óptimo de fertilizantes: el fertilizante es aplicado a través del sistema de riego por goteo utilizando un equipo especial. Así mismo se reduce las dosis de fertilizantes debido a su mayor eficacia.

posibilidad de regar en cualquier tipo de terreno (textura y topografía) por suelos arenados o pobres que sean.

menor crecimiento de malas hierbas: Esto se debe a que solo una fracción de la superficie del suelo es humedecida con este sistema, reduciéndose el área disponible para el crecimiento de hierbas y plantas no benéficas.

posible uso de agua salina, debido al mantenimiento de una presión osmótica baja que reduce el esfuerzo de la planta para obtener agua.

con el manejo adecuado del riego localizado, se consigue mantener un nivel constante de humedad en el suelo, además de que la formación del bulbo de riego permite menor cantidad de sales y más diluidas, debido a que el movimiento del agua hace que las mantenga en la periferia de este.

incremento de producción, adelantamiento de cosechas y mejor calidad de los cultivos.

permite realizar simultáneamente al riego, otras labores culturales, ya que al no haber zonas secas, no presenta obstáculo para desplazarse sobre el terreno.

no altera la estructura del suelo.

mitaciones

Rodríguez (1992) indica que los sistemas de riego por goteo también presentan limitaciones, estas son:

Alto costo de inversión inicial, por lo que existe una limitación de tipo económico en su aplicación a los cultivos. No todos los cultivos son tan rentables para justificar las fuertes inversiones que el goteo supone.

Problemas de obturación de goteros por partículas que arrastra el agua.

Dificultad de realizar lavados a profundidad y en toda la superficie.

La proliferación de algas puede entorpecer el manejo.

Disturbios causados por roedores (ratas, conejos, etc.)

Posibilidad de salinización del suelo cuando el manejo de este riego no es adecuado.

Como la irrigación es localizada, las raíces se concentran en un solo lugar ocasionando problemas de anclaje en la planta.

Necesidad de mayor preparación técnica del agricultor, precisa una mayor especialización por parte del agricultor

Necesidad de diseño y montaje de las instalaciones por personal altamente especializado.

Control de calidad de los materiales que se instalan.

En general, se puede afirmar que el éxito o fracaso de una instalación de riego localizado radica en el manejo del sistema; mediante el control de la humedad y del cultivo, tiene todo ello una clara incidencia en la productividad.

Control de la humedad del suelo

Rodríguez (1992) señala que el riego por goteo requiere una vigilancia constante de la humedad edáfica, el uso del tensiómetro posibilita una lectura precisa de esta humedad en las distintas profundidades del suelo, en el caso del riego por goteo el estado de la misma en el llamado "bulbo de humedad".

El tensiómetro, es un equipo que mide la fuerza con que es retenida el agua en el suelo, su comportamiento se puede comparar al de una raíz (edáfica), indicando en una escala graduada de cero a cien centibares el esfuerzo que efectúan las plantas para extraer el agua. El tensiómetro mide directamente la tensión de la humedad del suelo, esta tensión es la suma de la tensión superficial y la fuerza de absorción del agua en el suelo (Medina, 1997).

Para poder interpretar los resultados del tensiómetro, es necesario conocer el significado de las distintas lecturas (Cuadro 2.4).

4. Significado de las lecturas del tensiómetro.

b	Significado
)	Indica saturación del suelo, si se sigue regando el agua se perderá.
0	Indica capacidad de campo, esta lectura que debe mantenerse en el riego por goteo.
0	Indica la humedad útil o aprovechable, pero escasa para riego por goteo.
)	Indica deficiencia de agua

lectura de los tensiómetros debe tomarse diariamente y siempre a la hora, la más adecuada se considera a las primeras horas de la mañana. El riego por goteo debe regarse cuando el tensiómetro marque lecturas entre 0 y 100. En ferti-irrigación los niveles de humedad se deben mantener entre 70 y 80% de la capacidad de campo para que el fertilizante se solubilice. (Medina,

bloques de impedancia (resistencia). Rojas y Ramírez (1998) mencionan que la impedancia eléctrica, es el método basado en la propiedad de la resistencia eléctrica del agua, este fenómeno está en función del contenido de humedad del suelo, así mismo se les denomina bloques de resistencia de resistencia eléctrica por el material poroso de fabricación, en su interior contienen un par de bloques entre los cuales ocurre la conductividad eléctrica, al vez estos son conectados a un medidor de resistencia que proporciona la lectura. El principio de funcionamiento, se basa en colocar el bloque y entrar en contacto con las electrodos del suelo, la humedad tiende a moverse de un punto a otro hasta que el

al hídrico en el bloque se encuentra en equilibrio con el potencial hídrico

o. Antes de iniciar la toma de lecturas en el campo, es necesario efectuar
 ración del equipo.

Ferti-Irrigación

ión

Se entiende por ferti-irrigación a la aplicación de los fertilizantes y, más
 mente la de los elementos nutritivos que precisan las plantas
 amente con el agua de riego. Por lo tanto, se trata de aprovechar los
 s de riego como medio para la distribución de estos elementos nutritivos
 do el agua como medio de transporte en el que se disuelven éstos. No
 os métodos de riego permiten realizar la ferti-irrigación, ya que la
 il exigencia de esta técnica es obtener la máxima uniformidad en la
 ón de los fertilizantes. La ferti-irrigación se asocia con riegos localizados
 frecuencia (riego por goteo, exudación, microaspersión, y otros)
 guez 1996).

La ferti-irrigación consiste en proporcionar el fertilizante disuelto en el
 riego, distribuyéndolo uniformemente, para que prácticamente, cada
 agua contenga la misma cantidad de fertilizante (Moya, 1994).

ajas

Las principales ventajas de este sistema según Domínguez (1996), Peña y Biel (1998) son:

- aplicación precisa y oportuna de los productos fertilizantes y otros.
- adecuación de la dosificación de elementos nutritivos a las necesidades del cultivo a lo largo de su ciclo vegetativo, permitiendo controlarlos en función de los objetivos concretos de producción (volumen, calidad, proteínas, etc.).
- al aplicar los fertilizantes en forma soluble, estos son dirigidos en la zona donde se desarrollan las raíces. Asimilación eficaz de los nutrimentos al estar canalizados en la zona de máximo desarrollo radicular y de mayor absorción de agua.
- capacidad de reacción a las necesidades puntuales del cultivo en función de sus características de desarrollo vegetativo.
- excelente distribución de los elementos nutritivos en la superficie de cultivo.
- reducción de la compactación del suelo y del daño mecánico a los cultivos.
- posibilidad de realizar la aplicación de fertilizantes en el agua de riego sin las limitaciones propias de la fertilización tradicional, tales como mal tiempo, suelo húmedo, desarrollo de cultivo, y otros.
- reducción del peligro o riesgo de los operarios.

ontrol de la concentración de nutrimentos, evita el riesgo de lavado y pérdida de los mismos disminuyendo peligros de contaminación del medio ambiente

reducción potencial de los problemas de contaminación ambiental al no ser sustancias dispersadas por el viento.

reducción de las necesidades de productos, debido al momento oportuno de aplicación y a la mayor eficiencia.

• utiliza menos equipo y energía para aplicar los fertilizantes.

• reducen las labores agrícolas.

• requiere menos personal para supervisar la fertilización.

• posibilidad de utilizar aguas salinas con mayor grado de tolerancia que en otros tipos de sistemas de riego.

• costo reducido en la aplicación de fertilizantes.

• posibilidad de aplicar otros productos químicos (quimi-irrigación).

Limitaciones

La mayoría de las limitaciones citadas en la literatura no se deben en si al método, sino a un manejo incorrecto o a la ignorancia que exista acerca de los aspectos relacionados con la nutrición de las plantas. Para realizar un buen manejo de ferti-irrigación a través de la red de goteo, es necesario obtener

un buen diseño que permita un correcto control del mismo, ya que si el control es pobre, el control de los productos químicos no puede ser bueno.

Dentro de las limitaciones que se tienen con este tipo de tecnología, según Montiel (1998), y Moya (1994), estas son:

El mayor inconveniente es el costo de los equipos de ferti-irrigación y accesorios de seguridad.

Se necesita personal calificado, en el manejo, selección y dosificación de fertilizantes, así como para operar el sistema de riego.

Los fertilizantes solubles son caros.

Un otro inconveniente es el referido al medio ambiente, debido a que en sistemas mal diseñados, mal operados o con fugas se producen desperdicios de fertilizantes que contaminan los acuíferos o corrientes superficiales.

Hay riesgo al usar mezclas de fertilizantes.

Hay riesgo de precipitación y/o reacciones violentas de fertilizantes al mezclarlos, si no son compatibles entre ellos o con el agua de riego.

Hay problemas de taponamiento de los emisores si no se cuenta con un buen sistema de filtración.

Hay riesgo de salinización del suelo al usar aguas con alto contenido de sales y altas dosis de fertilizantes, sin los cuidados de lavados respectivos.

factores que Influyen en la Ferti-Irrigación

Burgeño (1994) y Peña y Montiel (1998) mencionan los factores que influyen en la ferti-irrigación son el tipo de suelo y la calidad del agua de riego.

Tipo de Suelo

Los principales factores del suelo que influyen en la ferti-irrigación son: la textura, la capacidad de Intercambio catiónico, la salinidad y el pH de la solución del suelo.

Textura: En este factor la ferti-irrigación con sistemas de riego presurizado, es más ventajoso en los suelos arenosos que en los arcillosos, específicamente en la fijación del nitrógeno. En el caso del fósforo, se mueve a mayor distancia en suelos arenosos que en los arcillosos.

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): La capacidad de intercambio catiónico (CIC), se considera muy baja cuando es menor de 5 meq lt⁻¹, baja de 5 a media de 15 a 20, alta de 20 a 40 y muy alta mayor de 40 meq lt⁻¹. En los suelos arenosos, tiene baja capacidad de intercambio catiónico, y no inhibe la fijación benéfica de los nutrimentos; en los arcillosos, la capacidad de intercambio catiónico es alta y puede inhibir el efecto de los nutrimentos.

Salinidad: Los fertilizantes son sales que, agregadas al agua de riego, forman una solución salina que se aplica al suelo. Se tiene efectos benéficos cuando las sales son fertilizantes y se dosifican sin exceder los límites de calidad del agua y además se prevé el sobreriego. Sin embargo, los efectos que producen las sales a las plantas cuando se sobrepasan los límites permisibles, son: el efecto de salinidad y el efecto tóxico (cloro, sodio y boro principalmente). Para evitar problemas con el efecto de salinidad se aconseja no sobrepasar una conductividad eléctrica de 3 dS m^{-1} .

pH de la Solución del Suelo: El pH del suelo influye en la capacidad de las plantas de absorber nutrientes; en general se considera de 6.5 a 7.5 como valores normales. Sin embargo, cada cultivo tiene un rango específico para su mejor desarrollo. El pH del suelo depende de la cantidad y tipo de cationes presentes; un suelo con pH bajo tiene pocos iones intercambiables, mientras los suelos alcalinos están cercanos a la saturación de bases.

Calidad del Agua de Riego

La calidad del agua depende de sus características físicas y químicas, así como de los problemas potenciales que puede generar a los cultivos, suelos y a los sistemas de riego, dando lugar al uso condicionado del agua de riego, sin embargo dependerá del cultivo y suelo específico de que se trate.

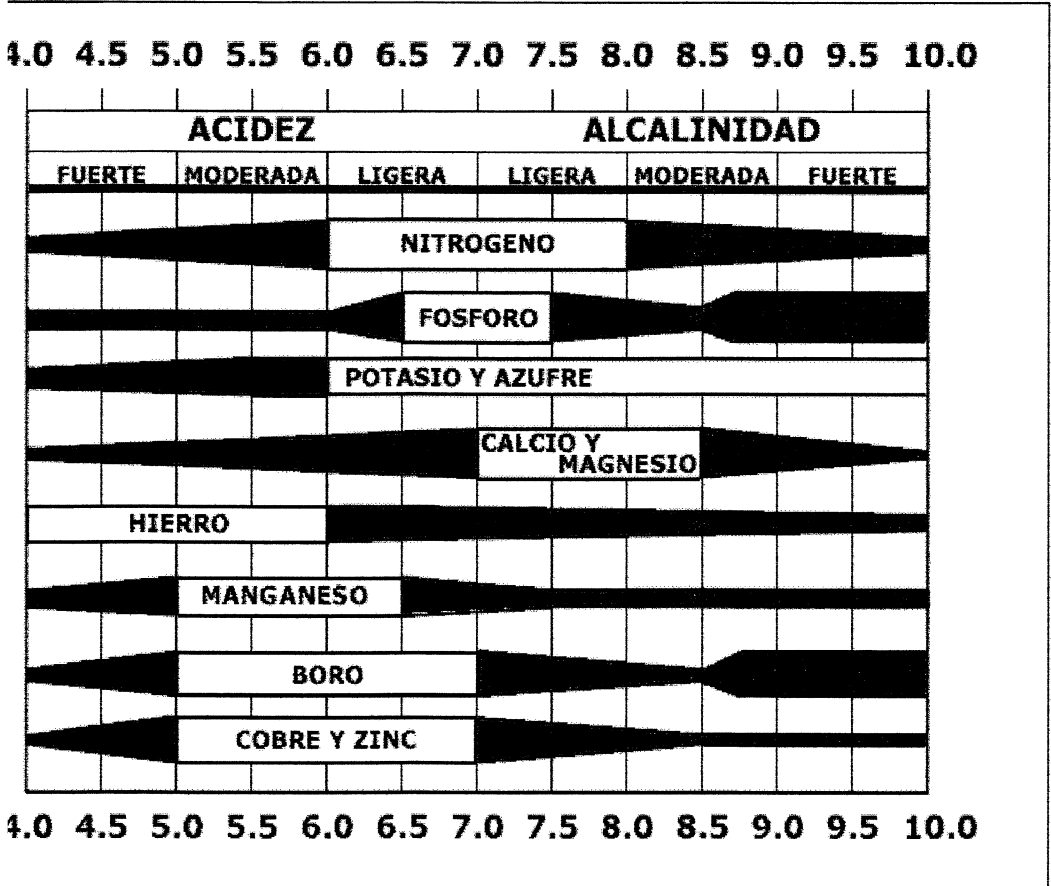
Características Físicas: En este aspecto, consideran a las sustancias que lleva en suspensión, como: tierra (arena, limo, arcilla), materia orgánica muerta (restos de plantas), y materia orgánica viva (insectos, plantas acuáticas, bacterias y algas). Los materiales sólidos de mayor densidad que el agua, se eliminan por sedimentación (con tanques decantadores o hidrociclones) y los materiales finos mediante filtración del agua.

Características Químicas: Existen diversas clasificaciones según los parámetros químicos que se analizan. En las características químicas, se consideran las sales diluidas en el agua de riego, en cantidad, en proporción de diversas especies y el pH del agua, a continuación se citan los índices más importantes.

El Agua de Riego: El pH es un valor variable entre 0 y 14 e indica la acidez o alcalinidad de una solución. Las sustancias capaces de ceder grupos hidrógeno (H) son ácidas, y las capaces de ceder grupos hidroxilo (OH) son básicas o alcalinas. La alcalinidad mayor de ocho se considera agua con problemas de uso en fertirriego, ya que hay peligro de que se presenten precipitados de calcio y magnesio o colaboran a que se eleve el pH del suelo a niveles en que los nutrientes no puedan aprovecharse.

Importancia del pH en los Cultivos: El pH de la solución nutritiva puede afectar el crecimiento vegetal de dos formas principalmente: la disponibilidad

nutrimentos, con los valores extremos de pH se produce la precipitación de los nutrientes permaneciendo en forma no disponible para las plantas; y la acidez de absorción de nutrientes por parte de las raíces, Todas las plantas vegetales presentan rangos característicos de pH en los que su nutrición es idónea, fuera de este rango, la absorción radicular se ve dificultada. Cuando la desviación es extrema, puede verse deteriorado el sistema radicular o incluso darse toxicidades (Figura 2.1).



2.1. Diagrama de Troug. Influencia del pH sobre la disponibilidad de los elementos.

en la Solución de Ferti-Irrigación: El pH en las soluciones de fertilización, tanto en el cultivo, suelo e hidroponía, debe ser tal que permita estar lejos la totalidad de los nutrientes sin dañar las raíces, evitando de este modo la formación de precipitados que pudieran causar obturaciones en los canales de riego e indisponibilidad para la absorción radicular de dichos nutrientes. El rango ideal de pH está entre 5.0 - 6.5, ya que prácticamente la totalidad de los nutrimentos son asimilables por la planta.

Contenido de Sales. La salinidad es la "la cantidad de sal disuelta en un litro de agua". La CE indica un contenido de sales únicamente, y que es posible utilizar aguas con niveles de CE relativamente altos para los cultivos y no tener problemas, ya que los iones que contienen no son tóxicos para éste, y al contrario, aguas de CE que aparentemente no darían problemas, pueden tener niveles relativamente altos de iones tóxicos y crear graves problemas. En la aplicación del agua debe considerarse la tolerancia de los cultivos a la salinidad, la textura del suelo y la posibilidad del lavado por drenaje natural o artificial.

Los límites se utilizan para interpretar los análisis de agua, sin embargo, es necesario tomar en cuenta el suelo y los cultivos. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) inhibe el efecto de toxicidad de los iones cuando es alta, sin embargo, cuando la CIC es baja el efecto de toxicidad puede ser directo. Los

cultivos presentan diferentes grados de tolerancia a los iones tóxicos por lo tanto deben tomarse en cuenta los cultivos tolerantes al nivel de contenidos de iones en el agua.

En general, en ferti-irrigación se aconseja manejar el pH de la solución del agua entre valores de 6 a 6.5, acidificándola si es necesario, esto con la ayuda de ácidos, donde normalmente se utiliza el ácido sulfúrico. Es necesario recordar que la concentración máxima de sales en la solución no debe pasar de 2 gr lt⁻¹.

Fertilizantes y Ferti-irrigación.

Características de los Fertilizantes.

Contenido de Nutrimiento: Es importante conocer el grado de cada material fertilizante, entre más cantidad de nutrimento tenga el material es mejor. El productor debe seleccionarlo en base a este contenido, y combinarlo con otros fertilizantes para lograr las cantidades totales de nutrientes que se desee aplicar, los fertilizantes utilizados en ferti-irrigación deben ser de máxima concentración (Venegas, 1998; Burgeño, 1994).

Solubilidad: Una de las características más importantes de los fertilizantes es el grado de solubilidad. Los fertilizantes deben ser muy solubles, al mismo tiempo

lectivos en su composición respecto a los elementos fertilizantes que se van a aplicar, de esta forma se aporta el máximo de elementos útiles y variados sin sobrepasar la concentración que es capaz de tolerar el volumen de agua con que se va a regar. Todos los fertilizantes utilizados en ferti-irrigación deben tener ser totalmente solubles en agua, con objeto de no obturar los emisores de aplicación de fertilizantes y los sistemas de filtrado, además de requerir una adecuada solubilidad a la temperatura normal de trabajo (Venegas *et al.*, 1998; Peña y Montiel, 1998).

Compatibilidad: En forma general, no se recomienda combinar o mezclar fertilizantes diferentes en las aplicaciones por medio de los sistemas de riego, sin embargo cuando se requiere mezclar fertilizantes para bajar costos de fertilización, se recomienda hacer antes una prueba de compatibilidad. La utilización de fertilizantes incompatibles entre si o con sustancias que se encuentran en el agua de riego producen reacciones entre ellos formando compuestos insolubles, que es necesario evitar, por lo tanto es necesario realizar pruebas de compatibilidad (Peña y Montiel, 1998; Domínguez, 1994).

Venegas (1998), menciona que los diferentes fertilizantes son sales que al disolverse generan iones con carga positiva o negativa, los diferentes iones pueden interactuar entre si y precipitarse (formando compuestos insolubles), con riesgo de no estar disponibles para las raíces, o con alto riesgo de taponar los emisores de riego.

zados, disminuyendo la eficiencia de los nutrimentos. Los microelementos pueden reaccionar con las sales del agua de riego formando precipitados por lo que resulta aconsejable aplicarlos en forma de quelatos.

Salinidad: El índice salino de un fertilizante, es la relación del aumento de la conductividad osmótica de la solución del suelo producido por un fertilizante, dividida con el aumento producido por la misma cantidad de nitrato de sodio basado en 100 el índice de salinidad del nitrato de sodio. Cuando mayor es el índice salino, mayor es la cantidad de sales que aporta el fertilizante al suelo y por tanto mayor el riesgo de salinización (Venegas, 1998; Medina, 1997).

Empaques: Es importante que los fertilizantes no contengan elementos o moléculas tóxicas ni indeseables, principalmente si estas son insolubles. La mayoría de los fertilizantes sólidos secos se fabrican con una cubierta que los protege de la humedad y facilita su manejo, por lo tanto es necesario realizar una prueba de permeabilidad, para evitar que queden impurezas y así evitar que esos materiales ocasionen taponamiento en mallas y emisores, a la vez deben de tener pureza química (no contener Al, Na, Pb, As y Co) (Venegas, 1998; Peña y Montiel, 1998).

ilizantes Utilizados.

Burgeño (1994) y Peña y Montiel (1998) mencionan que la posibilidad de riego conjunto de agua y fertilizantes a través de las instalaciones de riego por goteo, ha supuesto la utilización de nuevos productos como fuente de nutrientes sobre los que se han desarrollado una amplia gama de fertilizantes. Los fertilizantes utilizados en riego por goteo deben ser altamente solubles y de alta concentración y pureza.

Nitrogenados: En relación con los fertilizantes nitrogenados dada su alta solubilidad y pureza no supuso ningún problema la adaptación, y desde los primeros inicios del riego por goteo se utilizaban. Los fertilizantes nitrogenados con mayor frecuencia se utilizan en los sistemas de riego son: urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio y nitrato de calcio.

Fosforados: La fertilización por medio del agua de riego no se ha usado debido a la baja solubilidad de los compuestos de fósforo, además de su baja movilidad existe el peligro de precipitación al reaccionar con el calcio que puede contener el agua de riego y que produce el paso de fosfato monocálcico a dicálcico, además de la reducida movilidad en el suelo no obstante se ha comprobado que al aplicarlo en el agua mediante el riego por goteo su fijamiento en el suelo es mayor.

Potásicos. En cuanto a los fertilizantes potásicos, el sulfato y cloruro de potasio en nuestras condiciones no son aconsejables, por lo tanto debe utilizarse la única fuente de potasio libre de sales que es el nitrato potásico. La utilización de fertilizantes fosfatados totalmente solubles y la de nitrato potásico, supone que los precios sean más altos, si bien la alta riqueza y su mayor eficacia permiten reducir las dosis de aplicación, dando como resultado unos costos de fertilización similares e incluso inferiores a los del cultivo tradicional.

El cloruro de potasio se utiliza combinado con sulfato de potasio y magnesio, nitrato de potasio y fosfato de potasio, ante la presencia de calcio y magnesio en el agua de riego, el sulfato y los fosfatos pueden crear precipitados. Los fertilizantes de potasio deben probarse por solubilidad para evitar problemas de impurezas que puedan crear grumos y precipitados.

Micronutrientes: No hay evidencia del éxito en el ferti-riego con micronutrientes, por lo que no se recomiendan, aunque estos se pueden aplicar en forma de quelatos.

Venegas (1998) y Rodríguez (1996) señalan algunos de los fertilizantes de uso común:

Es una de las fuentes más comunes de mayor concentración de nitrógeno sólido siendo ésta de 46 por ciento de nitrógeno en forma amídica, es una sal cristalina, muy higroscópica y muy soluble en el agua (1 033 gr lt⁻¹). Presenta una residualidad ácida de 83 y residualidad salina de 75. La urea presenta varias ventajas sobre otras fuentes nitrogenadas dado su alto contenido de nitrógeno, esto disminuye costos de transporte y aplicación.

Urea: Es una sal de color blanco o café oscuro, tiene una concentración de 20.5 por ciento de nitrógeno en forma amoniacal y 24 por ciento de nitrógeno total. Es muy soluble en agua (730 gr lt⁻¹) y poco higroscópico, de fácil transporte y almacenamiento, no se atterra, tiene una residualidad ácida de 110 y residualidad salina de 69.

Urea: Es un material granulado de color blanco cremoso y muy higroscópico, su concentración es de 35 por ciento de nitrógeno (50 por ciento amoniacal y 50 por ciento nítrico), es muy soluble en agua (1,920 gr lt⁻¹) y tiene un carácter explosivo, tiene residualidad ácida de 60 y una alta residualidad salina de 105.

Urea: Es un material granulado de color blanco con una concentración de 15-16 por ciento de nitrógeno en forma nítrica y 28 por ciento de nitrógeno total, es muy soluble en agua (1,220 gr lt⁻¹) y es el más higroscópico de todos.

fertilizantes, presenta problemas de atterramiento sin embargo es de
 da utilización por las plantas, tiene un índice básico igual a 21 y su índice
 no es 65.

uro de Potasio: Es una sal roja o blanca, muy hidrosoluble (340 gr lt^{-1}) e
 oscópica, tiene una concentración de 50-60 por ciento de K_2O y 47 por ciento
 Cl. Es compatible con todos los fertilizantes existentes en el mercado, su
 ce salino es de 116.

ato de Potasio: Es una sal blanca finamente molida, es un complejo binario
 y soluble en agua (316 gr lt^{-1}) con una concentración variable: 14-00-34 y 13-
 4, su índice básico es de 26 y su índice salino de 74. el costo unitario
 imental es muy caro.

Comportamiento de los Nutrimientos en Ferti-Irrigación.

Burgeño (1994) y Peña y Montiel (1998) señalan el comportamiento de los
 tientes elementos.

trógeno (N). El nitrógeno en forma amoniacal queda retenido por los coloides
 suelo, si las dosis de aplicación no son muy altas. Consecuentemente su
 plazamiento no es muy grande, por lo que su concentración en las

nidades del goteo suele ser elevada. A medida que aumenta la dosis, se supera la capacidad de intercambio iónico de los coloides y en consecuencia su desplazamiento es mayor. Es bien conocido que el nitrato se mueve con mayor facilidad en el suelo por su extraordinaria solubilidad en agua. Este sigue normalmente el flujo del agua hasta el borde de la zona húmeda del suelo, es decir, del bulbo. Con el riego localizado, se obtiene una mayor concentración de nitrato en la zona de raíces que en los casos de riego superficial o mediante aspersión.

En ferti-irrigación, se comprende que su mayor utilidad se consiga con aplicaciones periódicas, en dosis bajas, a lo largo de la campaña de riego de acuerdo a las necesidades de las plantas y no de una sola vez. La urea, es un nutriente soluble en agua y no es absorbida fácilmente por el suelo, por ello resulta muy eficiente su utilización en ferti-irrigación. Esta se desplaza con el agua de riego y por lo tanto mediante un buen manejo puede colocarse en los lugares más fácilmente utilizables por las plantas. Es importante señalar que las plantas utilizan el nitrógeno principalmente en forma nítrica, por lo cual las aplicaciones de urea o amonio son aconsejables bajo condiciones de suelo y clima que favorezcan el proceso de nitrificación.

P). El fósforo es el elemento más difícil de aplicar, ya que, además de su baja solubilidad existe el peligro de precipitarse al reaccionar con el calcio

uede contener el agua de riego produciendo el paso de fosfato álcico a bicálcico. Por otra, parte aun utilizando aguas que no sean s, en los terrenos calizos se presenta el mismo problema, pues el fósforo retenido en la superficie y no es utilizado por las raíces. Para evitar estas taciones es conveniente acidificar ligeramente el agua de riego ndo ácido sulfúrico o ácido nítrico. El fósforo no se desplaza en el suelo á de 20 a 30 cm del punto de aplicación, ya que es fuertemente adsorbido coloides del suelo, este es un inconveniente en los abonos fosforados. No e, se ha comprobado que al aplicarlo mediante el riego por goteo su zamiento en el suelo es mayor que en cualquier otro sistema de aplicación que al aumentar su concentración se sobrepasa la capacidad de fijación lo.

(K). Al igual que el fósforo, el potasio se mueve muy limitadamente en o. El potasio suministrado es adsorbido en el complejo de cambio del La absorción de este elemento depende en gran parte de la humedad del hasta el punto que en suelos secos prácticamente no se produce. El imiento de una humedad constante como la que se obtiene mediante el acilita la absorción.

N
I
7
4
1501
178

Prácticas de Nutrición Vegetal utilizadas para dar seguimiento a la irrigación

Análisis Foliare. Uno de los parámetros que ayudan significativamente para el manejo de la fertilización de los cultivos es el diagnóstico foliar. Los análisis que se usan más satisfactoriamente para definir las necesidades nutricionales, los folíolos son usados para el análisis ya que son más sensibles a los cambios en el suministro de nutrientes y otros tejidos como raíces y brotes. Los análisis de la hoja indican los nutrientes que se absorben, mientras que los análisis del suelo indican el contenido de nutrientes, que están o no están disponibles para las plantas. Así mismo los análisis foliares pueden ser usados para identificar toxicidad, síntomas de deficiencias, para distinguir desórdenes nutricionales y otro tipo de daño de la planta. Un análisis de hojas detecta una deficiencia oculta, o sea un nivel de nutrición donde los síntomas de deficiencias no aparecen pero se refleja en la reducción de la producción (Cadañá,

Análisis de la Solución del Suelo. Al igual que los tensiómetros, es aconsejable trabajar con un conjunto de extractores de solución del suelo por lote de riego generalmente a 12, 18 y 24 pulgadas de profundidad. La colocación de los extractores con respecto a la línea regante y al emisor es similar a la de los tensiómetros, con la ayuda de los extractores de la solución del suelo se puede

ocer los niveles de pH, conductividad hidráulica, nitratos, y otros elementos presentes en la solución del suelo que son importantes para la nutrición de las plantas (Burgeño, 1994).

Análisis de Savia. Los análisis de savia nos permiten conocer el ritmo de nutrición como índice de la respuesta de la planta a los nutrimentos contenidos en el suelo o sustrato saturado con la disolución fertilizante. La evaluación de la respuesta de la planta permite efectuar correcciones y optimizar la nutrición durante el ciclo de cultivo. Por otra parte, se deben considerar los análisis de savia para cultivos leñosos, dado que los índices de reserva representados por el nitrógeno de aminoácidos y proteínas y la concentración de azúcares en la savia corresponde al jugo extraído de tejidos conductores, pueden servir como indicadores del estado nutrimental del cultivo (Cadahía, 1998).

Análisis de Crecimiento.

El crecimiento se caracteriza por un incremento en el peso seco o fresco, existe la duplicación del protoplasma, multiplicación celular, un aumento permanente en el volumen y un incremento de tamaño de diversos órganos de la planta. El crecimiento puede estudiarse de varias maneras; la más usual es medir alguna parte de la planta o la planta completa a diversos intervalos de tiempo.

La definición más precisa de crecimiento consiste en la acumulación de biomasa en términos generales (Hunt, 1989).

La metodología que con bases fisiológicas evalúa cuantitativamente el crecimiento de un cultivo, a través de intervalos definidos de tiempo, y que provee información de la producción de materia seca, se conoce como "análisis de crecimiento" (Blackman, 1919).

Para la construcción de un análisis del crecimiento se requiere de evaluaciones permanentes de la biomasa total, a través del peso seco de las diferentes partes de la planta (P), y de las dimensiones de la superficie asimilatoria a través del área foliar (AF).

Materia Seca. La materia seca es la resultante final del proceso fotosintético y de respiración, en esta la parte de los carbohidratos producidos en este proceso, no utilizados como material de construcción para la estructura de la planta (Tanaka y Yamaguchi, 1981).

La tasa de acumulación de materia seca en algunas especies es limitada por la disponibilidad del carbono, agua, nitrógeno, etc., pero en otras especies la tasa esta influenciada muy poco por estos factores, a no ser que estén ministrados en menor cantidad o por debajo de los valores normales. Para las

especies superiores, si algún factor es limitante, la expansión foliar, de pecíolos y o internodal son inhibidos, pero las hojas nuevas continúan apareciendo a una tasa exclusivamente en función de la temperatura (Mayaki *et al.*, 1976).

El rendimiento de grano en maíz es la integración de la materia seca en el grano. La tasa de duración del llenado del grano, ha sido sugerida por Frey como el factor mediante el cual debe ser mejorado a través de la selección y selección en el mejoramiento del rendimiento (Frey, 1982).

La planta de maíz tiene una alta influencia en el uso del agua en cuanto a producción de materia seca; entre los cereales, es potencialmente el cultivo de grano de mayor rendimiento (Doorenbos y Kassam, 1979).

Área Foliar. El área foliar, es uno de los parámetros más importantes en la evaluación del crecimiento de las plantas, de ahí que la determinación adecuada de este mismo sea fundamental para la correcta interpretación de los procesos de desarrollo de un cultivo. Existen diferentes métodos para estimar el área foliar, sin embargo, la mayoría de estos se aplican a las hojas frescas (González, 1990).

Francis *et al.* (1969) determinaron el área foliar en hojas de maíz y sugirieron una fórmula que el primero que utilizó la ecuación de largo por ancho máximo por el área, fue Montgomery en 1911.

Índices del Análisis de Crecimiento.

Con los valores de peso seco y área foliar en diferentes periodos de tiempo, se pueden calcular las siguientes medidas de crecimiento.

Índice de Área Foliar (IAF). El índice de área foliar, es una medida de la densidad de la planta mediante esta se puede conocer la proporción de la superficie foliar expuesta a la luz, en la cual ocurre la fotosíntesis. Es una medida relevante desde el punto de vista de la producción agrícola, esta es la relación entre el área foliar y la unidad de área del terreno (Crofts *et al.*, 1971; Gifford, 1992).

El Índice de Área Foliar óptimo ocurre cuando casi toda la luz disponible es interceptada y la relación es máxima. Un aumento del IAF más allá del "punto óptimo" sombrea las hojas inferiores y otras partes de la planta tan fuertemente que para otras funciones la respiración excede la fotosíntesis, con la caída de la tasa de asimilación neta "TAN" (Verhagen *et al.*, 1963).

Tasa de Asimilación Neta (TAN). Este parámetro, es uno de los más importantes dentro del análisis de crecimiento, por que mide en forma indirecta la fotosíntesis realizada por la planta a intervalos de tiempo, mide el aumento en el peso seco de la planta por área foliar unitaria. La TAN mide la

a neta de carbono solo durante el periodo de luz y se expresa en kg m^{-2} (Beadle, 1988; Hunt, 1989).

La eficiencia fotosintética de las plantas, se expresa en términos de la materia seca que es la cantidad de materia seca producida por unidad de hoja y por unidad de tiempo (Verhagen *et al.*, 1963).

La Eficiencia de Area Foliar (IEAF). Es la relación que existe entre el rendimiento de grano y el área foliar en antesis. Este parámetro nos permite evaluar la eficiencia foliar de un cultivo para producir y traslocar fotosintatos (Camp *et al.*, 1984).

Trabajos Realizados

Experiencias llevadas a cabo por Camp *et al.* (1995) por más de 14 años en la Eastern Coastal Plain con microirrigación para cultivos agronómicos, donde se demostró que los costos del sistema de riego por goteo pueden reducirse y hacerse rentables para estos cultivos mediante el uso de espaciamientos entre líneas más amplios (1.5 m). Sus resultados indican que las pruebas de espaciamientos entre líneas goteras para maíz, obtuvieron similares rendimientos en todos los espaciamientos laterales probados. Mencionan que

2
3
4
5
6

significa una factibilidad potencial para el riego por goteo en los cultivos de maíz, soya y algodón en el SurSoutheastern de USA.

Manges *et al.* (1995) mencionan que los costos de instalación de los sistemas de riego por goteo subsuperficiales son altamente dependientes del espaciamiento entre líneas de goteros. Ellos desarrollaron ecuaciones de selección que pudieran ser usadas para determinar el espaciamiento más económico entre líneas de goteros para el cultivo de maíz en un suelo franco del Northwestern de Kansas y áreas similares en clima.

Dhuyvetter *et al.* (1995) realizaron un análisis económico en la producción de maíz bajo el sistema de riego por goteo subsuperficial para examinar la viabilidad de estos sistemas en el Oeste de Kansas. El análisis reveló que este tipo de sistemas poseen menores ganancias que los sistemas de riego por pivote central; Por otra parte, mencionan que las ganancias económicas fueron relativamente insensitivas a los costos típicos de bombeo y a las eficiencias de aplicación pero fueron altamente sensitivos a la inversión inicial, duración del ciclo y al rendimiento de maíz.

Howell *et al.*,(1995) investigaron en Bushland TX, los efectos de la frecuencia, cantidad y método de aplicación del riego en el rendimiento del cultivo y eficiencia en el uso del agua en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en un

lo arcilloso y un ambiente semiárido. Los resultados indican que la frecuencia del riego y el método de aplicación (cintilla enterrada o superficial) es menos crítico que el propio manejo del riego para evitar déficit de agua que afectan al rendimiento del cultivo para este tipo de sistemas.

Lamm *et al.* (1995) iniciaron en la Universidad Estatal de Kansas, estudios para desarrollar metodologías de aplicación exitosas de los sistemas de riego por goteo subsuperficiales para la producción de maíz en un suelo franco-arenoso profundo del Oeste de Kansas. Los esfuerzos de investigación incluyeron: evaluación de los requerimientos de agua en el sistema de riego por goteo subsuperficial para maíz; el efecto de la frecuencia de aplicación del riego; la uniformidad del riego para varias longitudes y manejo del nitrógeno. Llegaron a la conclusión de que el riego por goteo subsuperficial para el cultivo de maíz en el Central Great Plains es una tecnología emergente de sondeo que está cambiando los factores económicos y ambientales.

Vuelvas *et al.* (1999) en un experimento de maíz híbrido H-358 con una densidad de 82,000 plantas por hectárea evaluaron la fertilización nitrogenada con dosis de 250 y 500 kg ha⁻¹, las fertilizaciones básicas fueron: 50-100-50 y 100-50-50 de N-P₂O₅-K₂O, aplicando el resto del N y 150 de K en fertirriego a lo largo del ciclo de cultivo. Los resultados obtenidos muestran un rendimiento de 18 ton ha⁻¹ con la dosis nitrogenada de 250 kg ha⁻¹ y 18 ton ha⁻¹ con dosis

trogenada de 500 kg ha⁻¹ con el riego por goteo y tan solo 8 ton ha⁻¹ en el estigo regional.

Tanaka y Yamaguchi (1981) en un trabajo de producción de materia seca componentes de rendimiento en maíz, encontraron que elevados valores de F generalmente ocasionan disminución en el número de granos por unidad de área foliar, teniendo como consecuencia reducción en el rendimiento.

Gerakis y Papacosta (1979) al trabajar con maíz y analizar los parámetros de crecimiento en función de la densidad de población, observaron que por unidad de área el peso seco y el IAF se incrementaron a medida que aumenta la densidad, y bajo estas condiciones se obtuvo la máxima tasa de crecimiento del cultivo.

Rutger *et al.* (1971) midiendo la eficiencia de algunos híbridos como la tasa de rendimiento en grano sobre el IAF, encontraron que los que presentaban IAF menor fueron más eficientes que los que presentaban IAF mayor.

Características del Sitio Experimental

Ubicación Geográfica

En la presente investigación se llevó a cabo en el “Campo Agrícola Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias” en la Ciudad de Anáhuac, Nuevo León”, ubicado en el área del Programa de Desarrollo Rural 01, situado en la parte norte del Estado de N.L., su ubicación geográfica está comprendida entre los meridianos $99^{\circ} 25'$ y $100^{\circ} 51'$ de Longitud Oeste y entre los paralelos $26^{\circ} 25'$ y $27^{\circ} 45'$ de Latitud Norte, con una altitud de 187 msnm.

Características Climáticas

El clima de la región de Anáhuac, según la clasificación de Köppen, y de acuerdo con García (1964) corresponde al tipo Bso, el cual indica que es una zona con clima semiárido a semicálida seca.

temperatura: La temperatura media anual fluctúa alrededor de 22 °C; con temperaturas medias mensuales máximas de 32 a 34 °C durante los meses de julio y agosto, y temperaturas medias mensuales mínimas que se dan entre 6 y 8 °C en los meses de diciembre, enero y febrero. Las temperaturas máximas se presentan de mayo a agosto, alcanzando hasta 46 °C.

precipitación: La precipitación total anual varía de 300 a 600 mm, y se presenta en períodos, la mayor incidencia de lluvias ocurren en el mes de septiembre con un promedio de 92 mm, y los meses de menor ocurrencia de lluvias son febrero, marzo, noviembre y diciembre con promedios de 16 mm.

vientos: Los vientos predominantes en la región son del sur este con una velocidad media anual de 16 a 23 km hr⁻¹. En los meses de febrero y marzo se presentan, por lo general con algunos días de anticipación bastante calurosos, aumentando de intensidad, iniciándose con dirección sur este, para cambiar finalmente por unas horas al sur oeste, desatándose después en toda su fuerza al Norte.

humedad Relativa: La humedad relativa alcanza su valor máximo en épocas de lluvia con el 85.6 por ciento, mientras que en la época de sequía muestra un mínimo de 44.2 por ciento.

icas Edáficas

uelo se clasifica según FAO-UNESCO modificado por la Dirección de el Territorio Nacional (DETENAL) como un Xerosol lúvico; según el e Clasificación Americano se ubica dentro del orden aridisol y rgid, suelos de zonas áridas con una capa superficial de color gris textura franco arcillosa de consistencia firme, con un drenaje interno pH de 7.2 a 8.6; muy pobres en humus, con cantidades bajas de algunas veces presentan aglomeraciones de cal; cristales de yeso o ra el sitio experimental se tomaron muestras y se analizaron en el o de Salinidad del Departamento de Riego y Drenaje de la d Autónoma Agraria Antonio Narro; que indican que es un suelo 3.2 por ciento de arcilla, 28 por ciento limo y 28.8 por ciento Arena), pH 7) alcalino y CE de 0.92 decisiemen por metro (dS m^{-1}).

icas del Agua de Riego

gua utilizada para el riego es neutra pH 7 y con una conductividad (CE) de 1.1 decisiemen por metro (dS m^{-1}), que corresponde a una n C3; es una agua de salinidad alta, no puede utilizarse en suelos con eficiente y cultivos tolerables a la salinidad, con prácticas especiales trol de la salinidad.

Materiales y Equipo Utilizado

les

rial vegetativo: Se utilizó semilla de maíz híbrido convencional: H-435, 6 e híbridos recientes de serie PW: P-3025-W, P-3044-W y P-3050-W.

-436: Son híbridos de cruza simple de ciclo intermedio con una altura de e 165–170 cm y 70–73 cm de mazorca. De 65–67 días a floración y 130– t madurez fisiológica. Color y tipo de grano; blanco semicristalino y , y blanco dentado (H-436). La densidad de plantas por hectárea es de nil, con buena cobertura de mazorca, resistente al acame, y a lades; *Mildiu Peronosclerospora sorghi*, carbón común *Ustilago maydis*, y n de mazorca, además tolera altas temperaturas durante la floración. as de riego donde se adapta es Coahuila, Nuevo León, Michoacán y pas (<http://www.sagar.gob.mx/users/pronase/productos/dvmaiz2.html>,

V: Es un híbrido de ciclo intermedio precoz, sobresaliente en potencial miento y velocidad de secado, una excelente calidad de grano, con a al acame y a enfermedades. Grano de color blanco, altura de planta de ltura de mazorca de 0.85 m, 79 días a la floración, 140 días a la cosecha,

densidad de siembra de 55-60 mil plantas por hectárea (Catálogo de Productos, 1997-98).

Descripción: Es un híbrido de ciclo intermedio precoz, su alta capacidad genética le permite responder con comportamiento excepcional bajo condiciones de manejo de cultivo, con tolerancia al acame y a enfermedades, grano de color blanco, altura de planta de 1.80 m, altura de mazorca de 0.80 m, 80 días a la floración, 145 días a la cosecha, y una densidad de siembra de 55-60 mil plantas por hectárea (Catálogo de Productos, 1997-98).

Descripción: Es un híbrido de ciclo intermedio precoz, sobresale por su buena arquitectura de tallos y raíz, permitiendo una cosecha sin problemas, tolerancia a enfermedades, grano de color blanco, altura de planta de 1.95 m, altura de mazorca de 1.0 m, 79 días a la floración, 145 días a la cosecha, y una densidad de siembra de 55-60 mil plantas por hectárea (Catálogo de Productos, 1997-98).

Diseño experimental: La parcela experimental constó de 26 camas experimentales de 45 m de longitud y 1.7 m de ancho, dando un total de 1,989 m².

Manejo de riego por cintilla: Se utilizó la cinta de riego T-Tape de 8 milímetros de espesor, y con goteros espaciados a cada 30 cm con un caudal de 1 lt hr⁻¹.

antes: El material fertilizante utilizado fue urea (46-00-00), nitrato de (12-44-00), super fosfato triple de calcio (00-46-00), y fertilizantes dos a base del agente quelatante etilen diamino tetra acético (EDTA), de magnesio (9 por ciento), quelato de zinc (9 por ciento), quelato de 9 por ciento), y quelato de manganeso (9 por ciento).

or de solución del suelo (Chupatubos).

hidráulica

s de vacío

a analítica

de mochila

e implementos agrícolas

ores de humedad del suelo: Tensiómetros y sensores de humedad.

oreo de elementos: Equipos Cardys Ion Meter de Ion Selectivo iles); Analizador de nutrimentos (NO₃ y K), medidor de pH y or de CE.

Métodos

Asignación de Tratamientos

El presente estudio está integrado por dos partes: en el primero se probaron diferentes dosis de fertilización; y en el segundo se probaron híbridos en densidades de población normal y alta.

Asignación de Fertilización: En ésta se establecieron las siguientes dosis de fertilización: la dosis mayor de fertilización se tomó de la propuesta por Bowen (1990) de 270-69-270; la dosis mínima fue la recomendada por el campo experimental: 119-69-0; y una dosis intermedia (195-69-135), con adición de nutrientes secundarios (Mg) y micronutrientes (Zn, Fe y Mn), esto debido a que los suelos son de origen calcáreo por lo que presenta problemas de ellos. Se probaron de uno a uno los elementos secundarios y micronutrientes a las tres dosis de fertilización, dio como resultado un total de 15 tratamientos, y un sexto extra, donde se monitorearon los niveles de nitratos y potasio, procurando mantenerlos a un nivel de 3,000 ppm (Cuadro 3.1). Estos tratamientos se establecieron, con la variedad regional H-435:

Distribución de los tratamientos de dosis de fertilización.

Tratamientos	N	P	K	Mg	Zn	Fe	Mn
	119	69	00				
	119	69	00	20			
	119	69	00	20	10		
	119	69	00	20	10	10	
	119	69	00	20	10	10	10
	195	69	135				
	195	69	135	20			
	195	69	135	20	10		
	195	69	135	20	10	10	
	195	69	135	20	10	10	10
	270	69	270				
	270	69	270	20			
	270	69	270	20	10		
	270	69	270	20	10	10	
	270	69	270	20	10	10	10
Control	Savia ppm						
	3000		3000				

Densidades: Se probaron los híbridos 3025-W, 3044-W, 3050-W, 30436, con densidades de población normales de 50,000 plantas por hectárea aplicando una fórmula de fertilización de 119-69-00. Para densidades de población alta, con 75,000 plantas por hectárea, se aplicó una dosis de fertilización de 270-69-270.

Estadístico

Fertilización: La magnitud de este estudio conducido mediante fertilización y considerando cuatro repeticiones, resultaría en un total de 66

os que también resultaría impráctico e imposible realizar las
es de fertilizantes en el sistema de riego, además de una gran cantidad
ones, válvulas y accesorios; dado lo anterior se prefirió manejar la
ria estadística mediante el franjeo de los tratamientos, es decir, se
16 tratamientos en franjas las cuales deberán tener un mínimo de 10
e libertad en el error para llevar a cabo las múltiples comparaciones
una prueba *t*-student y determinar la significancia de todos y cada
s tratamientos (Steel y Torrie, 1986).

y Densidades: En cuanto al análisis de este ensayo también se
las múltiples comparaciones mediante una prueba *t*-student y
ar la significancia de todos y cada uno de los tratamientos.

amiento del Estudio de Campo

estudio de campo se estableció en camas meloneras de 1.7 m de ancho
de largo, una cama por tratamiento y 12 repeticiones en cada cama en
normal y 20 en alta densidad (Figura 3.1).

ón del Terreno: se realizó un barbecho profundo y varios pasos de
ra dejar el suelo en óptimas condiciones.

45 metros de largo

▷ - 3050 - W	DN
▷ - 3025 - W	DN
† - 435	DN
▷ - 3044 - W	DN
† - 436	DN
119-69-0	
119-69-0	Mg
119-69-0	Mg+Zn
119-69-0	Mg+Zn+Fe
119-69-0	Mg+Zn+Fe+Mg
195-69-135	
195-69-135	Mg
195-69-135	Mg+Zn
195-69-135	Mg+Zn+Fe
195-69-135	Mg+Zn+Fe+Mg
270-69-270	
270-69-270	Mg
270-69-270	Mg+Zn
270-69-270	Mg+Zn+Fe
270-69-270	Mg+Zn+Fe+Mg
N y K	3000 PPM
† - 436	AD
▷ - 3044 - W	AD
† - 435	AD
▷ - 3025 - W	AD
▷ - 3050 - W	AD

2 hileras
por cama

3 hileras
por cama

.. Croquis del establecimiento de los tratamientos.

ción de la Cintilla: se realizó el 3 de febrero de 1999.

ción de Válvulas Pivote. Estos se instalaron en la salida de la línea de para, por medio de éstos, inyectar el fertilizante.

ra: La siembra se llevó a cabo el 19 de febrero, en camas meloneras de dos por cama (densidad normal) y tres líneas por camas (alta densidad).

Estos se realizaron según la cantidad de humedad monitoreada, liendo mantener la humedad a una tensión menor de 30 cb.

rigación: Para el manejo de la fertilización se utilizó el modelo de ón por etapa, en donde se tomaron ocho etapas, según Soil and aer (1993), tomando en cuenta el porcentaje de aplicación de los entos en sus diferentes etapas, y se muestran en cuadros las etapas, aje de aplicación y cantidad de fertilizante aplicado. Se aplicó una iación de fondo de 46-69-00, con urea y superfosfato triple de calcio, y el : aplicó según la etapa y porcentaje de demanda (cuadros 3.2, 3.3, 3.4, y ra el nutrimento menor Mg y los demás micronutrientes se aplicaron idades que se muestran en el Cuadro 3.6, las cantidades que se presentan etapa, aplicándose en las cinco primeras etapas.

3.2 Distribución de los porcentajes de nutrimentos según la etapa

Etapa Fenológica	Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %
Brotes	3.46	15.76	4.73
Brotes	5.43	2.72	10.14
Brotes	14.32	8.15	12.84
Inicio de Espiga	39.51	22.83	50.22
Inicio de Jilote	0.00	6.52	7.88
Maduración de Grano	4.94	7.61	3.15
Grano Masoso	31.60	27.17	11.04
Madurez Fisiológica	0.74	9.24	0.00

Medidas

Harina y Peso Seco: Para conocer este parámetro se realizaron cuatro repeticiones, tomando dos plantas por tratamiento.

Harina: La cosecha se realizó tomando 12 repeticiones por tratamiento y 20 plantas en las de alta densidad, cada muestra se tomó de un metro lineal.

Análisis de Nutrimentos: Se analizaron los contenidos de nitratos, potasio, conductividad eléctrica y pH, realizándose una vez por semana al principio y posteriormente dos veces por semana.

Etapa	%	Kg/ha	%	Kg/ha	Urea	N. P.	por N.P.	Urea	SFT	N. P.
1	3.46	4.12	4.73	0.00	8.95	0.00	0.00	0.00	Aplicación de todo el fósforo antes de la siembra: 69 Kg P (150 kg de SFT) y 46 kg N (100 kg Urea)	0.00
2	5.43	6.46	10.14	0.00	14.05	0.00	0.00	0.00		0.00
3	14.32	17.04	12.84	0.00	37.05	0.00	0.00	0.00		0.00
4	39.51	47.02	50.22	0.00	102.21	0.00	0.00	62.26		0.00
5	0.00	0.00	7.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
6	4.94	5.88	3.15	0.00	12.78	0.00	0.00	12.78		0.00
7	31.60	37.60	11.04	0.00	81.75	0.00	0.00	81.75		0.00
8	0.74	0.88	0.00	0.00	1.91	0.00	0.00	1.91		0.00
Total	100.00	119.00	100.00	0.00	258.70	0.00	0.00	158.70	150	0.00

Cuadro 3.4. Distribución de los nutrientes y fertilizantes según la etapa, de la dosis 195-69-135.

Etapa	Nitrógeno		Potasio		Programado Kg/ha		Kg N Incor por N.P.	Aplicado Kg/ha		
	%	Kg/ha	%	Kg/ha	Urea	N. P.		Urea	SFT	N. P.
1	3.46	6.75	4.73	6.39	10.88	14.51	1.74	0.00	Aplicación de todo el fósforo antes de la siembra: 69 Kg P (150 kg de SFT) y 46 kg N (100 kg Urea)	1.74
2	5.43	10.59	10.14	13.69	14.90	31.11	3.73	0.00		3.73
3	14.32	27.92	12.84	17.33	50.43	39.40	4.73	0.00		4.73
4	39.51	77.04	50.22	67.80	127.29	154.08	18.49	103.50		18.49
5	0.00	0.00	7.88	10.64	0.00	24.18	2.90	0.00		2.90
6	4.94	9.63	3.15	4.25	12.11	9.66	1.16	12.11		1.16
7	31.60	61.62	11.04	14.90	125.12	33.87	4.06	125.12		4.06
8	0.74	1.44	0.00	0.00	3.14	0.00	0.00	3.14		0.00
Total	100.00	195.00	100.00	135.00	343.87	306.82	36.82	243.87	150	36.82

1	3.46	9.34	4.73	12.77	12.74	29.03	3.48	0.00	Aplicación de todo el fósforo antes de la siembra: 69 Kg P (150 kg de SFT) y 46 kg N (100 kg Urea)	3.48
2	5.43	14.66	10.14	27.38	15.64	62.22	7.47	0.00		7.47
3	14.32	38.66	12.84	34.67	63.50	78.79	9.45	0.00		9.45
4	39.51	106.68	50.22	135.59	151.51	308.17	36.98	143.39		36.98
5	0.00	0.00	7.88	21.28	0.00	48.35	5.80	0.00		5.80
6	4.94	13.34	3.15	8.51	11.34	19.33	2.32	11.34		2.32
7	31.60	85.32	11.04	29.81	167.81	67.75	8.13	167.81		8.13
8	0.74	2.00	0.00	0.00	4.34	0.00	0.00	4.34		0.00
Total	100.00	270.00	100.00	270.00	426.88	613.64	73.64	326.88	150	73.64

2	20	31						
3	20	31	10	15.3				
4	20	31	10	15.3	10	15.3		
5	20	31	10	15.3	10	15.3	10	15.3
6								
7	20	31						
8	20	31	10	15.3				
9	20	31	10	15.3	10	15.3		
10	20		10	15.3	10	15.3	10	15.3
11								
12	20	31						
13	20	31	10	15.3				
14	20	31	10	15.3	10	15.3		
15	20	31	10	15.3	10	15.3	10	15.3
16								

Fisiológicos

datos de área foliar y peso seco utilizados para realizar el análisis de fueron tomados a los 57, 71, 86 100 y 114 días después de la siembra.

es calculadas y sus formulas correspondientes, se muestran a

is:

estimar los parámetros fisiotécnicos, previamente las observaciones

lar y peso seso fueron ajustadas a una curva tipo Potencial

y se calcularon los siguientes parámetros, de acuerdo al artículo de

7).

de área foliar (IAF) citado por Ratikanta (1986).

$$IAF = \frac{\text{Area foliar de la planta}}{\text{Area del terreno que ocupa la planta}}$$

de eficiencia del área foliar (IEAF) citado por Sosa (1987).

$$IEAF = \frac{\text{Rendimiento en grano}}{\text{Area foliar en antesis}}$$

sa de asimilación neta (TAN) para cuando la relación entre el área
eso seco es cuadrática propuesta por Radford (1967).

$$TAN = \frac{2 (PS_2 - PS_1)}{(AF_2 + AF_1) (T_2 - T_1)} = \frac{g}{cm^2 \text{ día}}$$

1. Se refiere a los pesos secos de la planta (g).

2. Son los valores de área foliar (cm²).

Días después de la siembra.

ento y Peso Hectolítrico

mando en cuenta la humedad y temperatura de grano (corregido con
conversión de peso de grano con contenidos de 0 a 60 por ciento sobre
, a pesos equivalentes de grano con un contenido de 12 por ciento de
, base seca).

RESULTADOS Y DISCUSION

Una vez terminada la colección de datos de los parámetros evaluados, se aron y procesaron para poder realizar la interpretación de estos en base a resultados, realizando el correspondiente análisis estadístico para los metros de peso hectolítrico y rendimiento.

La presentación de los resultados se hace de la siguiente forma:

Manejo de la Ferti-Irrigación con Análisis de Savia.

Análisis de Fertilización.

- **Análisis de Crecimiento:** Índice de Area Foliar, Tasa de Asimilación Neta, Índice de Eficiencia de Area Foliar.
- **Peso Hectolítrico.**
- **Rendimiento.**

Índices y Densidades.

- **Análisis de Crecimiento:** Índice de Area Foliar, Tasa de Asimilación Neta, Índice de Eficiencia de Area Foliar.
- **Peso Hectolítrico.**
- **Rendimiento.**

entro del análisis e interpretación de los resultados es importante considerar los factores como la temperatura y la humedad del suelo. Como se muestra en la Figura A.1 las temperaturas que se presentaron fueron extremas: máximas mayores de 30 °C llegando hasta 46 °C, según Llanos (1984) el maíz se desarrolla mejor en un rango de 20 a 30 °C. Además a inicio de cultivo se presentaron bajas temperaturas lo que influyó en el desarrollo y rendimiento del cultivo.

Cuanto a la humedad del suelo no se presentó ningún déficit de agua, manteniendo tensiones debajo de 30 cb (figuras A.2 y A.3), por lo que se puede decir que este no fue factor limitante en la producción, Arellano y Rodríguez (1999) que encontró que a estas tensiones se obtienen los mejores rendimientos para esta región.

Manejo de la Ferti-Irrigación con Análisis de Savia.

Con el tratamiento de ferti-irrigación con análisis de savia se pretendió mantener a niveles de 3000 ppm de N y K en la savia de la planta, haciendo análisis de solución del suelo y savia de la planta, además de la conductividad y pH de la solución del suelo. Los análisis se iniciaron a los 33 días después de la siembra realizándolos semanalmente y después de los 67 días después de la siembra dos veces por semana hasta los 123 DDS.

De acuerdo con Peña y Montiel (1998) los rangos óptimos de absorción de nutrientes son a pH de 6.5 a 7.5, aunque en esta tuvo sus valores de 7.5 en la solución del suelo (Figura 4.1) no tuvo problemas de absorción de nutrientes, esto debido a la incorporación de elementos en gran cantidad. En cuanto al pH de la savia fue de 4.9, que está dentro del rango indicado por Ville (1985), la savia de los vegetales es ligeramente ácida y puede variar desde 4.7 hasta 7.

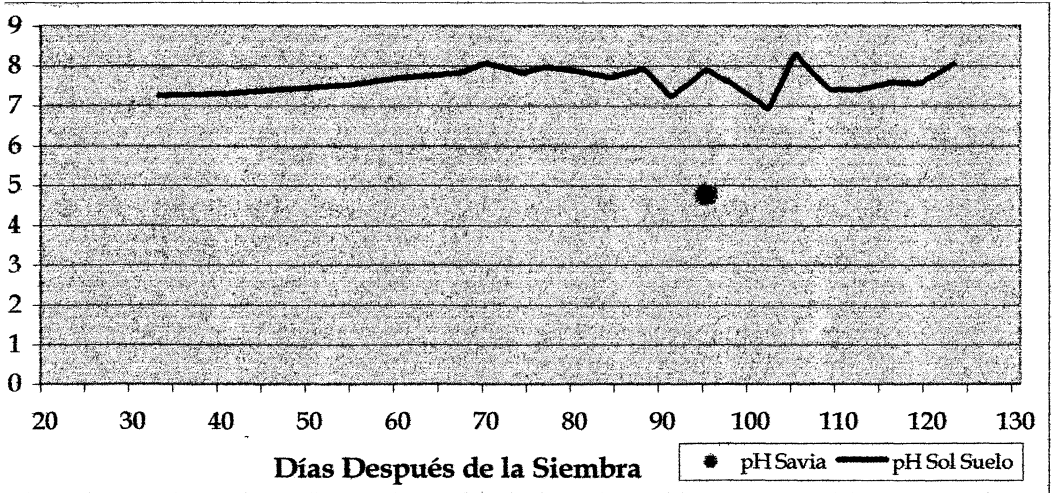


Figura 4.1. pH en la savia de la planta y en la solución del suelo.

El contenido de sales en la savia, expresado como Conductividad eléctrica, se encontró en 13.4 dS m⁻¹ a los 95 días después de la siembra (Figura 4.2) esta CE alta es debido a que la demanda de nutrientes es máxima, de acuerdo con lo encontrado por Burgeño (1994) en el cultivo de Chile. En relación a la CE de la solución del suelo a inicio fue de 1.2 y al final 1.62 llegando

mentos de 2.5 mS m⁻¹ que es menor que el límite que según Peña y Montiel

b) evita problemas con el efecto de salinidad y aconseja no sobrepasar una actividad eléctrica de 3 dS cm⁻¹.

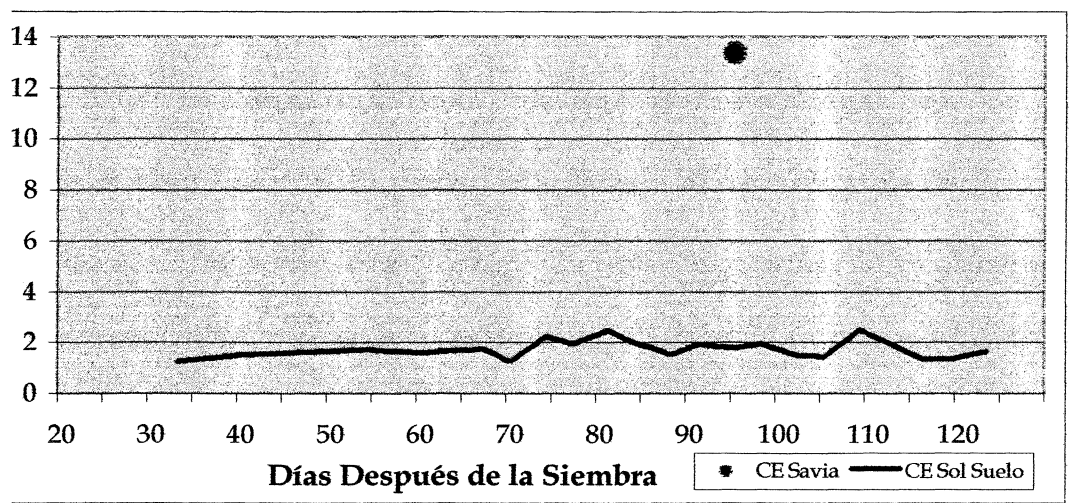


Figura 4.2. Conductividad eléctrica (mS m⁻¹) en la savia de la planta y en la solución del suelo.

En el manejo de la nutrición de nitrógeno, los resultados del análisis de y
 comportamiento se muestran en las Figura 4.3, donde se observa que a
 principio el nivel de N era menor de las 3000 ppm por lo que se aplicó una dosis
 de 28 unidades de N pero como esta no alcanzaba el nivel deseado se le aplicó
 una dosis de 30 unidades de N, observando que el nivel de N no llegaba a su
 óptimo, y posteriormente se le adicioneo otras dos aplicaciones de 30
 unidades de N cada una. Aún con esta dosis aplicada el ritmo de aplicación era
 menor del de absorción, por lo que se le aplicó una dosis fuerte de 108 unidades
 observándose un incremento en el nivel de N, pero el ritmo de absorción

ra alto, por lo que se aplicaron otras dos dosis de 61 unidades cada una observando que el nivel de N aumentaba a nivel mayor de 3000 ppm, debido a esto el ritmo de fertilización disminuyó a solo dos aplicaciones más una de 30 y la última de 46 unidades de N.

El N en la solución del suelo siempre se mantuvo bajo ya que era rápidamente absorbido por la planta, observando niveles iniciales de 37 ppm incrementado en las aplicaciones de N llegando hasta niveles de 280 y 710 ppm en las aplicaciones de N, y al final en la última aplicación alcanzó niveles de 1900 ppm disminuyendo al final a 200 ppm.

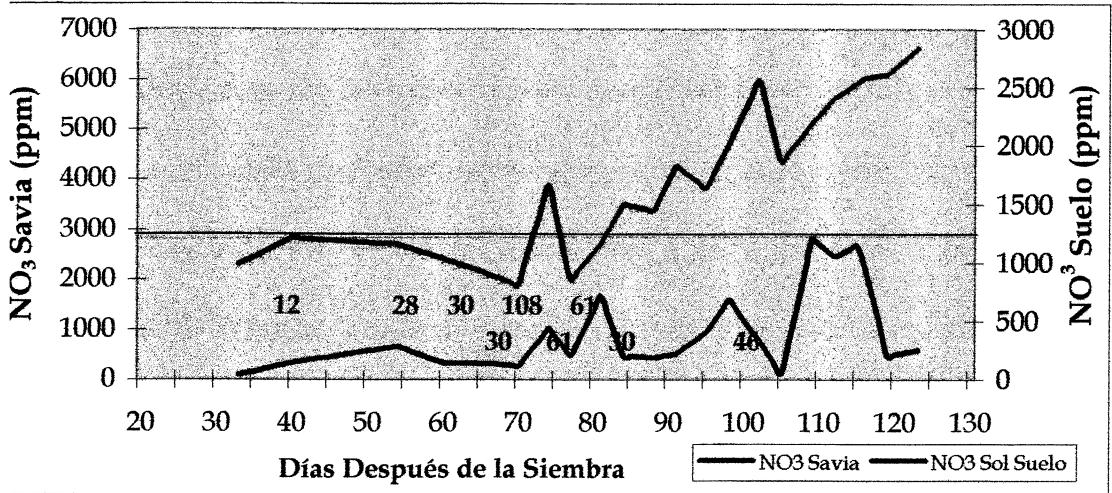


Figura 4.3. Contenido de NO₃ (ppm) en la savia de la planta y en la solución del suelo.

De acuerdo con Mills y Benton (1996) la movilidad de los nitratos es alta tanto en suelo como en planta, presentando niveles bajos en el suelo debido a

planta demanda grandes cantidades de este nutrimento durante su inicio de desarrollo y llenado de grano, el cual era absorbido por la planta, por lo tanto, solamente la planta ya no requiere grandes cantidades de nitrógeno por lo que las concentraciones aumentaron en planta y suelo.

El exceso de nitrógeno causa en planta la proliferación de tallos y hojas, disminución de frutos. Además prolonga el crecimiento y retarda la madurez. De acuerdo con la literatura se manejan niveles óptimos de nitratos en el suelo de 3000 ppm, pero como estos fueron mayores repercutieron en un aumento de área foliar, pero disminución en rendimiento.

Con respecto al K (Figura 4.4) a inicio se observaron niveles bajos de K, y se aplicó una dosis de 59 unidades de K que aumentó su nivel por niveles superiores a los 3000 ppm disminuyendo gradualmente como la planta lo iba demandando, llegando a niveles menores de 3000 ppm y aplicándose otra dosis de 59 unidades de K aumentando su nivel en planta, y al final se aplicó otra dosis de 59 unidades de K para mantener el nivel deseado.

En cuanto a la movilidad del potasio en el suelo es media y alta en planta, por lo que la mayor demanda durante el llenado de grano y maduración, la concentración de K en planta varió respecto a la etapa de crecimiento notándose la mayor demanda en el llenado de grano.

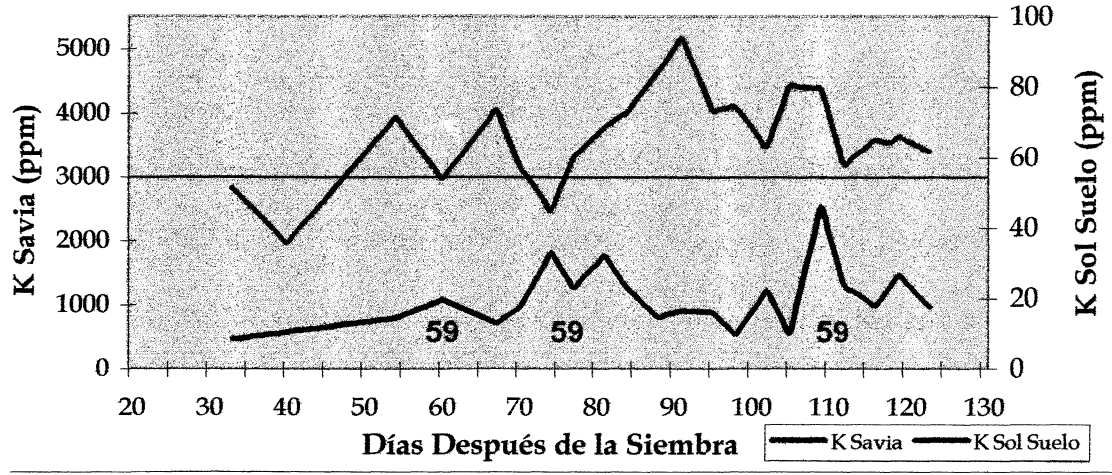


Figura 4.4. Contenido de K (ppm) en la savia de la planta y en la solución del suelo.

A este tratamiento se le aplicó por medio de ferti-irrigación un total de 11 unidades de N y 176 unidades de K, mas la aplicación de la fertilización de fondo que fue de 46-69-00, sumando un total de 456-69-176.

Dosis de Fertilización

análisis del Crecimiento

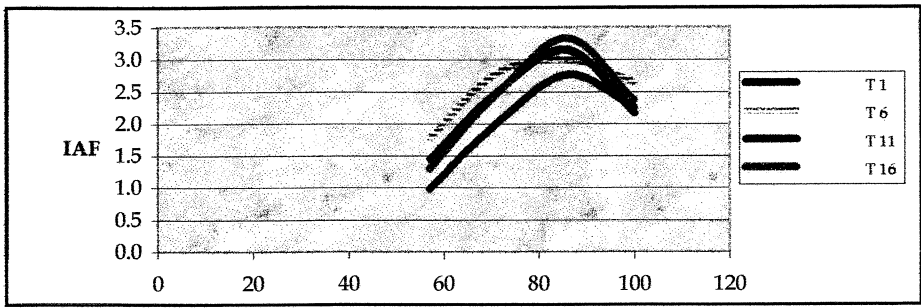
Índice de Area Foliar

Esta variable es concebida como una medida de la frondosidad de la planta, que expresa la proporción de superficie foliar expuesta a la luz, en la cual se puede realizar la fotosíntesis (Crofts *et al.*, 1971).

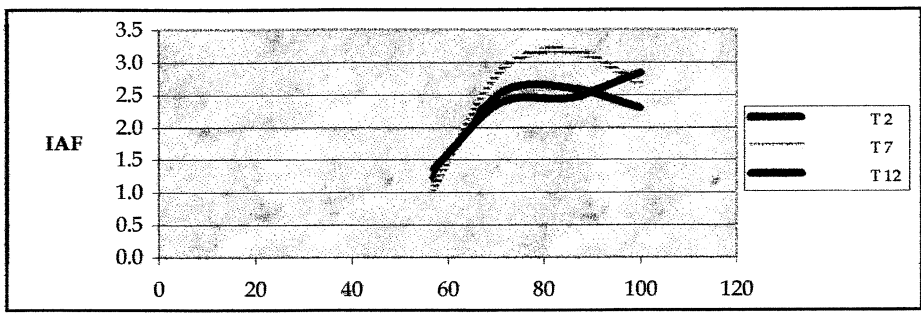
En los tratamientos de fertilización sin adición de micronutrientes T1, T11 y T16 (Figura 4.5) se observa que hubo una respuesta favorable al aumentar las dosis de fertilización. Esta variable es importante por que según Johnston (1990) el rendimiento de grano se incrementa con el IAF máximo, esto se corrobora en los rendimientos obtenidos en los tratamientos con mayor IAF, tuvieron mayor rendimiento (7650 kg ha^{-1}), aunque económicamente no es viable incrementar la dosis de fertilización para esta cantidad de incremento de rendimiento.

En la adición de Mg en los tratamientos T2, T7 y T12 (Figura 4.5) los mejores IAF se registraron también en las dosis de fertilización media y alta, que esto no tuvo efecto positivo en el aumento del rendimiento, ya que el tratamiento de fertilización baja obtuvo el mayor rendimiento, esto comprueba a veces elevados IAF generalmente ocasionan una disminución en el número de grano por unidad de área foliar, y por lo tanto reducción del rendimiento (Tanaka y Yamaguchi, 1981).

En la interacción Mg-Zn en los tratamientos T3, T8 y T13 (Figura 4.5) los mayores corresponden al de fertilización media y alta. En los tratamientos T9 y T14 con adición de Mg-Zn-Fe tuvo el mismo comportamiento anterior.

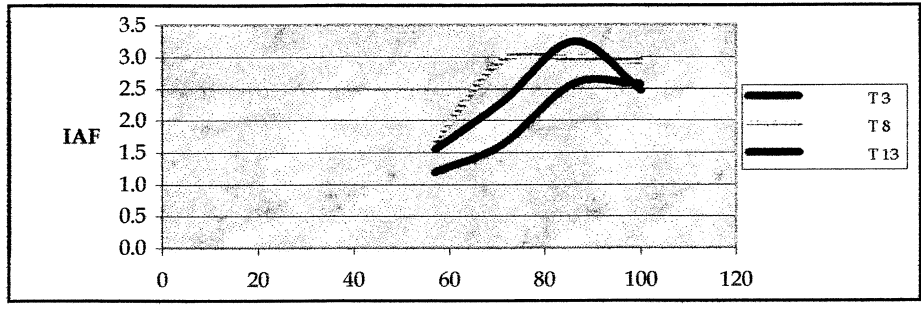


Mg



Mg

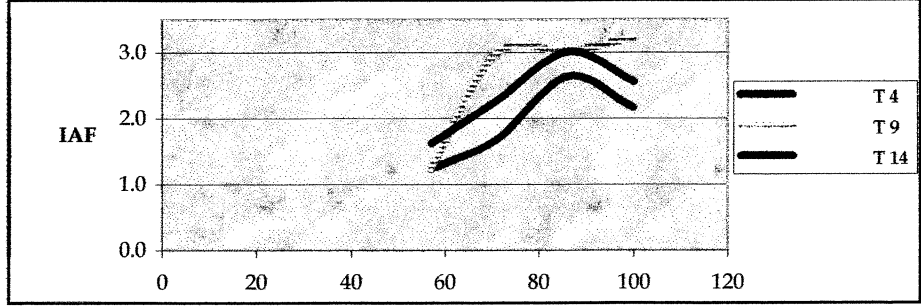
Zn



Mg

Zn

Fe

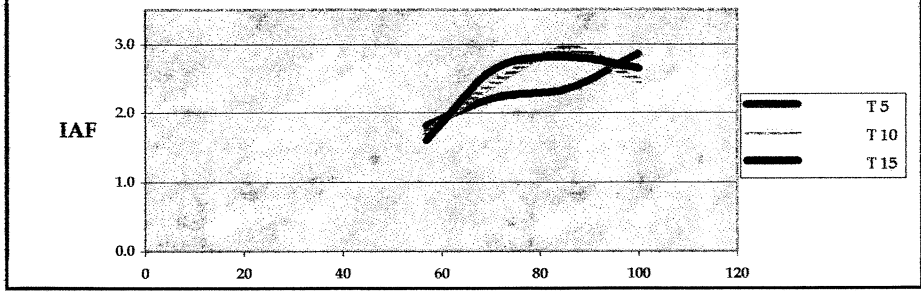


Mg

Zn

Fe

Mn



Días Después de la Siembra

119-69-0 195-69-135 270-69-270 Análisis de Savia

ra 4.5. Índice de área foliar (IAF) de los tratamientos de fertilización.

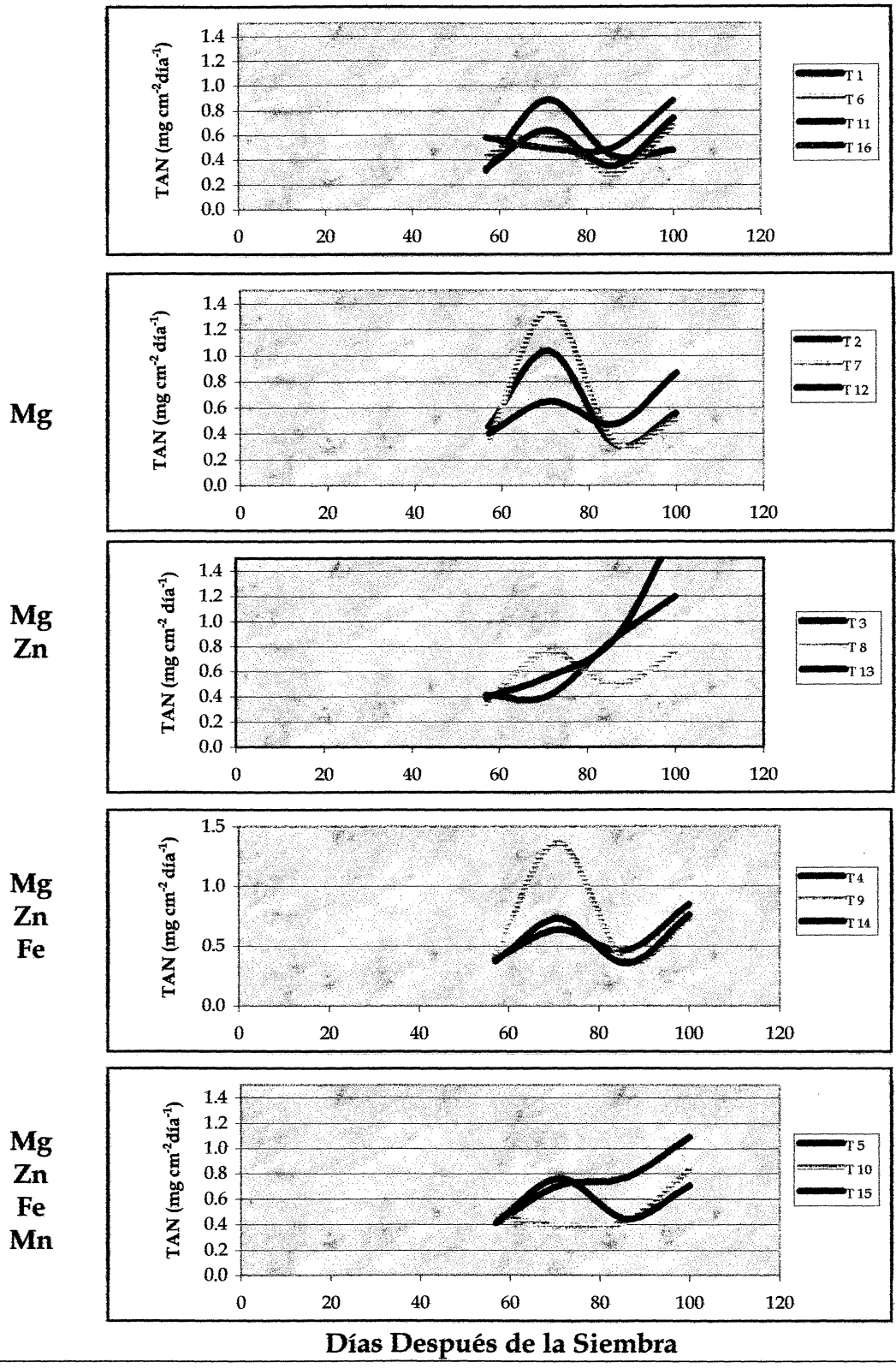
En la interacción Mg-Zn-Fe-Mn en los tratamientos T5, T10 y T15 (Figura 4.5) se observa un mayor desarrollo de área foliar en los tratamientos de fertilización media y alta, aunque al final el tratamiento de fertilización baja tuvo un repunte que se tradujo en mayor rendimiento.

En general se puede decir que el aumento en la fertilización de macroelementos favorece un mayor desarrollo de la planta, pero no hubo respuesta a esta variable al aplicar microelementos.

Tasa de Asimilación Neta.

La eficiencia fotosintética de las plantas se expresa en términos de la TAN, que es la cantidad de materia seca acumulada por unidad de hoja y por unidad de tiempo (Verhagen *et al.*, 1963).

En los tratamientos de fertilización sin adición de micronutrientes T1, T6, y T11 (Figura 4.6) se observa que el tratamiento de menor dosis de fertilización realiza mayor TAN a los 70 días que es la etapa de elote, pero posteriormente a los 100 días después de la siembra que es la etapa de llenado de grano los tratamientos de fertilización mayor aumenta su TAN, aumentando también su rendimiento.



119-69-0
 195-69-135
 270-69-270
 Análisis de Savia

Figura 4.6. Tasa de asimilación neta (TAN, mg cm⁻² día⁻¹) de los tratamientos de fertilización.

En los tratamientos con adición de Mg T2, T7 y T12 (Figura 4.6) al inicio de la etapa de llenado de grano, los tratamientos de fertilización media y baja tienen mayor TAN fotosintética, y esto se vio reflejado en el rendimiento.

En la interacción Mg-Zn (Figura 4.6) los tratamientos T13 y T3 obtuvieron mayor TAN durante el llenado de grano, pero el rendimiento no se vio afectado con esta mayor TAN.

En la interacción Mg- Zn-Fe (Figura 4.6) el tratamiento de fertilización media obtuvo mayor TAN, hasta inicio de jilote, lo que favoreció un mayor rendimiento.

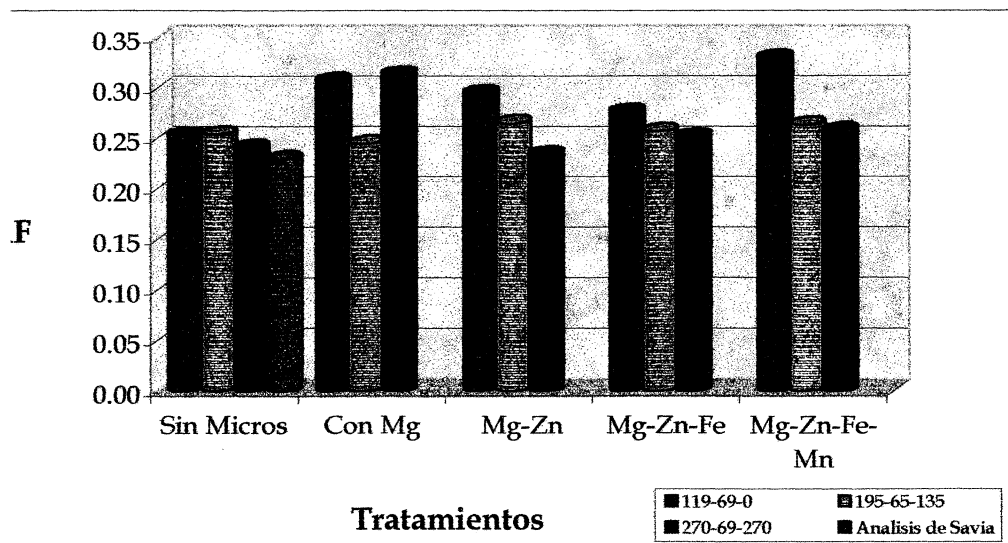
En la última interacción Mg- Zn-Fe-Mn (Figura 4.6) el tratamiento de baja fertilización T5 obtuvo mayor TAN en la etapa de formación y llenado de grano, lo que ayudó a la obtención de mayor rendimiento.

En general en esta variable no se observa un patrón de comportamiento respecto a la fertilización, ya que en algunos tratamientos a mayor TAN no se obtuvo mayor rendimiento. La TAN es una forma indirecta de medir la actividad fotosintética realizada por la planta. En este parámetro no se encontró relación significativa con el IAF o el rendimiento.

e Eficiencia de Area Foliar.

la relación entre el rendimiento de grano y el área foliar en antesis, y
 nite conocer la eficiencia foliar de un cultivo para producir y traslocar
 tos al grano (Molina, 1984).

la Figura 4.7 se muestra el comportamiento del IEAF en los
 atos de fertilización: las dosis de fertilización baja tuvieron mayor IEAF,
 al IAF; este comportamiento es debido a que aunque no tengan
 rendimientos, su IAF es bajo, por lo que el IEAF es mayor.



7. Indice de eficiencia de área foliar (IEAF) de los tratamientos de fertilización.

el T2, aunque no tuvo alto IAF pero si mayor rendimiento por lo que
 aso no necesariamente existe una relación en la que a mayor IAF mayor

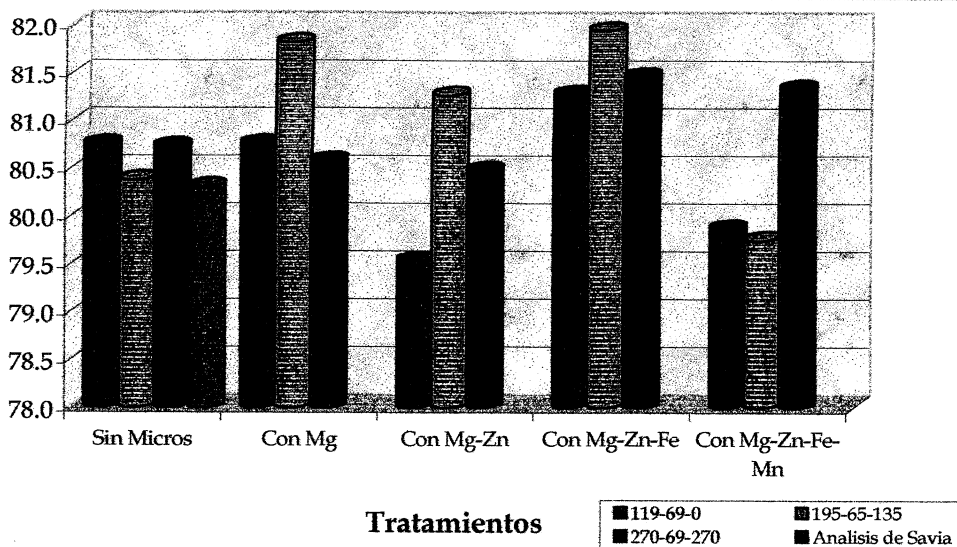
nto, sino probablemente se trate de diferencias para traslocar los
os hacia la vaina y hojas en vez del grano.

tolítrico.

peso hectolítrico es un parámetro que nos sirve para medir la calidad
o semilla, que es mayor peso por unidad de volumen como lo
Guzmán-Maldonado (1992).

e parámetro es importante, pues en un costal o bodega caben más
or unidad de volumen; además, es posible menor susceptibilidad a
almacenamiento.

los tratamientos sin micronutrientes, el mayor peso hectolítrico lo
n los tratamientos con dosis de fertilización baja y alta, y la dosis
le análisis de savia tuvieron menores pesos hectolítricos. En las dosis
el tratamiento con dosis media de fertilización mostró mayor peso
o. Al igual que el anterior, la interacción de Mg-Zn dio iguales
s, y también en la interacción de Mg-Zn-Fe que mostró mayor peso
o. En la ultima interacción Mg-Zn-Fe-Mn, el mejor peso hectolítrico
os tratamientos de dosis alta de fertilización (Figura 4.8).

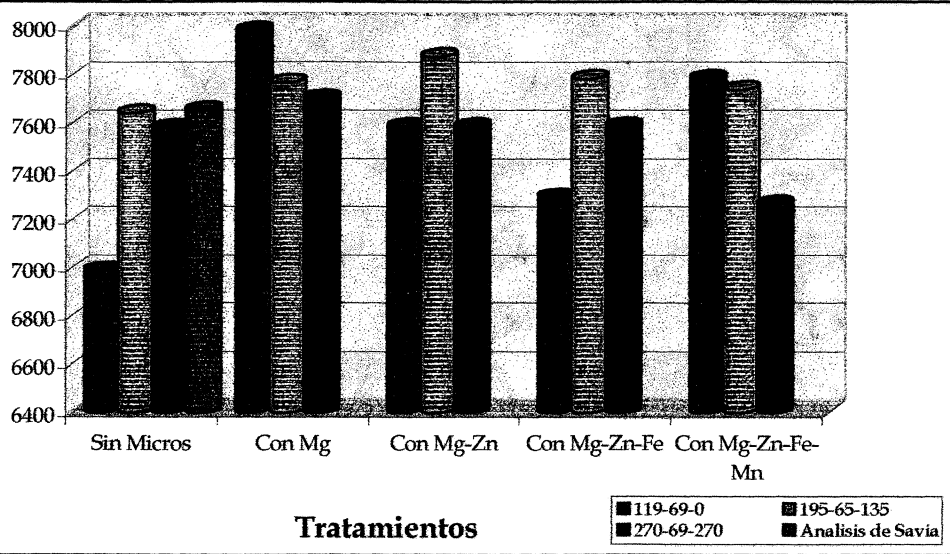


4.8. Peso hectolítrico de los tratamientos de fertilización.

Aunque cuantitativamente las diferencias son muy pequeñas, típicamente (Cuadro A.3) existen diferencias del tratamiento 5, 10 y 3. En variable se vieron mejores respuestas de los tratamientos con dosis de acción media.

niento.

En la Figura 4.9 se observa que para los tratamientos sin nutrientes, el comportamiento del rendimiento fue menor en el de dosis de fertilización, aumentando en la dosis media de fertilización, y al aumentar la fertilización, disminuyó ligeramente, en el grupo sin nutrientes el de mayor rendimiento fue el de monitoreo de savia.



4.9. Rendimiento (kg ha⁻¹) de los tratamientos de fertilización.

En los tratamientos con Mg el mayor rendimiento se obtuvo en la dosis alta de fertilización, disminuyendo con el incremento en la fertilización. En la interacción de Mg-Zn el mejor rendimiento lo obtuvo la dosis media de fertilización, mostrando igual tendencia en la interacción Mg-Zn-Fe.

En la interacción Mg-Zn-Fe-Mn el mayor rendimiento lo obtuvo la dosis alta de fertilización, seguido de la media y alta dosis.

El análisis estadístico (Cuadro A.1) revela que existen diferencias significativas del tratamiento 1 con respecto al resto de los tratamientos. Pero los tratamientos 2, 8, y 9 son mejores.

En general estadísticamente se encontró que diferencias significativas en el incremento de fertilización mayor, así como en la adición de nutrientes. Aunque económicamente el tratamiento de dosis regional con adición de Mg resulta ser el mejor.

Los tratamientos tuvieron respuesta favorable al incremento en la adición de nitrógeno, potasio, y de los micronutrientes en especial el calcio, que obtuvo una respuesta favorable, por lo que solo influyó en la calidad del grano (peso hectolítrico).

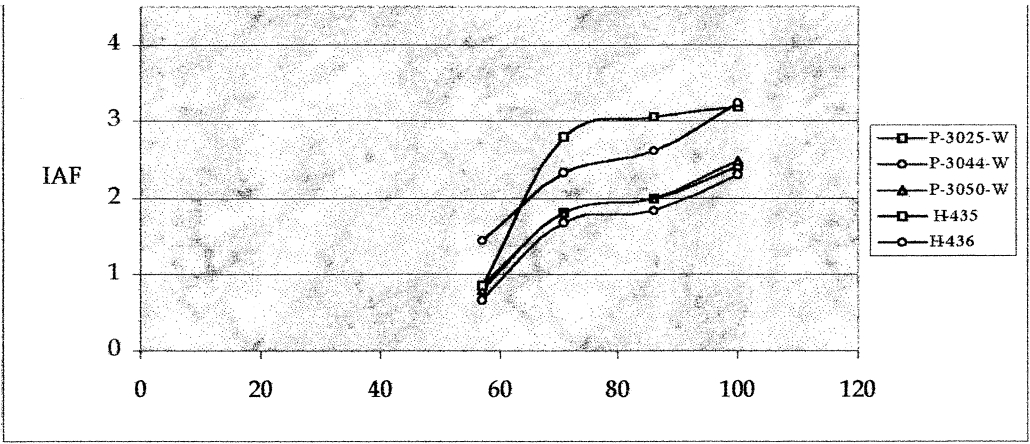
Híbridos y Densidades.

Índice del crecimiento.

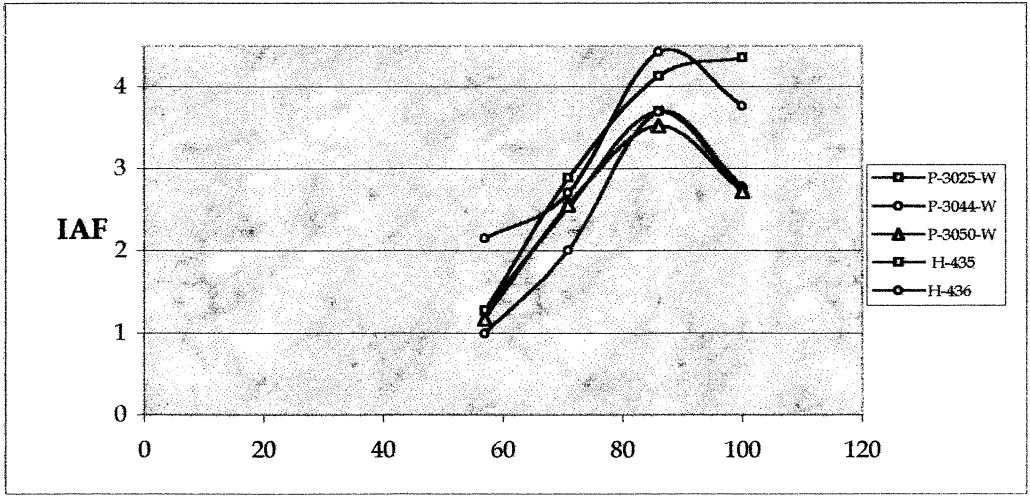
de Area Foliar.

De acuerdo a la Figura 4.10 en los híbridos con densidad de población alta, se observa que los híbridos convencionales tuvieron mayor IAF, mostrando estos el mismo comportamiento, y los de menor desarrollo de IAF fueron los híbridos recientes de serie PW mostrando también similar comportamiento entre estos.

E
N
S
I
D
A
D
O
N
O
R
M
A
L



A
L
T
A
D
E
N
S
I
D
A
D



Días Después de la Siembra

Híbridos convencionales
 Híbridos recientes de serie PW

Figura 4.10. Índice de área foliar (IAF) de híbridos y densidades.

En cuanto a los híbridos en densidad alta mostraron igual comportamiento en relación a que los híbridos convencionales tuvieron mayor IAF.

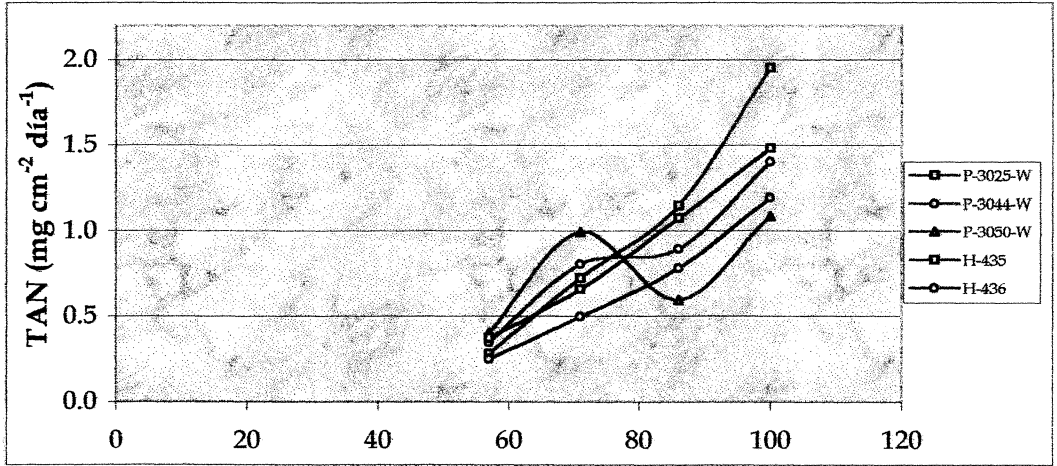
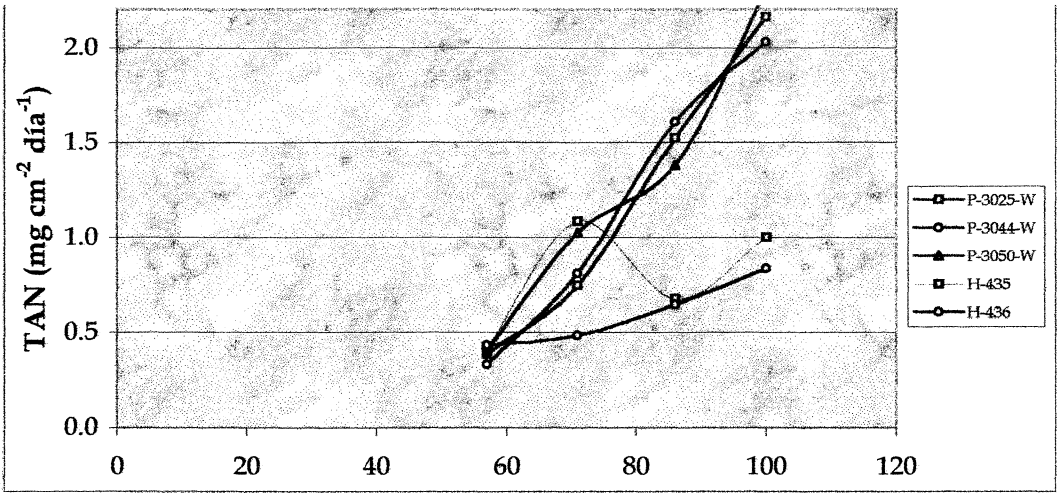
Aunque los híbridos convencionales obtuvieron mayor IAF esto no se tradujo en mayor rendimiento, según Tanaka y Yamaguchi (1981) elevados IAF

almente ocasionan disminución en el número de granos por unidad de foliar, teniendo como consecuencia una disminución en el rendimiento.

En relación a densidades hubo diferencias entre densidades logrando por IAF con las densidades de población alta, corroborando lo encontrado Gerakis y Papacosta (1979) que al analizar los parámetros de crecimiento en función de la densidad de población el IAF se incrementa a medida que aumenta la densidad.

de Asimilación Neta.

En los híbridos de densidad de población normal (Figura 4.11) se observa mayor TAN para los híbridos recientes de serie PW, aunque tuvieron por IAF, en este caso el aumento de la TAN se vio reflejado en un mayor rendimiento de grano. En el caso de los híbridos convencionales que tuvieron por IAF pero menor TAN pudo haberse debido a que cuando un híbrido sea el óptimo IAF, provoca un sombreo de las partes inferiores con esto un aumento de la TAN y esto se ve reflejado en el rendimiento total de grano lo que indica que no es productivo en estos términos (Verhagen *et al.*, 1963).



Días Después de la Siembra

■ Híbridos convencionales ■ Híbridos recientes de serie PW

Figura 4.11. Tasa de asimilación neta (TAN mg cm⁻² día⁻¹) de híbridos y densidades.

En los híbridos con densidad de población alta (Figura 4.11) no hubo un patrón definido de comportamiento entre híbridos respecto a esta variable, y no se observó relación al IAF ni al rendimiento.

En cuanto a densidades, los híbridos recientes de serie PW en densidad población normal tuvieron mayor TAN, caso contrario a los híbridos convencionales que tuvieron mayor TAN en alta densidad.

Índice de Eficiencia de Área Foliar.

En la Figura 4.12 se observa que los híbridos en densidad de población normal existe una diferencia marcada entre híbridos, siendo los híbridos recientes de serie PW los de mejor respuesta al IEAF, aunque tuvieron menor F en el antesis, tuvo mayor TAN y traslocación de fotosintatos al grano por lo tanto mayor rendimiento.

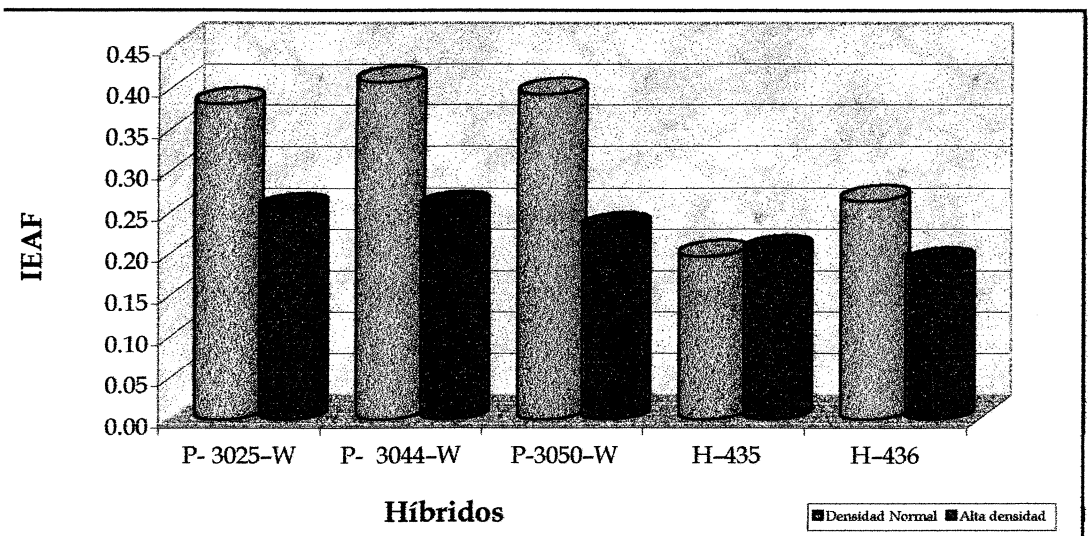


Figura 4.12. Índice de eficiencia de área foliar (IEAF) de híbridos y densidades.

En los híbridos con densidad de población alta se observó el mismo comportamiento pero con una diferencia menos marcada.

En relación a densidades, hubo altas diferencias entre los híbridos recientes de serie PW de densidad de población normal y alta. Y entre los híbridos convencionales no hubo diferencia.

Peso Hectolítrico.

En la densidad normal (Figura 4.13) existe un mayor peso hectolítrico en los híbridos convencionales, en donde el H-436 se pronunció mejor. Lo mismo ocurrió con la alta densidad en donde el H-435 tuvo mayor peso hectolítrico. En cuanto a densidad normal contra alta densidad no existe diferencia entre tratamientos de híbridos recientes de serie PW, en cambio en híbridos convencionales sí existe diferencia significativa, donde el H-435 resultó ser mejor, y en cambio en el H-436 el de mejor comportamiento fue la densidad normal.

Estadísticamente (Cuadro A.7) en densidad normal se encontraron diferencias significativas, donde el híbrido H-436 resultó ser estadísticamente mejor y el 3025-W el de menor peso. En densidad de población alta mostró la

En general, la tendencia de los híbridos convencionales resultaron estadísticamente diferentes.

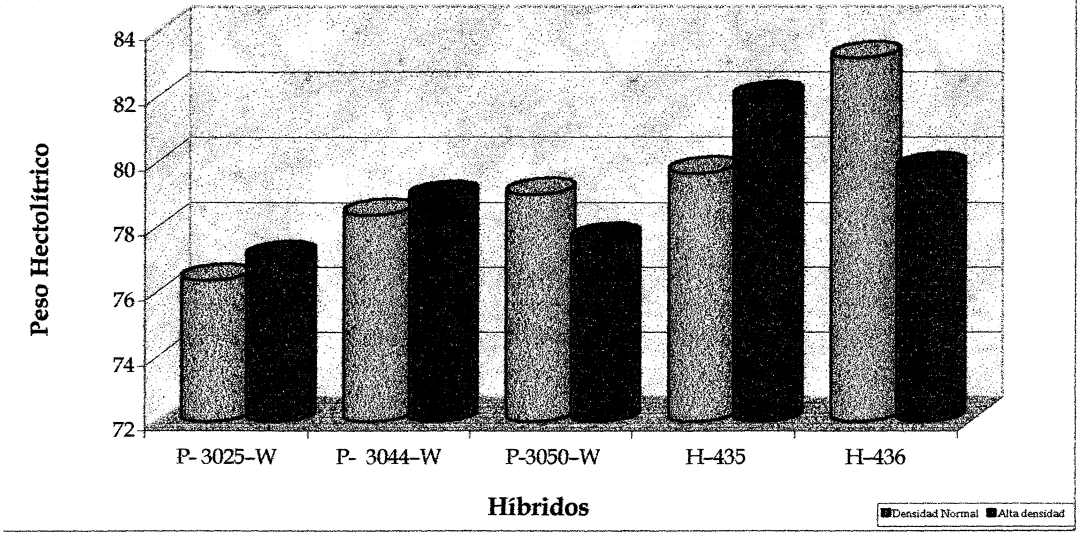


Figura 4.13. Peso hectolítrico de híbridos y densidades.

Rendimiento.

En cuanto al rendimiento obtenido (Figura 4.14) se muestra que los híbridos con alta densidad obtuvieron mayores rendimientos.

En esta variable híbridos recientes de serie PW dieron mejor respuesta a excepción del P-3050-W, esto en alta densidad. También en densidad normal los híbridos recientes de serie PW superaron a los híbridos convencionales. En general se observa mejor respuesta de los híbridos recientes de serie PW.

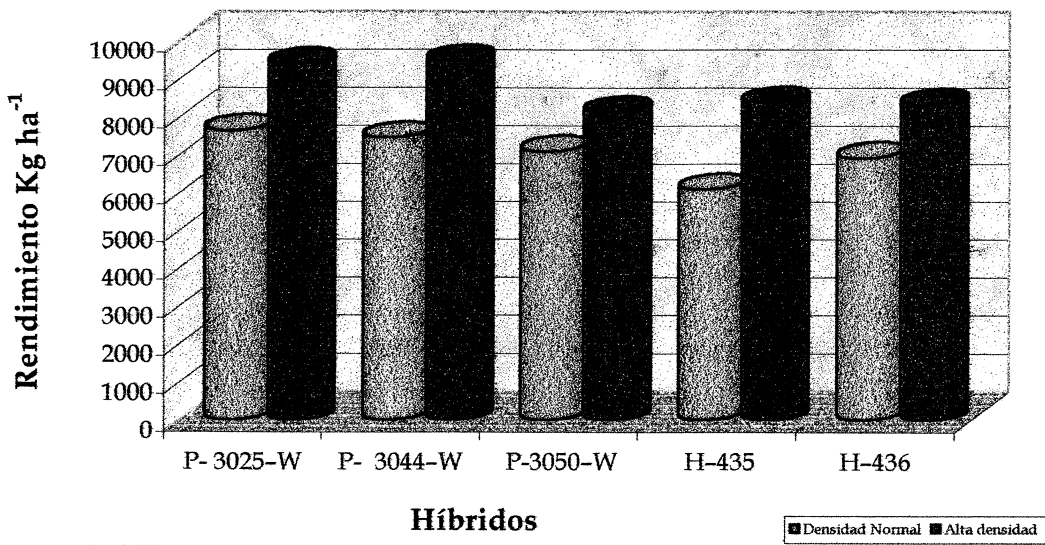


Figura 4.14. Rendimiento (Kg ha⁻¹) de híbridos y densidades.

Estadísticamente (Cuadro A.5) en densidad normal, sólo el tratamiento H-435 presenta diferencia significativa, ya que es el que tiene menor rendimiento, con respecto a los híbridos recientes de serie PW. Y en densidad alta el H-436 es el que presenta menor rendimiento y significancia estadística con respecto a los híbridos recientes de serie PW.

En cuanto a las densidades de población, existen diferencias significativas entre tratamientos (a excepción del híbrido P-3050-W), que muestran mejor respuesta a las densidades de población alta.

CONCLUSIONES

El tratamiento de análisis de savia mostró poco incremento de endimientamiento, aunque fue el de mayor fertilización nitrogenada, por lo que es necesario probar otros rangos de suficiencia, y fraccionar lo más posible las aplicaciones, ya que este elemento es muy móvil y se pierde fácilmente por lixiviación.

En los tratamientos de fertilización, el IAF respondió a un incremento en la fertilización de elemento mayores, y no tuvo respuesta a la aplicación de los micronutrientes, en cuanto a la TAN no tuvo relación con IAF ni con el endimientamiento. En la calidad de grano se vio favorecida con fertilización media y Mg, Mg-Zn-Fe.

En cuanto al rendimiento tuvo respuesta favorable al incremento de fertilización de elemento mayores, y a la adición de micronutrientes en especial el Mg, que nos muestra una hambre oculta de este elemento. Este tratamiento es económicamente el mejor.

Como se encuentra en la literatura que a mayores nutrimentos en cantidad y número la producción se incrementa. En este experimento sucedió caso contrario. Aunque al aumentar las dosis de fertilización se incrementó en desarrollo foliar, esto no quiere decir que vayan a fotosintetizar eficientemente, aunque tengan alta eficiencia fotosintética, esta no desarrolla en producción de frutos.

En híbridos de densidad de población normal, los híbridos convencionales tuvieron mayor IAF pero menor TAN, estos mostraron mayor calidad de grano pero menor rendimiento. En cambio los híbridos recientes de serie PW fueron los de mayor rendimiento, y mayor TAN.

En los híbridos de densidad de población alta se observa también mejor respuesta en rendimiento de los híbridos recientes de serie PW.

La temperatura fue un factor importante que debemos considerar, ya que influyó grandemente en la productividad del cultivo, tanto las temperaturas bajas a inicio del cultivo provocan congelamiento de la planta, y las altas temperaturas provocan estrés térmico alterando sus funciones fisiológicas.

El Distrito de Riego 04 "Don Martín", se caracteriza por pertenecer al de climas secos y semisecos, con lluvias escasas y erráticas todo el año; la precipitación anual varía de 300 a 600 mm y la temperatura media anual es superior a los 22 °C. A raíz de la escasez del agua en este Distrito, surgió la necesidad de llevar a cabo el presente proyecto con la finalidad de hacer un uso eficiente del agua.

La presente investigación se llevó a cabo en el "Campo Agrícola Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en la Ciudad de Anáhuac, Nuevo León", evaluando diferentes dosis de fertilización, híbridos y densidades.

Los objetivos del trabajo se orientaron a obtener los máximos rendimientos potenciales del cultivo de maíz, en condiciones de riego, con dosis de fertilización híbridos y densidades, con análisis de rendimiento.

En las dosis de fertilización se probaron 3 dosis de fertilización: regional 119-69-00 una alta 270-69-270 y otra intermedia 195-69-135, con la adición de micronutrientes Mg-Zn-Fe-Mn, y un tratamiento de fertilización con savia.

En híbridos y densidades, se probaron cinco híbridos de dos casas comerciales, en densidades de población normal (50,000 plantas ha⁻¹) y alta (100,000 plantas ha⁻¹).

El cultivo se estableció en camas meloneras correspondiendo una cama por tratamiento.

Para rendimiento se realizó un análisis estadístico con una prueba de comparación de medias *t-student* al 0.05 por ciento de probabilidad, para determinar las significancias entre tratamientos.

En los tratamientos de fertilización el tratamiento de dosis regional baja fue estadísticamente diferente, por lo que si hubo respuesta al incremento de dosis de fertilización, y adición de micronutrientes, aunque económicamente es mejor el tratamiento de fertilización tradicional con adición de Mg. En híbridos y densidades, los híbridos recientes de serie PW fueron estadísticamente mejores en densidad normal y alta, que los híbridos convencionales.

LITERATURA CITADA

- Illano, G.M., y Pinales Q.J. 1999. Condiciones óptimas de humedad para la producción de maíz y sorgo en riego por goteo. IX Congreso Nacional de Irrigación. 1er Simposium de Ingeniería de Riego. Culiacán, Sinaloa, México. P. 183-189.
- de, C.L. 1988. Análisis de Crecimiento Vegetal. En Coombs, J.O.O may, S.P. Long y J.M. Scurlock (Editores). Técnicas en Fotosíntesis y Bioproduktividad. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México, México.
- ckman, V.H. 1919. The compound interest law and plant growth. Ann. Bot. P. 33: 353-360.
- ven, J.E y Kratky, B.A 1990. Pérdidas de nitrógeno de los fertilizantes. Agricultura de las Américas. Sélter Int'l Publishing Corp., Great Neck, N.Y., E.U.A. Año 39, No. 5. P. 17-22.
- geño, C.H. 1994. La Ferti-irrigación en Cultivos Hortícolas con Acolchado Plástico. Vol. II. Folleto, Culiacán, Sinaloa, México. P. 12-41.
- lahía, C. 1998. Fertirrigación de Cultivos Hortícolas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- np, C.R., Sadler, E.J., Busscher, W.J. Sojka, R.E. and Karlen, D.L. 1995. Experiences with microirrigation for crops in the southeastern USA. Resumen publicado en el 5to Congreso Internacional de Microirrigación. Llevado a cabo del 2 al 6 de abril de 1995 en Orlando Florida, USA. Publicado por la American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan 4985-9659, USA.
- tellanos, F., Uvalle, B. JX. y Osorio, A. R., 1999. Plantaciones Modernas. Micronutrientes en el Cultivo de Maíz. Publicación Periódica Abril-Mayo, Año 4 No. 2. Guadalajara, Jalisco.

catálogo de Productos 1997-1998. En el centro y sur de Tamaulipas. Productos marca Pionner.

Ampton, L.P. 1990. Agronomía del Sorgo. Instituto Internacional para la Investigación en Cultivos para los Trópicos Semiáridos (ICRISAT). Patanchero Pradesh, India. P. 233.

Affolter, C. F., D.L. Jackson, D.M. Martin and J.C. Patrick. 1971. Los Vegetales y sus Cosechas. Fundamentos de Agricultura Moderna. 2ª Edición Aedos, Barcelona, España.

del Amor, F., León, A., Torrecillas, A. 1985. Principios del Riego Localizado. Componentes, Ventajas e Inconvenientes. Revista Agrishell, Núm. 25.

Buyvetter, K.C., Lamm, F.R., Rogers, D.H. 1995. Surface drip irrigation (SDI) for field corn - an economic analysis. Resumen publicado en el 5to Congreso Internacional de Microirrigación. Llevado a cabo del 2 al 6 de abril de 1995 en Orlando Florida, USA. Publicado por la American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan 4985-9659, USA.

Carrón-Múñiz, V. A. 1996. Fertirrigación. 2ª Ed. Ed. Mundi-Prensa. México. P. 9-11, 61-91.

Chen, S. And AH. Kassam. 1979. Yield Response To Water. FA. Irrig. Drain . Paper No. 33: 1-193

Cuervo, J. 1995. Fertilización Balanceada de Cultivos. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Shyres 2260. Quito, Ecuador. P 26.

DeWitt, C. A., C. O. Grogan and D. W. Speerling. 1969. Identification of Photoperiod Insensitive Strains of Maize. Crop. Sei. USA. 9:675-677.

DeWitt, N.M. 1982. Dry Matter Accumulation in Kernels of Maize. Crop Sci. Vol. 21:118-122.

de la Cruz, E. 1964. Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köopen. Adaptado a las condiciones climáticas de la República Mexicana. Instituto de Geografía. UNAM. México. 264 p.

de la Cruz, C.I. y Briones, S.G. 1997. Sistemas de Riego por Aspersión y Goteo. Editorial Trillas. México DF.

akís, P and A.D. Papacosta. 1979. Growth Dynamics of Zea Mays L. Populations Differing in Genotype and Density and Growth Under Illumonance Stress. *Ecol. Plant.* 14: 13 - 26.

izález S., S.H. 1990. Análisis de Crecimiento de Dos Genotipos de Papa (Solalum tuberosum L.) Evaluados bajo Diferentes Dosis de Fertilización. Tesis de Licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

zmán-Maldonado, H. 1992. Optimización de un procedimiento enzimático para la licuefacción y sacrificación del almidón mediante la metodología de superficie de respuesta. Tesis Maestría. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN-Unidad Irapuato, Irapuato, Gto., México. P. 2-10.

well, T.A., Schneider, A.D. and Stewart, B.A. 1995. Subsurface and surface microirrigation of corn - U.S. Southern high plains. Resumen publicado en el 5to Congreso Internacional de Microirrigación. Llevado a cavo del 2 al 6 de abril de 1995 en Orlando Florida, USA. Publicado por la American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan 4985-9659, USA.

nt, R. 1989. Basic growth anlysis. Ed. Academic Division of Unwin Hyman Ltd. London. 112p.

nm, F.R., Spurgeon, W.E., Rogers, D.H., and Manges, H.L. 1995. Crop production using subsurface drip irrigation. Resumen publicado en el 5to Congreso Internacional de Microirrigación. Llevado a cavo del 2 al 6 de abril de 1995 en Orlando Florida, USA. Publicado por la American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan 4985-9659, USA.

nos, C. M. 1984. El Maíz su Cultivo y Aprovechamiento. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.

nges, H.L., Spurgeon, W.E., Huang, Z.M., Tomsicek, D.J. 1995. Subsurface dripline spacing and plant population for corn production. Resumen publicado en el 5to Congreso Internacional de Microirrigación. Llevado a cavo del 2 al 6 de abril de 1995 en Orlando Florida, USA. Publicado por la American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan 4985-9659, USA.

kis, P and A.D. Papacosta. 1979. Growth Dynamics of Zea Mays L. Populations Differing in Genotype and Density and Growth Under Illumonance Stress. Ecol. Plant. 14: 13 - 26.

zález S., S.H. 1990. Análisis de Crecimiento de Dos Genotipos de Papa (Solalum tuberosum L.) Evaluados bajo Diferentes Dosis de Fertilización. Tesis de Licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

nán-Maldonado, H. 1992. Optimización de un procedimiento enzimático para la licuefacción y sacrificación del almidón mediante la metodología de superficie de respuesta. Tesis Maestría. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN-Unidad Irapuato, Irapuato, Gto., México. P. 2-10.

ell, T.A., Schneider, A.D. and Stewart, B.A. 1995. Subsurface and surface microirrigation of corn - U.S. Southern high plains. Resumen publicado en el 5to Congreso Internacional de Microirrigación. Llevado a cavo del 2 al 6 de abril de 1995 en Orlando Florida, USA. Publicado por la American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan 4985-9659, USA.

t, R. 1989. Basic growth anlysis. Ed. Academic Division of Unwin Hyman Ltd. London. 112p.

m, F.R., Spurgeon, W.E., Rogers, D.H., and Manges, H.L. 1995. Crop production using subsurface drip irrigation. Resumen publicado en el 5to Congreso Internacional de Microirrigación. Llevado a cavo del 2 al 6 de abril de 1995 en Orlando Florida, USA. Publicado por la American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan 4985-9659, USA.

os, C. M. 1984. El Maíz su Cultivo y Aprovechamiento. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.

ges, H.L., Spurgeon, W.E., Huang, Z.M., Tomsicek, D.J. 1995. Subsurface dripline spacing and plant population for corn production. Resumen publicado en el 5to Congreso Internacional de Microirrigación. Llevado a cavo del 2 al 6 de abril de 1995 en Orlando Florida, USA. Publicado por la American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan 4985-9659, USA.

i, W. C., I. D. Teare and L. R. Stone. 1976. Top and root growth of irrigated soybeans. *Crop Science*. Vol. 16 (1). P. 92-94.

R. 1963. Tablas de Conversión de Pesos Secos de Grano con Contenidos de Humedad de 0 a 60 por ciento sobre Base Seca, a Pesos Equivalentes de Grano con un Contenido de 12 por ciento de humedad, sobre Base Seca. INIA, Depto. de Suelos. P. 10

a S., J. 1997. Riego por Goteo, Teoría y Práctica. Ed. Mundi-Prensa, 4ª Ed. Madrid, España. P 155-157, 185-204.

A., H and Benton J. Jr. 1996. *Plant Analysis Handbook II*. MicroMacro Publishing, Inc. Georgia, USA.

i O., J. 1984. Evaluación de Maíces Tropicales Criollos y Mejorados, Estimación de Algunos Parámetros Fisiotécnicos en Tecoman, Colima. Tesis Profesional. UAAAN, Buenavista, Coah.

T., J.A. 1994. Riego Localizado y Fertirrigación. Ed. Mundi-Prensa. México. P. 281-321.

F.,E. 1999. Nutrición Vegetal. Apuntes. Programa de Graduados. UAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.

, E. Y Montiel G, M. 1998. Manual Practico de Ferti-riego. 2 Ed., Jiutepec, Morelos, México. P. 5-42.

d, P.J. 1967. Growth analysis formulae, Their use and abuse. *Crop Sci*. P. 7(3): 171-175.

nta M., P.H., D. Sc. 1986. Morfología, Crecimiento y Desarrollo del Sorgo. Marín, Nuevo León, México. P. 355.

S., R. 1990. Producción de Granos y Forrajes. Ed. Limusa, S.A. de C.V., 5 Ed. México-España-Colombia. P. 559 p

uez S., F. 1992. Riego por Goteo. AGT Editor S.A. México, DF. P. 158

uez S., F. 1996. Fertilizantes, Nutrición Vegetal. Tercera Reimpresión. AGT Editor S.A. México, DF. P. 53-98.

., L. y Briones S., G. 1994. Sistemas de Riego. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. P. 172-183.

- , L. y Ramírez R., L.E. 1994. Uso y Manejo del Agua. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. P. 146.
- J.N., C.A. Francis and C.O. Grogan. 1971. Diallel analysis of ear leaf characteristics in maize (*zea mays* L.) Crop Sci. 11: 194-195.
- , G. 1987. Evaluación de Maíz y Frijol bajo Tres Sistemas de Cultivo a Través de: Análisis de Crecimiento y Componentes de Rendimiento. Tesis Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., Méx. P. 33-65.
- , R.G. y Torrie H., j. 1986. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2ª Ed. 1ª en Español. Ed. McGraw-Hill, México, DF. P 83-117.
- A. y Yamaguchi, J. 1981. Producción de Materia Seca, Componentes del Rendimiento y Rendimiento del Grano del Maíz. Traducido al Español por Dr. Kohashi shibata. Rama de Botánica. Segunda Impresión. Colegio de Postgraduado. Chapingo, Mex.
- s V., C. 1998. Fertilizantes Solubles para Ferti-irrigación: Tipos Fuentes, Características. Memorias del Tercer Simposium Internacional de Ferti-irrigación, Guanajuato, México. P. 165-174
- en A., M., Wilson J., H. and Britten E., J. 1963. Plant Production in Relation to Foliage Illinimation. Ann. Bot. P. 27: 627-640.
- 1985 Biología. Editorial Iberoamérica. México, D.F. P. 127-141.
- , C., MA., Díaz, T. L. y Almaraz R.J. 1999. Producción de Maíz con Riego por Goteo. Memorias del Primer Simposium Internacional de Irrigación y Nutrición Vegetal. León, Guanajuato, México. P. 57-64.
- , D.R. 1992. Influence of planting date and row covers on yield and economic value of muskmelon. Can. J. Plant Sci. 73: 281-288.

APPENDICE

	T2	T8	T9	T5	T7	T10	T12	T16	T6	T14	T13	T3	T11	T4	T15	T1
T2		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	*
T8			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
T9				NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
T5					NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T7						NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T10							NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T12								NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T16									NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T6										NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T14											NS	NS	NS	NS	NS	NS
T13												NS	NS	NS	NS	NS
T3													NS	NS	NS	NS
T11														NS	NS	NS
T4															NS	NS
T15																NS
T1																

NS = No significativo * = Significativo con un α 0.05

Cuadro A.2. Rendimiento promedio de los tratamientos de fertilización (Kg ha⁻¹).

Trat.	Media	Trat.	Media	Trat.	Media	Trat.	Media
1	6988.68	5	7782.23	9	7783.34	13	7585.49
2	7981.85	6	7641.66	10	7737.40	14	7588.39
3	7585.38	7	7766.12	11	7578.77	15	7264.15
4	7294.23	8	7876.45	12	7702.51	16	7652.73

	T9	T7	T14	T15	T4	T8	T2	T1	T11	T12	T13	T6	T16	T5	T10	T3
T9		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	*
T7			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	*
T14				NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T15					NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*
T4						NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T8							NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T2								NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T1									NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T11										NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
T12											NS	NS	NS	NS	NS	NS
T13												NS	NS	NS	NS	NS
T6													NS	NS	NS	NS
T16														NS	NS	NS
T5															NS	NS
T10																NS
T3																

NS = No significativo

* = Significativo con un α 0.05

Cuadro A.4. Peso hectolítrico promedio de los tratamientos de fertilización.

Trat.	Media		Trat.	Media		Trat.	Media		Trat.	Media
1	80.751		5	79.87		9	81.95		13	80.48
2	80.763		6	80.38		10	79.75		14	81.47
3	79.531		7	81.82		11	80.73		15	81.34
4	81.28		8	81.27		12	80.58		16	80.31

	3044-W	3025-W	H-435	H-436	3050-W	3025-W	3044-W	3050-W	H-436	H-435
AD 3044-W		NS	NS	*	NS	*	*	*	*	*
AD 3025-W			NS	*	NS	*	*	*	*	*
AD H - 435				NS	NS	NS	NS	*	*	*
AD H - 436					NS	NS	NS	*	*	*
AD 3050-W						NS	NS	NS	NS	*
DN 3025-W							NS	NS	NS	*
DN 3044-W								NS	NS	*
DN 3050-W									NS	*
DN H - 436										NS
DN H - 435										

NS = No Significativo con un $\alpha = 0.05$

* = Significativo

Cuadro A.6. Rendimiento promedio de híbridos y densidades (Kg ha⁻¹).

Tratamiento		Promedio		Tratamiento		Promedio	
D E N S	N O R M	3025 - W	7630.04	A L T A	D E N S	3025 - W	9374.00
		3044 - W	7431.11			3044 - W	9443.73
		3050 - W	7072.23			3050 - W	8103.32
		H - 435	6066.56			H - 435	8361.28
		H - 436	6904.11			H - 436	8297.91

	DN H - 436	AD H - 435	AD H - 436	DN H - 435	DN 3050-W	AD 3044-W	DN 3044-W	AD 3050-W	AD 3025-W	DN 3025-W
DN H - 436		*	*	*	*	*	*	*	*	*
AD H - 435			*	*	*	*	*	*	*	*
AD H - 436				NS	NS	NS	NS	*	*	*
DN H - 435					NS	NS	NS	*	*	*
DN 3050-W						NS	NS	NS	*	*
AD 3044-W							NS	NS	*	*
DN 3044-W								NS	NS	*
AD 3050-W									NS	NS
AD 3025-W										NS
DN 3025-W										

NS = No Significativo con un $\alpha = 0.05$

* = Significativo

Cuadro A.8. Peso hectolítrico promedio de híbridos y densidades.

Tratamiento		Promedio		Tratamiento		Promedio	
D E N S	N O R M	3025 - W	76.366	A L T A	D E N S	3025 - W	77.064
		3044 - W	78.377			3044 - W	78.906
		3050 - W	79.002			3050 - W	77.615
		H - 435	79.663			H - 435	81.976
		H - 436	83.189			H - 436	79.777

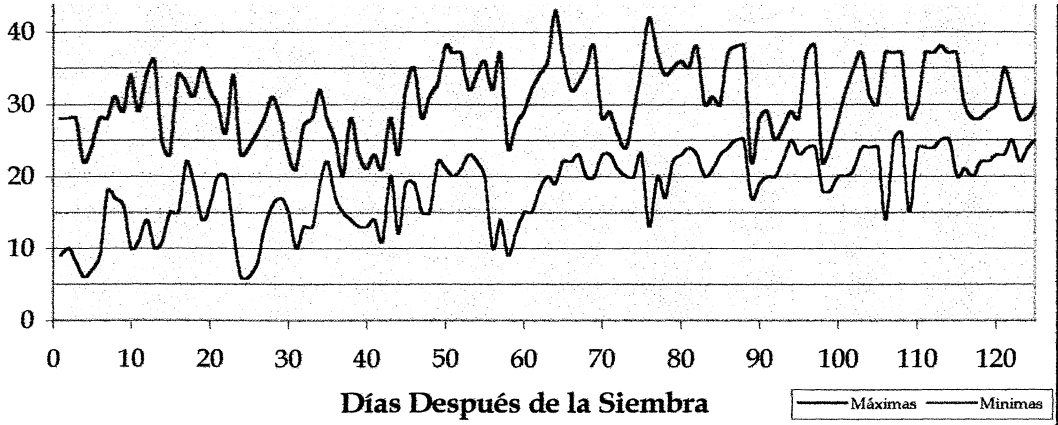
BANCO DE TESIS I I A A A N

12/08

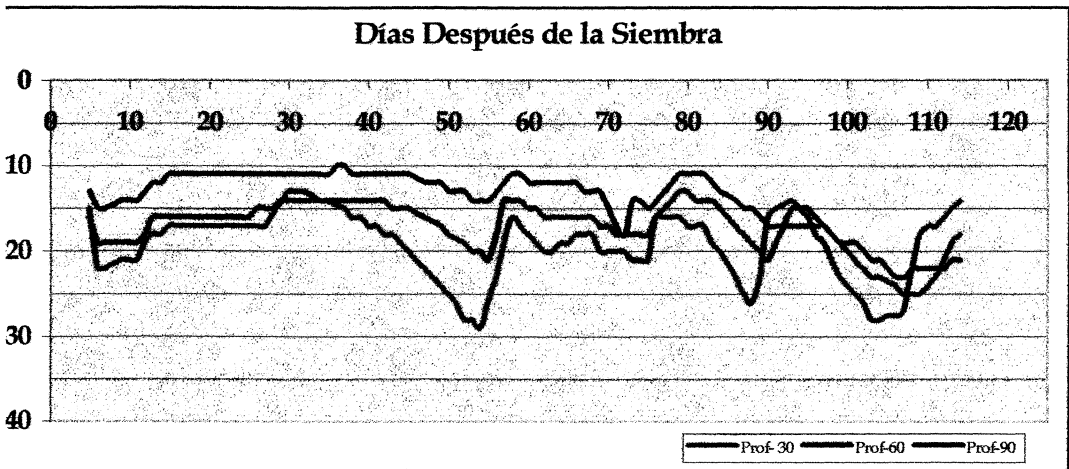
12/08

Fertilización	Trat	IAF				IAN				IEAF	Hecto	Rento.	
		57	71	86	100	57	71	86	100				
119-69-00		1	0.980	2.002	2.764	2.254	0.313	0.886	0.436	0.479	0.253	80.75	6988.68
195-69-135	Sin	6	1.780	2.779	3.007	2.641	0.434	0.603	0.281	0.673	0.254	80.38	7641.66
270-69-270	Micros	11	1.456	2.484	3.148	2.167	0.331	0.643	0.351	0.740	0.241	80.73	7578.77
Monitoreo		16	1.306	2.455	3.335	2.372	0.585	0.494	0.493	0.884	0.229	80.31	7652.73
119-69-00		2	1.228	2.524	2.596	2.301	0.457	1.038	0.314	0.556	0.307	80.76	7981.85
195-69-135	Mg	7	1.068	2.868	3.174	2.662	0.345	1.343	0.338	0.511	0.245	81.82	7766.12
270-69-270		12	1.364	2.379	2.458	2.837	0.405	0.649	0.473	0.870	0.313	80.58	7702.51
119-69-00	Mg	3	1.189	1.615	2.571	2.577	0.413	0.408	0.854	1.196	0.295	79.53	7585.38
195-69-135	Zn	8	1.664	2.946	2.968	2.937	0.348	0.759	0.489	0.760	0.265	81.27	7876.45
270-69-270		13	1.547	2.297	3.239	2.479	0.391	0.557	0.856	1.708	0.234	80.48	7585.49
119-69-00	Mg	4	1.230	1.685	2.637	2.165	0.385	0.637	0.462	0.851	0.277	81.28	7294.23
195-69-135	Zn	9	1.245	2.997	3.025	3.215	0.430	1.364	0.374	0.733	0.257	81.95	7783.34
270-69-270	Fe	14	1.628	2.277	3.011	2.558	0.372	0.732	0.355	0.763	0.252	81.47	7588.39
119-69-00	Mg-Zn	5	1.819	2.225	2.357	2.864	0.410	0.707	0.774	1.091	0.330	79.87	7782.23
195-69-135	Fe-Mn	10	1.708	2.448	2.934	2.454	0.467	0.387	0.425	0.830	0.264	79.75	7737.4
270-69-270		15	1.614	2.650	2.818	2.652	0.418	0.762	0.443	0.706	0.258	81.34	7264.15

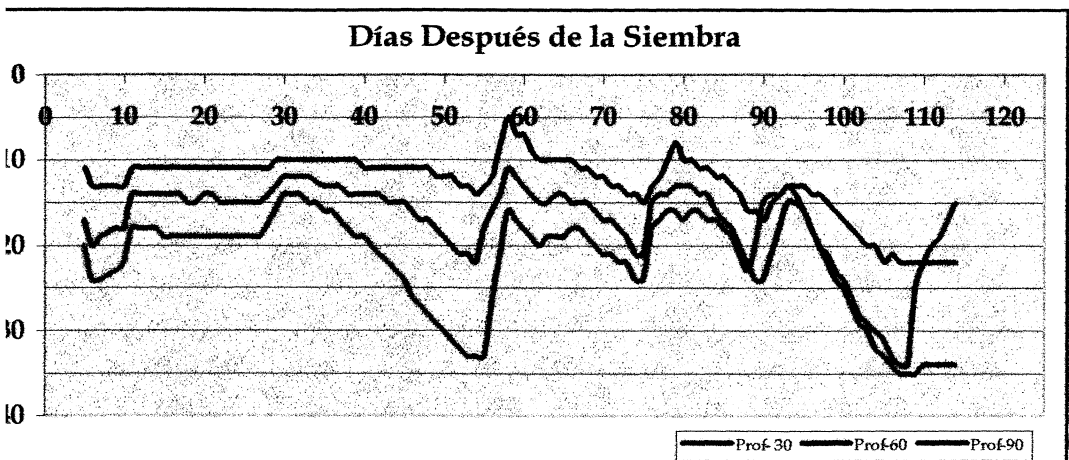
Densidad	Híbrido	IAF				TAN				IEAF	Hecto	Rento
		57	71	86	100	57	71	86	100			
Densidad Normal	P-3025-W	0.841	1.795	2.000	1.776	0.386	0.745	1.522	1.832	0.382	76.37	7630.04
	P-3044-W	0.658	1.678	1.822	1.438	0.333	0.810	2.019	2.105	0.408	78.38	7431.11
	P-3050-W	0.780	1.368	1.799	2.750	0.405	1.230	1.381	1.946	0.393	79.00	7072.23
	H-435	0.847	2.811	3.073	2.264	0.424	1.084	0.676	1.103	0.197	79.66	6066.56
	H-436	1.433	2.327	2.616	2.449	0.435	0.484	0.644	0.964	0.264	83.19	6904.11
Alta Densidad	P-3025-W	1.261	3.343	3.697	2.200	0.282	0.593	1.014	2.125	0.254	77.06	9374.00
	P-3044-W	0.987	2.004	3.690	2.772	0.347	0.806	0.893	1.404	0.256	78.91	9443.73
	P-3050-W	1.170	2.553	3.517	2.721	0.405	0.993	0.595	1.085	0.230	77.62	8103.32
	H-435	1.271	2.879	4.127	4.349	0.373	0.658	1.072	1.483	0.203	81.98	8361.28
	H-436	2.150	2.703	4.424	4.954	0.251	0.497	0.780	1.043	0.188	79.78	8297.91



a A.1. Temperaturas observadas durante el período de establecimiento.



a A.2. Tensión de la humedad del suelo en tratamientos de densidad normal.



a A.3. Tensión de la humedad del suelo en tratamientos de alta densidad.