

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISION DE INGENIERIA**



**DETERMINACION DE NIVELES OPTIMOS DE NUTRIENTES EN EL
CULTIVO DE SORGO (*Sorghum vulgare*) CON FERTIRRIGACION PARA LA
REGION DE ANAHUAC, NUEVO LEON.**

Por:

NELLYBETH RODRIGUEZ MARTINEZ

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

Ingeniero Agrónomo en Irrigación

***Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Marzo de 1999***

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE INGENIERIA

**Determinación de Niveles Optimos de Nutrientes en el Cultivo de Sorgo
(Sorghum vulgare) con Fertirrigación para la Región de Anáhuac, Nuevo
León.**

Realizado por:

Nellybeth Rodríguez Martínez

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito
Parcial para Obtener el Titulo de:**

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION

APROBADA

**M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos
Presidente del jurado**

**M.C. Marco Antonio Arellano García.
Asesor principal externo**

**M.C. Lindolfo Rojas Peña
Sinodal**

**Ing. Rolando Sandino Salazar
Sinodal**

**Ing. Jesús R. Valenzuela García
Coordinador de la División de
Ingeniería**

Buenavista, Saltillo, Coahuila México, Marzo de 1999.

DEDICATORIA.

A mis Padres:

Juan Rodríguez Jiménez

Rosario Martínez de Rodríguez.

Por que además de su ejemplo fue su amor y confianza la que me impulso a romper con todos los obstáculos.

A ustedes que no me abandonaron ni un solo momento y que cifraron en mi todo su empeño y sacrificios, les manifiesto que este logro también es suyo, por que el sueño que fue mío, sin ustedes, no hubiera sido posible.

Los amo.

A mis Hermanos.

José Guadalupe.

Claudia Islene.

Felipe.

Quienes en todo momento hicieron patente su apoyo, amor, confianza y fe.

Porque creyeron en mí y son mi mayor tesoro.

A Aquellos que Partieron.

Por que me dejaron un legado de incalculable valor, la amistad y el amor.

Efraín, José Alfredo, Víctor Hugo y Everardo; no han muerto, viven en cada acto noble y desinteresado.

A Toda mi Familia.

En especial a Argel, Erika, Nancy, Jarumy, Nestor, Eladio, Elvia, que con su animo y buenos deseos me impulsaron a seguir adelante.

A mis Amigos.

Por mencionar algunos, Mario, Profra. Celia, Nery, Omar, Rocío, Salvador, Gabriel, Delfino, Alejandra, Felipe, Arely, Lupita, Cristela, Arlen, Guillermo, Rafa. Por que sin su incondicional amistad y cariño la vida no hubiera sido fácil.

A mis Amigos y Compañeros de la generación LXXXVI.

A todas esas personas que en el transcurso de mi vida me han apoyado y que aun sin desearlo han quedado omitidas, pero nunca olvidadas.

Y a esa persona especial que aún sin pretenderlo, me infundio el coraje necesario para seguir luchando.

AGRADECIMIENTOS.

Con admiración y respeto mi agradecimiento a la gente campesina y humilde, aquellos que luchan día a día por hacer producir su tierra, a ustedes gente trabajadora que representan la fuente de mi inspiración y constancia.

Mi reconocimiento a aquellos que se enorgullecen de sus raíces y viven para defenderlas.

A Dios:

Por permitirme vivir y hacerme saber en cada momento de su omnipotencia y su bondad.

A mi Alma Mater:

Por albergarme en su seno durante 9 semestres y brindarme tantas satisfacciones.

Al Departamento de Riego y Drenaje:

Que mediante sus maestros, me heredaron el legado más valioso; sus conocimientos y consejos para hacer de mi una persona con aspiraciones mayores.

Mi mas sincero agradecimiento al **MC Marco Antonio Arellano**, Ingeniero Investigador del INIFAP, por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo y sus valiosas sugerencias.

Al MC Luis Edmundo Ramírez Ramos, por el apoyo y colaboración en el presente trabajo, por su confianza y amistad demostrada en mi estancia en la Universidad y por demostrar que el trabajo es el medio más grande de superación.

Al MC Lindolfo Rojas Peña.

Por su incalculable apoyo en el asesoramiento en este trabajo.

Al MC Luis Samaniego Moreno.

Por su gran amistad y enseñanzas.

A todo el personal del Campo experimental del INIFAP. En especial a **José Luis**, gracias por sus conocimientos.

A todo el personal del Departamento de Riego y Drenaje, gracias por su apoyo.

INDICE GENERAL.

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	3
HIPOTESIS.....	3
ANTECEDENTES DE LA FERTIRRIGACION.....	4
REVISION DE LITERATURA.....	6
ORIGEN DEL SORGO.....	6
Origen geográfico del sorgo.....	6
Origen Citogenético.....	6
IMPORTANCIA DEL CULTIVO.....	7
Importancia Mundial.....	7
Importancia Nacional.....	7
Importancia Económica para la región.....	9
DESCRIPCION AGRONOMICA.....	9
Características de la planta.....	9
A) Ciclo vegetativo.....	9
B) Clasificación sexual.....	10
C) Clasificación taxonómica.....	10
Variedad botánica.....	11
Variedad comercial.....	11
Morfología.....	11
A) Raíz.....	11
B) Tallos.....	12
C) Hoja.....	12
D) Flor.....	13
E) Fruto.....	13
CONDICIONES ECOLOGICAS Y EDAFICAS.....	14

Condiciones ecológicas.....	14
A) Temperatura.....	15
B) Humedad.....	15
C) Altitud.....	15
D) Latitud.....	15
E) Fotoperíodo.....	16
Condiciones edáficas.....	16
LABORES CULTURALES.....	17
Selección y preparación del terreno.....	17
SIEMBRA.....	18
Densidad de siembra.....	19
FERTILIZACION TRADICIONAL.....	20
GENERALIDADES DE LOS NUTRIENTES.....	22
Nutrición de las plantas.....	22
Importancia del nitrógeno.....	23
Deficiencias y excesos de nitrógeno.....	24
Importancia del fósforo.....	25
Deficiencias del fósforo.....	26
Importancia del potasio.....	26
Deficiencias del potasio.....	28
Otros nutrientes menores.....	29
PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	30
Plagas.....	30
Mosca de la panoja del sorgo o “mosca midge” (<i>Contarinia sorghicola</i>).....	31
Gusano Cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	31
Gusanos trazadores.....	31
Gusano Bellotero (<i>Helicoverpa zea</i>).....	32
Pulgones.....	32
Araña roja(<i>Tetranychus spp y Paratetranychus</i>).....	33
Otras plagas.....	33

Enfermedades.....	34
Enfermedades en semillas y plantulas.....	35
Enfermedades del tallo.....	35
Enfermedades de las hojas.....	36
Enfermedades de las panículas.....	37
COSECHA.....	37
USOS.....	38
USOS DE LA FERTIRRIGACION EN LA AGRICULTURA.....	39
Fertirrigación.....	39
Definición.....	39
Ventajas.....	40
Desventajas.....	41
METODO DE RIEGO UTILIZADO EN FERTIRRIGACION.....	43
Riego por goteo.....	44
REGLAS EMPIRICAS PARA GUIAR LA FERTILIZACION EN SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO.....	44
CALCULO DE LA TASA DE INYECCION FERTILIZACION EN SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO.....	46
EQUILIBRIOS QUIMICOS Y CALCULO DE LA FERTILIZACION.....	47
FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FERTIRRIGACION.....	47
El suelo y la fertirrigación.....	47
Textura.....	48
Capacidad de Intercambio catiónico.....	48
Salinidad.....	49
pH de la solución del suelo.....	50
FERTILIZANTES EN LA FERTIRRIGACION.....	51
Nitrogenados.....	51
Amoniacó anhidro.....	52
Orgánicos.....	53
Urea.....	54
Fosforados.....	56

Potásicos.....	56
Fertilizantes con azufre.....	57
Fertilizantes con micronutrientes.....	57
GENERALIDADES DE LOS FERTILIZANTES.....	57
Solubilidad de fertilizantes.....	59
Soluciones frías de mezclas de fertilizantes.....	60
Formas insolubles de precipitados.....	61
Compatibilidad de fertilizantes.....	61
Usos de Acidos.....	61
CALIDAD DEL AGUA PARA FERTIRRIGACION.....	62
El pH en el agua de riego.....	63
Contenido de sales en el agua de riego.....	63
Contenido de sodio en el agua de riego.....	63
La Capacidad de Intercambio catiónico.....	64
INVESTIGACIONES REALIZADAS EN FERTIRRIGACION EN	
FERTIRRIGACION.....	64
MATERIALES Y METODOS.....	68
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	79
CONCLUSIONES.....	92
BIBLIOGRAFIA.....	94
APENDICE.....	100

INDICE DE CUADROS.

Cuadro No. 1 Período de Siembra para Sorgo en Diferentes Regiones.....	19
Cuadro No. 2 Elementos Nutrientes para la Producción de Sorgo en una Hectárea.....	21
Cuadro No. 3 Requerimientos de Fertilizantes de Acuerdo a la Fuente de Suministro.....	21
Cuadro No. 4 Plagas más Comunes en el Cultivo del Sorgo.....	33
Cuadro No. 5 Composición y Acidez de Algunos Fertilizantes.....	51
Cuadro No. 6 Formulas y Solubilidad de Fertilizantes.....	60
Cuadro No. 7 Clasificación del Agua para Porcentaje de Sodio.....	64
Cuadro No.8 Resultado del Análisis Físico-Químico Practicado en las Muestras de Suelo.....	69
Cuadro No. 9 Etapas de Fertilización y Porcentajes Aplicados de Cada Nutriente.....	76
Cuadro No. 10 Dosis de Fertilización a Cada uno de los Tratamientos Estudiados.....	76
Cuadro No. 11 Etapas y Fechas de Aplicación de los Elementos Menores.....	77

INDICE DE FIGURAS.

Figura No.1 Comportamiento de la Temperatura en el Ciclo del Cultivo.....	71
Figura No. 2 Comportamiento de la Tensión de Humedad en el Cultivo de Sorgo.....	80
Figura No. 3 Comportamiento de CE en Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento de Sorgo en el Ciclo 97-98.....	81
Figura No. 4 Comportamiento del pH en Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento de Sorgo en el Ciclo 97-98	82
Figura No. 5 Comportamiento de NO ₃ en Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento de Sorgo en el Ciclo 97-98.....	83
Figura No. 6 Comportamiento del Potasio en Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento de Sorgo en el Ciclo 97-98	85
Figura No.7 Comportamiento de la CE en el Extracto del Suelo en Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento en el Ciclo 97-98.....	86
Figura No.8 Comportamiento del pH en el Extracto del Suelo en Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento en el Ciclo 97-98.....	88
Figura No.7 Comportamiento del Potasio en el Extracto del Suelo en Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento en el Ciclo 97-98.....	102
Figura No.9 Comportamiento de NO ₃ en el Extracto del Suelo en Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento en el Ciclo 97-98.....	104

Figura No. 10 Comportamiento de la Tensión de Humedad en el Suelo, en el Cultivo del Sorgo.....	105
Figura No.11 Comportamiento del Rendimiento en Tratamientos Sometidos a Dosis de Fertilización Incluyendo Micronutrientes.....	106

INTRODUCCIÓN

Actualmente en México se cuenta con nuevas formas de producción y de comercialización en el mercado internacional como consecuencia del Tratado de Libre Comercio, esto hace indispensable la utilización de nuevas tecnologías agrícolas, que permitan incrementar significativamente la producción por unidad de superficie, mejorando a la vez la calidad comercial del producto.

El desarrollo de nuevas tecnologías, así como el utilizar la fertirrigación a través de los sistemas de riego por goteo, impone una mayor eficiencia en el conocimiento de la nutrición de las plantas con respecto a su medio ambiente, aunado a lo anterior, el control en el manejo de la fertirrigación durante las diferentes etapas fenológicas de un cultivo requiere de herramientas que nos permitan entender el funcionamiento de las plantas.

Por otra parte, la continua degradación de los recursos hídricos locales, unido al progresivo incremento en el precio de las aguas de mayor calidad, hace necesario una reestructuración de los planteamientos iniciales a fin de conseguir un uso eficiente del agua mediante la utilización de la fertirrigación, a través de dosis y de momentos adecuados, conjuntamente con la aplicación de determinadas técnicas culturales, obteniendo de esta forma la optimización del capital invertido en las mismas.

La práctica de la fertirrigación en nuestro país requiere de una amplia investigación que oriente en el mejor manejo del agua de riego y de la nutrición vegetal. Con base a lo anterior se plantea el presente trabajo, con objeto de estudiar estas técnicas, analizar el uso de la fertirrigación en el cultivo del sorgo en la región, además, conocer el proceso técnico del cultivo del sorgo, determinar las ventajas de la fertirrigación en el cultivo y la viabilidad al cambio de un sistema tradicional de producción a un sistema de fertirrigación.

OBJETIVOS.

- Determinar los nutrientes primarios que más favorezcan la producción del cultivo de sorgo, para obtener un mayor rendimiento.
- Determinar el efecto de la aplicación de micronutrientes en el rendimiento del cultivo.

HIPOTESIS.

Con el uso de la fertirrigación, el incremento en la dosis de macronutrientes y la aplicación de micronutrientes en el cultivo de sorgo, se incrementará la producción.

ANTECEDENTES DE LA FERTIRRIGACIÓN

La fertirrigación es una técnica que nace con el empleo del sistema de riego por goteo, así mismo es un método de aplicación del agua en forma frecuentemente y eficiente y con los mínimos desperdicios de agua y de fertilizantes al ser aplicados mediante este sistema. Esta proporciona al agricultor múltiples beneficios ya que se obtiene un gran ahorro de los fertilizantes aplicados al ser dirigidos y fraccionados de acuerdo a las necesidades del cultivo. Esto Eficientiza el uso del agua y los fertilizantes. **(Burgueño, 1995).**

El uso de la fertirrigación es relativamente reciente en México, a pesar de haberse iniciado en el Estado de California en el año de 1930. Lógicamente se ha desarrollado paralelamente con el riego por goteo o similares. Así en el año de 1974, sólo existía en todo el mundo alrededor de 85,000 hectáreas bajo este tipo de riego. A partir de este período se ha producido una verdadera explosión en el crecimiento de la superficie regada por este método en todo el mundo, hasta el punto de que se han superado con mucho el millón de hectáreas **(Burgueño, 1996).**

La introducción de este tipo práctica combinando el riego y la fertilización, es de gran importancia tanto en el ámbito técnico como económico. Desde el punto de vista técnico, da lugar a un gran avance en la explotación agrícola, ya que su introducción requiere una mejora de la capacitación técnica del agricultor. Por

otra parte, la importancia económica es indudable, debido a las innumerables ventajas de la fertirrigación **(Domínguez, 1993)**.

El mismo autor cita que el manejo de la fertirrigación ha experimentado una evolución acelerada durante los últimos cuatro años, desde el aprendizaje, hasta la correcta utilización de tensiómetros, extractores de solución, análisis de savia, manejo de equilibrios químicos y eficiencia del riego. Obligados por las exigencias de un mercado internacional, cada vez más competitivo, esta evolución resulta mas necesaria. Con el inicio de la implementación del riego a escala (1972-1975) se observaron las potencialidades del sistema para lograr una alta uniformidad y oportunidad en la aplicación de los fertilizantes por esta vía, previa disolución en agua, con una velocidad de inyección de la solución fertilizante dependiente de las horas diarias de riego, los requerimientos nutricionales específicas de cada variedad de sorgo, según su estado fenológico y la concentración de la solución fertilizante.

REVISION DE LITERATURA.

ORIGEN DEL SORGO.

Origen Geográfico del Sorgo.

Robles (1981) Cita que el sorgo es originario de Africa en la zona ecuatorial. Su propagación a otras regiones del planeta se atribuye principalmente a la mano del hombre. El sorgo ha sido conocido en la India desde épocas prehistóricas y se sabe que se producía en Asiria, ya en los 700 a C. Plinio señala que el sorgo se había llevado a Roma desde la India, también se menciona que el sorgo llegó a China hasta el siglo XIII y al hemisferio occidental en el XVIII. Se considera que tiene 5000 años como especie cultivada por el hombre para sus diversos aprovechamientos.

Origen Citogenético.

El sorgo pertenece a la familia *Graminae*, tribu *andropogoneae*. La tribu *androgoneae* comprende dos géneros de sorgo: el genero *sorghum* en el cual se encuentra el sorgo y el genero *saccharum*. El género de cromosoma básico es el 5, 9 y 10 según sus distintas especies. El número básico de cromosomas entre la tribu Maydeae y la tribu *Andropogoneae* es de 5 y 10 por lo tanto, la poliploidia ocurre frecuentemente entre las dos tribus (**Robles 1981**).

IMPORTANCIA DEL CULTIVO.

Importancia Mundial.

El cultivo del sorgo ha adquirido gran importancia en los últimos años, ya que puede sustituir al maíz en la mayoría de los usos a que se destina como en la alimentación humana, como forraje y grano para la engorda de animales y para la industrialización. La planta actualmente se cultiva en muchas regiones de Africa, pero extensivamente también se realiza en la India, China, Manchuria y los Estados Unidos de Norteamérica. Se calcula que solamente en los E.U.A. se siembra alrededor de 10 millones de hectáreas, con una estimación de 65 % para grano, 20 % para forraje, 10 % para ensilaje y 5 % para otros usos. Es empleado en siembras comerciales en Asia Menor, Irán, Turkestán, Corea, Japón, Australia, el sur de Europa, México, y Sudamérica y algunas islas de las Indias Orientales y Occidentales (**Robles 1981**).

Importancia Nacional.

Robles (1981). Menciona que cultivo del sorgo en México empezó a adquirir importancia aproximadamente durante el año de 1958 en la zona norte de Tamaulipas al iniciarse el desplazamiento del cultivo algodonero en aquella región. Con el transcurso de los años este cultivo ha adquirido cada vez mayor importancia, ya que se ha extendido prácticamente a todos los estados de la República Mexicana, pero de acuerdo a las estadísticas señala que durante en el ciclo 76-77 se cultivo una superficie aproximada de 1,240,000 hectáreas.

La región la región Norte de Tamaulipas sigue siendo una de las zonas donde se cultiva la mayor superficie contando aproximadamente con un total 100,000 hectáreas en el ciclo primavera; otras regiones que han adquirido especial importancia por la superficie que cultivan y los rendimientos logrados, son: El Bajío (principalmente Guanajuato) con 300,000 hectáreas y la costa del Pacífico (principalmente Sinaloa y Sonora) con 150,000 hectáreas, le siguen en importancia Michoacán y Jalisco.

Los rendimientos que se obtienen son muy variables, sin embargo se tiene un promedio Nacional de 2.5 toneladas de grano por hectárea. Una de las zonas donde se alcanzan los mejores rendimientos es en el Bajío con 10 toneladas de grano por hectárea, así mismo el forraje en materia verde es mas o menos de 30 a 40 toneladas por hectárea en el primer corte.

La Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV, 1980) Enlista los principales estados productores de sorgo en México, de esta se citan los 10 primeros lugares por orden de importancia.

- | | |
|----------------|----------------|
| 1) Tamaulipas. | 6) Nuevo León. |
| 2) Guanajuato. | 7) Morelos. |
| 3) Jalisco. | 8) Nayarit. |
| 4) Sinaloa. | 9) Sonora. |
| 5) Michoacán. | 10) Chihuahua. |

La misma Dirección General de Sanidad Vegetal, estima que la Superficie Nacional dedicada inicialmente a la producción de sorgo para grano es del orden de 1,500,000 hectáreas, que permite al País contar con una producción total anual de 5,000,000 de toneladas. Las cuales son destinadas a la producción de leche, carne y huevo al aprovecharse el grano en la industria de alimentos balanceados para aves y ganado.

Importancia Económica para la Región.

Ovando (1987) Menciona que el sorgo es uno de los principales cultivos de la región de Anahuac Nuevo León, este es irrigado con el agua proveniente de la presa "Don Martín". El cultivo representa un aporte importante a la economía y a la vez una fuente de trabajo para los habitantes de este municipio.

En condiciones de riego se obtiene una producción de 3 ton/ha y en temporal 2.5 ton/ha.

DESCRIPCIÓN AGRONÓMICA.

Robles (1981) Cita algunas Características de la Planta como son:

A) Ciclo Vegetativo.

El sorgo es una especie vegetal con hábito de crecimiento anual, su ciclo vegetativo tiene un rango muy amplio según la variedad y las regiones, en general las variedades de mayor rendimiento son aquellas que tienen un ciclo vegetativo de 120 a 140 días, mas tiempo no es recomendable ya que estas variedades

ocupan demasiado tiempo el terreno del cultivo. Existen excepciones respecto a esta conclusión, sin embargo son casos muy particulares debido a factores limitantes de la producción, la que, de cualquier manera es afectada.

B) Clasificación Sexual.

El sorgo es una planta sexual, monoica, hermafrodita, incompleta, perfecta:

Sexual. Porque su multiplicación se realiza por medio de una semilla, cuyo embrión se originó por la unión de un gameto masculino y de un femenino.

Monoica. Por encontrarse el androceo y gineceo en una misma planta.

Hermafrodita. Por contener el androceo y el gineceo en una misma flor.

Incompleta. Por carecer de una de las estructuras del perianto floral.

Perfecta. Por encontrarse flores que tienen los dos órganos sexuales en la misma flor.

C) Clasificación Taxonómica.

Reino... Vegetal

División... *Trachaeophyta*.

Subdivisión... *Pteropsidae*.

Clase... *Angiospermae*.

Subclase... *Monocotiledoneae*.

Grupo... *Glumiflora*.

Orden... *Graminales*.

Familia... *Graminae*.

Subfamilia... *Panicoideas*.

Género... *Sorghum*.

Especie... *vulgare*.

Variedad Botánica.

Sudanense.

Technicum.

Almum.

Variedad Comercial.

Diversas para grano.

Diversas para forraje

Morfología.

A) Raíz.

Según **Robles (1984)** Las raíces del sorgo son adventicias, fibrosas y desarrollan numerosas laterales. La profusa ramificación y amplia distribución del sistema radicular es una de las razones por las cuales el sorgo es resistente a las sequías, aunque otros factores también contribuyen a la marcada resistencia de la especie. La planta crece lateralmente hasta que el sistema radicular está bien establecido, de manera tal que para la época de madurez las raíces tienen un área foliar aproximadamente igual a la mitad de la de maíz. La planta puede permanecer latente durante largos períodos de sequía sin que las partes florales en desarrollo mueran, pueden además continuar nuevamente el crecimiento una vez que las condiciones vuelvan a ser favorables.

B) Tallos.

Estos son cilíndricos, erectos, sólidos y alcanzan una altura de 0.60 m a 3.50 m, los tallos están divididos longitudinalmente en canutos (entrenudos) cuyas uniones las forman los nudos y de ellos emergen las hojas. Cada nudo está provisto de una yema lateral. En algunas variedades, una, dos o tres de las yemas inferiores se desarrollan para formar macollos; esta clase de amacollamiento no se considera indeseable, sin embargo, el desarrollo de yemas laterales en los nudos superiores tiene como resultado una especie de ramas cuyas espigas maduran mucho más tarde que la principal y por lo tanto se considera indeseable, la longitud de los entrenudos o canutos determina la altura de la planta, que algunas variedades doble enanas, enanas y altas, de la misma precocidad y en el mismo estado de madurez, tendrá el mismo número de hojas, nudos y entrenudos siendo la diferencia en estatura debido a la longitud de los entrenudos en algunas variedades, pero diferentes en otras.

C) Hojas.

Las hojas aparecen alternas sobre el tallo, las vainas foliares son largas y en las variedades enanas se encuentran superpuestas. Todas las variedades varían en el tamaño de sus hojas, sin embargo todas ellas poseen algo más pequeñas que las de maíz. Las hojas de sorgo se doblan durante los períodos de sequía, característica que al reducir la transpiración, contribuye a que la planta sea una especie resistente a la sequía.

D) Flor.

La inflorescencia del sorgo se conoce con el nombre de panícula, compacta o semicompacta, sea de grano o escobero. Las flores sencillas son de dos clases, sésiles y pediceladas, las últimas son por lo general estaminadas, cada florecilla sésil contiene un ovario, el cual después de la fecundación se desarrolla para formar una semilla. El androceo y el gineceo se encuentran cubiertos por las glumas, totalmente en algunas variedades y muy parcialmente en otras glumas son generalmente de color negro, rojo, café o color paja. Las flores del sorgo abren durante las primeras horas de la mañana y parece ser que alguna reacción que ocurre en la obscuridad es necesaria para la floración. Una panícula de sorgo puede llegar a tener hasta 6000 flores, cuyas anteras pueden producir hasta 24,000,000 de granos de polen ordinariamente requieren un periodo de 5 a 7 días para su completa floración, aunque en condiciones de temperatura relativamente baja, este periodo puede ser un poco más largo.

El sorgo generalmente se autofecunda; sin embargo, no existe ningún obstáculo para la autofecundación cruzada pues cuando 2 variedades diferentes se encuentran en parcelas contiguas puede estimarse el cruzamiento en un 5 % o más según las variedades. El polen aparece inmediatamente después de la dehiscencia y retiene su viabilidad por menos de una hora. Los estigmas, por el contrario, permanecen receptibles por varios días.

E) Fruto.

Los granos de sorgo, que en un número de 25,000 a 60,000 forman un kg, son pequeños en comparación con los de maíz, estos se encuentran en número de

4000 a 8000 por Kg como puede observarse, el número de los primeros es mucho mayor que el de los segundos.

El color de la semilla, ya sea blanco, rojo, amarillo o café proviene de los complejos genéticos que envuelven al pericarpio. La mayor parte del cariopside (fruto de las gramíneas) es endosperma, el cual se compone de almidón casi en su totalidad.

CONDICIONES ECOLÓGICAS Y EDÁFICAS.

Condiciones Ecológicas.

Robles (1981). Siendo un cultivo que se siembra en diversos países del mundo, es por lo tanto una especie que se adapta a condiciones ecológicas y edáficas muy diversas, así mismo es susceptible de aprovecharse económicamente en siembras comerciales para regiones agrícolas que cuenten con las siguientes condiciones:

A) Temperatura. Se considera como temperatura óptima para su crecimiento los 26.7 °C y como mínima 16 °C; temperaturas menores de 16 °C ya no son convenientes, ya que el ciclo se alarga y los rendimientos bajan, sin embargo, se han desarrollado variedades para climas templados con temperaturas medias de 15 °C. La temperatura máxima en que se puede desarrollar el sorgo es 37.5 °C.

B) Humedad. Los sorgos se cultivan ampliamente en las regiones tropicales y templadas, sin embargo pueden desarrollarse en regiones muy áridas. Su capacidad para tolerar la sequía, el álcali y las sales, que la mayor parte de las plantas cultivadas, hace de los sorgos un grupo valioso en las zonas marginales; debido a la resistencia a la sequía, es propio del sorgo cultivarse en las áreas donde la lluvia es insuficiente para el cultivo del maíz, como en aquellas que tengan una distribución de 400 a 600 mm de precipitación anual.

C) Altitud. Por sus altas exigencias de temperatura, raramente, se cultiva más allá de los 1800 m de altura. Siendo más favorablemente de 0 a 1000 msnm. En México, se han realizado experimentos en este sentido, cultivando con éxito a 2200 msnm. En el Valle de Toluca que tiene una altitud de 2600 msnm se han hecho pruebas con resultados satisfactorios.

D) Latitud. El sorgo se cultiva desde 45° latitud norte a 35° latitud sur. El área comprendida entre estas latitudes se puede cultivar el sorgo con mayores rendimientos, debido a que más al norte o más al sur las temperaturas son más bajas, ocasionando que no sean buenos los rendimientos.

E) Fotoperíodo. Este cultivo se caracteriza por tener un fotoperíodo corto, lo que quiere decir que la maduración de la planta se adelanta cuando el período luminoso es corto y se alarga cuando es obscuro. Sin embargo existen diferencias en cuanto a la sensibilidad a la longitud del fotoperíodo, estas son de origen genético y tienen como resultado las diferencias en madurez que son comunes entre las diversas variedades del sorgo. Por lo tanto periódicamente

han ocurrido mutaciones, las cuales se han utilizado para extender el cultivo de la especie a latitudes mayores. Se presentan casos en que existe insensibilidad al fotoperíodo, esto se debe, aparentemente, a la influencia de ciertas condiciones de temperatura. De esto se desprende que el periodo de crecimiento en el sorgo es influenciado tanto por la temperatura como t por el fotoperíodo.

Condiciones Edáficas

Robles (1984).

A) Suelos. El cultivo del sorgo se desarrolla en una gran diversidad de suelos pero se adapta mejor en los terrenos ligeros, profundos y ricos en nutrientes. Los suelos arcillosos y de aluvi3n, aunque pueden proporcionar buenos rendimientos, tienen el inconveniente de que la sequía provoca daos en el sistema radicular, al agrietarse el terreno hay que recurrir al agua de riego en los casos extremos. Por otra parte, se ha encontrado que el cultivo puede desarrollarse en terrenos con ciertas proporciones de sales solubles que limitan la producci3n de otros cultivos.

B) Humedad del suelo. El sorgo tiene varias características que le dan resistencia a la sequía, como es la profusa ramificaci3n y amplia distribuci3n del sistema radicular, una serie de células higroscópicas en hileras, se encuentran a los lados de la nervadura central, lo anterior causa que las hojas se doblen en lugar de enrollarse como el maíz; el doblamiento de las hojas se lleva a cabo más rápidamente que el enrollamiento, disminuyendo por lo tanto la

transpiración; además, las hojas del sorgo tienen una mayor eficacia que el maíz referente al consumo de agua. La capa cerosa se localiza también en los primeros entrenudos, ocasionando con esto un mecanismo que da a la planta mayor resistencia a la sequía (**Robles 1981**).

LABORES CULTURALES.

Selección y Preparación del Terreno.

Ibar (1984) Sugiere que durante la preparación del terreno para la siembra se debe tener en cuenta dos factores principales, estos serán los indicadores de las labores a realizar, uno de estos es el pequeño tamaño del grano del sorgo que al germinar dará lugar a plantas de tamaño pequeño y muy tiernas, que exigirán para poder sobresalir del suelo, se encuentre desterronado, fino y sin costra superior que impida la salida al exterior del tallo de la nueva planta; otro factor es el gran desarrollo, tanto en longitud como en ramificación de las raíces, esto exige que las labores previas de desfonde y arado sean profundas, con la finalidad de expandir las raíces, llegando a la máxima profundidad del suelo donde se conserva la humedad. Una buena preparación del suelo facilita la germinación de la semilla y ahorra agua durante los riegos, favoreciendo de esta forma la eficiencia de las prácticas posteriores. El **subsuelo** es una labor previa muy eficaz, pero costosa por lo que solo debe realizarse cada 4 o 5 años, esta labor requiere una fuerte tracción de arrastre del aparato o arado, cuando se realice debe alcanzar una profundidad de 50 a 70 cm. y de 30 - 40 cm entre separación.

También Ibar (1984) En forma general recomienda **barbechar** cuando menos hasta una profundidad de 20 cm. Debiendo **rastrearse** hasta desmenuzar los terrones existentes; posteriormente se debe **nivelar** o cuando menos emparejar el terreno lo mejor posible, posteriormente seguir con una labor como lo es el **arado corriente**, esta labor tiene como finalidad disponer de tierra suelta y porosa, donde más fácilmente penetrará el agua de lluvia o riego, de esta labor de arado profundo seguirá otra más superficial de grada, de no ser suficiente se realizará un paso con **rotovactor** con el fin de dejar la tierra principalmente la más superficial, desterronada y mullida. Las labores deben efectuarse con la mayor anticipación posible antes de la siembra, con el fin de que la tierra se meteorice, absorba bien la humedad aportada por las lluvias y se fermenten los restos vegetales, como raíces, troncos y otros procedentes de anteriores plantaciones.

SIEMBRA.

Ibar (1984) Menciona que las condiciones climatológicas de la región determinan la época óptima de siembra en los cultivos, sin embargo, en algunos campos experimentales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), anteriormente INIA, se han determinado las fechas más adecuadas, más convenientes para la siembra de esta gramínea. Algunas de las recomendaciones hechas son las siguientes:

Cuadro 1. - Períodos de Siembra para Sorgo en Diferentes Regiones.

REGION	PERIODO	FECHAS
TAMAULIPAS	De primavera	15 de febrero 15 de marzo
	De verano.	No es aconsejable por presentarse problemas con plagas
MICHOACAN	Cuando el periodo de lluvias este perfectamente establecido, no después del 30 de julio.	

Densidad de Siembra.

Ibar (1984) Cita que el número de plantas por hectárea es un punto fundamental para la obtención de buenos rendimientos, estos dependen de las condiciones existentes, principalmente de humedad, bajo las cuales se efectúe el cultivo. En siembras realizadas con temporales deficientes en riegos limitados, se deberá utilizar de 4 - 6 Kg / ha. de semilla. Para cultivos de condiciones medias de humedad (buen temporal o mal temporal con riegos de auxilio) se recomienda sembrar de 8 - 10 Kg / ha de semilla. Así mismo, para siembras de riego o de buen temporal uniformemente distribuido, donde el cultivo del sorgo no sufriría deficiencias de humedad, se recomienda de 10 - 12 Kg / ha. de semilla. Por otra parte en sorgos forrajeros se recomienda 15 Kg de semilla/ ha, sin embargo es variable de acuerdo a las condiciones ecológicas y edáficas de las distintas regiones agrícolas.

FERTILIZACIÓN TRADICIONAL.

La aplicación de fertilizantes a través del agua de riego es una técnica que se caracteriza por su simplicidad y economía. Algunos de los fertilizantes sólidos y líquidos deben de ser lo suficientemente solubles y compatibles, por lo tanto los suministros de micronutrientes son más efectivos que en otros sistemas de riego debido a que las cantidades necesarias de estos elementos son generalmente muy bajas y es difícil determinarlas con grandes caudales de agua en forma fraccionada, de ahí la importancia del riego por goteo, con el cual se disminuyen las dosis llegándose a emplear hasta un 20 % menos de los quelatos que se utilizarían en el sistema de aspersion además de lograr una distribución más homogénea. La aportación de fertilizantes está en función de la cantidad de elementos nutritivos que existen en el suelo, esta situación es conocida mediante un análisis de suelo verificada antes de la siembra, así mismo se indicará la cantidad precisa para el buen desarrollo de una plantación de sorgo. La diferencia de nutrientes deberá aportarse mediante el abonado **(Rodríguez, 1982)..**

Según **Spears y Cottey** citado por **Wall (1975)** Determinaron que en una hectárea de cultivo de sorgo para grano, para producir la cantidad de sorgo que a continuación se detalla, tanto en grano, hojas, tallos y raíces (expresada en kilos) requiere la cantidad mencionada en el Cuadro 2 de los tres principales nutrientes: Nitrógeno (N), Fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O).

Cuadro 2. Elementos de Nutrientes para la producción de Sorgo en una Hectárea.

	PRODUCCION (kg)	N (kg)	P₂O₅ (kg)	K₂O (kg)
GRANOS	6270	110	35	20
HOJAS	1980	20	5	10
TALLOS	5580	10	5	15
RAICES	3270	10	10	5
TOTAL	17100	150	55	50

Los elementos primordiales en la proporción 1-1-1 o sea por hectárea 50 kg. de K₂O que si se emplea un abono complejo de formula 15-15-15 es decir, 15 % de cada uno de los elementos, para esto serán precisos 350 kg. de este complejo. Por otra parte, también puede emplearse una mezcla extemporánea de una sal de amonio, Superfosfato y sal potásica.

Teniendo en cuenta la riqueza del fertilizante, tendremos:

Cuadro 3. Requerimientos de Fertilizantes de Acuerdo a la Fuente de Suministro

Elemento	Cantidad Requerida (Kg.)	Fuente	% de Riqueza	Cantidad de la Fuente	*Mezcla Extemporánea
N	50	Sulfato de amonio	21	250	300
P ₂ O ₅	50	Superfosfato de calcio	18	280	360
K ₂ O	50	Sulfato potásico	50	100	120

Estas cantidades teóricas se incrementan para compensar las pérdidas ocasionadas por el lavado, evaporación de nitrógeno, degradación de los superfosfatos y por la retención del suelo de sulfato potásico. Si se tiene en cuenta este incremento, la fórmula ideal para el abonado sería emplear la fórmula 15-15-15 que equivale a 400 Kg. así mismo si se emplea la mezcla extemporánea *.

La mejor manera de aplicar el abono es realizándolo de fondo, este se lleva a cabo un poco antes de la siembra, es decir al hacer la última labor de arado superficial que sirve para descostrar y ablandar la tierra inmediatamente antes de verificar la siembra. La respuesta a la fertilización varía entre diferentes materiales vegetativos, algunas variedades tradicionales, desarrolladas en condiciones de baja fertilidad y sequía producen de 6 a 10 Kg. de grano por kg. de Nitrógeno (N) aplicado, mientras que las variedades que responden a altos niveles de fertilidad producen de 20 a 40 kg. / ha. de nitrógeno aplicado a líneas disponibles Localmente deberían estudiarse para determinar su capacidad de respuesta a la fertilización. **(House 1982).**

GENERALIDADES DE LOS NUTRIENTES.

Nutrición de las Plantas.

Para que las plantas se desarrollen normalmente deben contar con el medio adecuado donde se encuentren localizados los nutrientes llamados macro, micro y oligoelementos; dentro de los macroelementos encontramos al

Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, y Azufre; así mismo los microelementos como el Hierro, Manganeso, Boro, Molibdeno, Cobre, Zinc y Cloro. Los oligoelementos son Hidrogeno, Carbono, y Oxígeno estos elementos o nutrientes se les considera como esenciales para crecimiento y desarrollo de las plantas (**Ortíz, 1977. Tisdele y Nelson 1982**).

Con base a los elementos requeridos en la nutrición de las plantas **Bidwell (1987)**, mencionado por **Arnon (1993)** propuso los siguientes criterios de esencialidad:

1. - Bajo la ausencia del elemento en cuestión no es posible el desarrollo normal de la planta.
- 2.- Los síntomas de deficiencia deben ser corregidos, solo con el abastecimiento del elemento correspondiente.
3. - Las funciones del elemento químico o su influencia sobre el metabolismo deben ser conocidas.
4. - El elemento debe tener acción directa en la nutrición y no solo actuar a través de variaciones en el sustrato.

Importancia del Nitrógeno.

El nitrógeno tiene vital importancia para la nutrición de la planta y su suministro debe ser controlado por el hombre. Este elemento, para ser absorbido por la mayoría de las plantas (excepto leguminosas), debe estar en forma de ión nitrato (NO_3), ión amonio (NH_4), ión amidico (NH_2) y urea (NH_2) para que la

planta los asimile. La manera más rápida en que la planta lo asimila es en forma de nitrato (**Tisdale y Nelson, 1985**).

Edmon, et al (1979), indican que generalmente cuando hay abundancia de carbohidratos y de nitrógeno aprovechable, los procesos vegetativos dominan sobre los reproductivos y en cambio, cuando hay abundancia de carbohidratos y el nitrógeno aprovechable es moderado, los procesos vegetativos son menos dominantes y los procesos reproductivos son más predominantes.

Deficiencias y Excesos de Nitrógeno.

Una deficiencia de nitrógeno se traduce en una palidez gradual o clorosis de las hojas maduras que llegan a tornarse amarillentas y se desprenden fácilmente. La clorosis se extiende de las hojas maduras a las jóvenes, las que usualmente no muestran los síntomas característicos de deficiencia hasta que esta muy avanzada en las partes viejas de la planta: esto indica que el nitrógeno de las hojas maduras se moviliza y se transporta a las partes jóvenes en crecimiento, conforme lo necesita.

La aplicación de nitrógeno en exceso causa con frecuencia una gran proliferación de tallos y hojas, pero se presenta una reducción de frutos en plantas de cultivo, además prolongan el periodo de crecimiento y retrasan la madurez del cultivo (**Bidwell, 1987, Tisdale y Nelson, 1982**).

Importancia del fósforo.

Tanto el fósforo, como el nitrógeno, son muy importantes como parte estructural de muchos compuestos, principalmente ácidos nucleicos y fosfolípidos, además juega un papel básico en las transformaciones de energía y participa en el metabolismo de las grasas y las proteínas (Tamhane, 1983 y Bidwell, 1987).

El fósforo es absorbido por la planta en forma de ion primario ortofosfato (HPO_4) y pequeñas cantidades del ion secundario ortofosfato (HPO_4) con la primera forma es de diez veces más rápida la absorción por las raíces de la planta, lo cual va a depender del pH que rodea las raíces (**Tisdale y Nelson, 1982**).

El fósforo en el suelo aparece casi exclusivamente en forma de ortofosfato, el contenido total está en el rango de 0.02 a 0.15% de P. Una cantidad sustancialmente de fósforo, esta asociada con la materia orgánica del suelo; en suelos minerales, la proporción de fósforo orgánico liberado está entre 20 y 80 % del fósforo total, como es señalado por **Williams (1959)**, mencionado por **Mangel y Kirkby, (1982)**.

Como las raíces de la planta crecen a través del suelo, estas entran en contacto con el fosfato de la solución y proveen una alta demanda de P_2O_5 . Así mismo el fosfato es absorbido por las raíces, en altas cantidades, dejando la solución del suelo vecino agotado de fósforo.

Este agotamiento crea un gradiente, entre la concentración de fosfato en todo el suelo (**Olson y Watanabe, 1970 citados por Mengel y Kirkby, 1979**).

Deficiencias del Fósforo.

Cuando en la planta existe escasez de fósforo los síntomas son: caída prematura de las hojas, desarrollo de antocianinas en tallos y nervaduras foliares con un color púrpura o roja, presentan además zonas necróticas en hojas, peciolo o frutos, así como un achaparramiento en las plantas. **(Devlin, 1980).**

Ocasionalmente la falta de fósforo inhibe la utilización de nitrógeno, desarrollándose un color verde pálido o verde amarillento, además, retrasa la formación de semillas.

El fósforo es altamente movilizado en las plantas, cuando existe una deficiencia en el crecimiento, presenta un raquitismo en la planta y una producción de semillas arrugadas **(Troeh, 1980 y National Plant Food Institute, 1982).**

Importancia del Potasio.

Debido a que los suelos de México son ricos en potasio, este elemento es algunas veces considerado como secundario. En el caso de algunos cultivos, entre ellos el chile, es necesario debido a la rápida disponibilidad de este durante las primeras etapas de desarrollo **(Tisdale y Nelson, 1982).**

El potasio favorece la acumulación de la sustancia de reserva en los bulbos, tubérculos y raíces, estimulando la producción de flores y en consecuencia la de los frutos y semillas. Entre las funciones del potasio, se menciona la formación de carbohidratos y proteínas, la regulación de las condiciones del

agua dentro de la célula vegetal y del agua perdida por transpiración, como agente catalítico y condensador de algunas materias complejas, como aceleración de enzimas y como factor de fotosíntesis mediante sus propiedades radioactivas. **(Velasco, 1960).**

Tamhane (1983) Menciona que el potasio de la planta está fijado en las proteínas de la misma y que los efectos del ión sobre la planta son los siguientes:

- ◆ Incrementa la eficiencia de la hoja para elaborar azúcares y almidón. De este modo el potasio es requerido en grandes cantidades por cultivos como la papa, camote, nabo, plátano y tapioca.

- ◆ Ayuda a mantener la permeabilidad de la célula; ayuda al traslado de lugar de los carbohidratos y hace que el hierro sea más móvil en la planta.

- ◆ Aumenta la resistencia de la planta a las enfermedades.

- ◆ Interviene en el mecanismo de apertura y cierre estomático.

- ◆ Actúa como activador de la acción de enzimas.

- ◆ Al ser muy móvil, impulsa la división celular normal en los tejidos meristemáticos jóvenes; ayuda a la formación de proteínas, aumenta el tamaño de granos y semillas. La función del potasio probablemente es más de orden físico-químico que fisiológico, ya que es un ión móvil que actúa directamente en la formación de compuestos ternarios (hidratos de carbono y albúminas) e indirectamente sobre la formación de protidos y fermentos, asimilación, precipitación y movimiento. **(Tisdale y Nelson 1982).**

Al potasio lo absorben las raíces de los compuestos Potásicos o de la solución del suelo y que por su carácter radioactivo, desprende electrones por efecto de la luz solar, los cuales son imprescindibles para la fotosíntesis. Por ello, la escasez de potasio detiene la asimilación de carbono (**García, 1980**).

Deficiencias del Potasio.

Tisdale y Nelson, (1982). Señalan que la deficiencia de potasio provoca un desequilibrio en el crecimiento de las células de diferentes partes de la hoja dando lugar a encorvaduras pronunciadas hacia el envés. La diferencia se presenta primero en las hojas viejas en forma de manchas cloróticas las cuales se vuelven necróticas al intensificar la deficiencia, esto ocurre en los ápices y se extiende a lo largo de los bordes de la hoja. La fotosíntesis disminuye con la deficiencia del potasio, al mismo tiempo la respiración aumenta, lo cual reduce la formación de carbohidratos y por consiguiente, el crecimiento de la planta, también reduce el rendimiento de los cultivos y la madurez de los frutos no es uniforme.

Russell, (1968) Menciona que la cantidad de agua afecta la cantidad de elementos nutritivos absorbidos por la planta ya que a medida que aquella aumenta se incrementa la absorción de minerales. Las plantas solo pueden obtener la cantidad de elementos nutritivos de un suelo húmedo, también comenta que la planta necesita de nutrientes para cumplir con diversas funciones como son:

1. - Para construir su protoplasma y formar todas las enzimas que requiere para sus procesos vitales y de crecimiento.
2. - Para la elaboración de sus tejidos; para soportar y proteger al protoplasma.
3. - Para transportar los elementos nutritivos de un órgano a otro.

Otros Nutrientes Menores.

Entre los elementos minerales que las plantas toman del suelo, son en mayor cantidad, los llamados macroelementos: nitrógeno, fósforo y potasio, ya citados; otros en menor cantidad, pero indispensables para la vida de las plantas son: Calcio, magnesio y azufre y, finalmente existen otros que se encuentran en las plantas solo en pequeñísimas cantidades, los llamados microelementos o también oligoelementos.

En el sorgo normalmente no se presentan deficiencias de azufre ni de calcio, pues generalmente estos elementos se encuentran en el suelo en cantidad suficiente, el calcio existe incluso en exceso, además con la aportación de fertilizantes, como calcio, superfosfato cálcico y azufre en forma de sulfato amónico o potásico, hay suficiente.

Algunas veces en los cultivos de sorgo se han detectado la falta de magnesio, elemento muy importante en la formación de la clorofila, por la clorosis, también por la pérdida de color de las hojas, principalmente en las formadas primero, o sea, las de la base del tronco. La falta de magnesio se corrige con la adición en el abonado, mejor en el de fondo, de una de las sales de sulfato magnésico o sulfato potásico-magnésico, con un contenido del 11 % de magnesio

empleando abonos complejos, además de nitrógeno, fósforo y potasio contengan, como cuarto elemento al magnesio.

La proporción de hierro, es relativamente pequeña pero indispensable, aparece principalmente en los órganos jóvenes y tiene una importante acción en el funcionamiento de los cloroplastos, sin que entre en la composición de ellos.

Así mismo se precisan unos centenares de granos por hectárea, cantidad que, generalmente contiene el suelo, pero muchas veces en forma no asimilable, ya que la presencia en el suelo de mucha cantidad de cal, forma sales insolubles de hierro no asimilable por las plantas; la aplicación de sulfato ferroso no resolverá nada esta sal, que, a su vez, será insolubilizada por la cal del suelo; la solución consiste en la aplicación de los llamados quelatos de hierro, compuestos ionizables solubles en agua, aplicándose en solución por riego o bien por pulverizaciones en las hojas. Las deficiencias de manganeso, boro, cobre, etc. no influyen en el desarrollo del sorgo. **(Ibar 1984).**

PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Según Robles Sánchez (1981).

Plagas.

El uso de insecticidas específicos es muy importante, dado que son varios los insectos que actúan como plagas de este cultivo, ocasionando la merma de cosechas y en algunos casos acabándola por completo.

Mosca de la Panoja del Sorgo o "Mosca Midge" (*Contarinia sorghicola*).

Se ha observado que infestaciones fuertes de esta plaga reducen considerablemente el número de granos en las panojas de tal manera que donde deberían existir cientos de granos se encuentran unas decenas. En esta forma el rendimiento de 5 ton/ha puede quedar reducido a 500 kg. haciendo incosteable aún la operación de trilla.

La mosca inverna como larva dentro de un cacón, principalmente en el zacate johnson, emergiendo cuando se encuentra en flor, reproduciéndose en las primeras panojas, en el momento en que florecen las siembras tempranas de sorgo comercial, pasan al mismo. El principal vehículo de disseminación es el viento, el que lleva a adultos a grandes distancias.

Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Esta plaga al igual que en el maíz ataca al follaje del sorgo desde la emergencia hasta poco antes del espigamiento, las palomillas colocan masas de huevecillos sobre las hojas, las larvas se dirigen al cogollo del cual se alimentan, dando como resultado que las hojas salgan rasgadas o perforadas. Si existen ataques fuertes durante la emergencia de las plantas se recomienda controlar la plaga para evitar que sean destruidas. En ataques posteriores solo se recomienda el control de la plaga cuando haya un mínimo de 50 % de plantas dañadas.

Gusanos Trazadores.

El daño que causan las larvas de varias especies de la familia *Noctuidae* como *Agrotis sp.*, *Pridroma saucea* y *Feltia subleranea*, se alimentan durante la

noche, cortan los tallos aproximadamente al nivel del suelo y destruyen las pequeñas plantas afectando así la densidad de población. Una sola larva puede destruir varios metros de surco pues consume únicamente una pequeña parte de la planta. Este insecto se presenta en focos aislados situados generalmente en las orillas del terreno, por lo que se recomienda aplicaciones terrestres en focos infestados.

Gusano Bellotero (*Helicoverpa zea*).

El gusano bellotero es otra plaga importante que ataca a la panoja. Los huevecillos son depositados en la propia panoja y las larvillas se introducen dentro de ella alimentándose de granos que están en formación, posteriormente las larvas grandes trozan las espiguillas. Se recomienda el control de esta plaga cuando existen de 20 a 30 larvas por cada 100 panojas examinadas al azar.

Pulgones.

Esta plaga es representada por dos especies diferentes: *Schizaphiz granium* y el pulgón del cogollo *Rhopalosiphum maidis*. El primero causa daño en el envés de las hojas inferiores, formando manchas amarillas que después se tornan anaranjadas y finalmente necróticas, llegando a secar las plantas pequeñas.

Estos insectos son importantes únicamente en el ciclo de primavera, ya que la siembra se efectúa durante enero y febrero, siendo las condiciones de baja temperatura propicias para su aumento.

También **Robles (1981)** Menciona que el pulgón del cogollo presenta focos de infestación en poblaciones numerosas atacando al cogollo, donde se pasan a las panojas y al follaje. Las plantas infestadas se enmielan y posteriormente toman una coloración negruzca.

El rendimiento es afectado por el desarrollo lento de las plantas.

Araña Roja (*Tetranychus spp* y *Paratetranychus spp.*).

Cuando se observen un promedio de 25 hojas de cada 100 infestadas aplíquese el insecticida al envés de las hojas.

Existen otras plagas como las siguientes:

Cuadro 4. Plagas más Comunes en el Cultivo del Sorgo.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Chicharritas	<i>Dalbulus spp.</i>
Diabroticas	<i>Diabrotica spp.</i>
Gallina ciega	<i>Phyllophaga spp.</i>
Gusano de alambre	<i>Fam. Elateridae</i>
Gusano de la panoja	<i>Heliothis zea (Broddie); Celama Sorghiella (Riley)</i>
Gusano peludo	<i>Estigmene acrea</i>
Gusano elotero	<i>Heliothis zea.</i>
Gusano soldado	<i>Prorachia diria(Druce) Spodoptera spp.</i>
Picudos	<i>Nicentrus testaceipes(Champ);Gercus senilis (Gryll)</i>
Pulga negra o saltona	<i>Chaetochema sp.; Epitrix sp.</i>
Trips	<i>Frankliniella spp.; Hereothrips phaseoli(Hood)</i>

Enfermedades.

Robles Sánchez (1981) Menciona que el sorgo sufre diversos daños o enfermedades, desde la falta de elementos superiores, hasta los ocasionados principalmente por los pájaros, pero, la mayor importancia la tienen las llamadas "enfermedades" producidas por hongos, bacterias o virus así como las llamadas plagas de los vegetales producidas por insectos, arácnidos, moluscos o gusanos.

Las plantas del sorgo son afectadas desde que nacen hasta que se cosechan. Tales enfermedades se manifiestan en las raíces, en los tallos, en las hojas, en las panículas o en los granos. La cuantía de los daños que se causan depende del momento en que se producen, de la parte de la planta que afectan y de la cantidad de plantas afectadas, todo lo anterior está íntimamente ligado con una serie de factores como: condiciones climáticas, susceptibilidad de la variedad o del híbrido del sorgo a la enfermedad, vigor de las plantas etc.

Según la parte de la planta que afectan, se forman cuatro grupos de las enfermedades más comunes:

- A) Las que afectan a las semillas durante la germinación o a las plantas recién nacidas reduciendo así la población durante la primer etapa del cultivo.
- B) Las que causan pudrición en las raíces y los tallos e impiden el normal desarrollo de las plantas o su maduración oportuna.
- C) Las que afectan a las hojas, reduciendo el valor forrajero de las plantas e influyendo negativamente aunque sea en pequeña escala, en la producción del grano.

D) Las que afectan en las panículas, destruyendo al grano durante su formación o cuando ha sido formado.

Enfermedades en Semillas y Plántulas.

Después de la siembra cierta cantidad de semillas puede no germinar y pudrirse si es atacada por hongos que viven en el suelo o que las mismas semillas tengan adheridos. Estos hongos invaden y deterioran los tejidos internos de las semillas durante su germinación eliminando así la posibilidad de que el germen prospere. Las semillas rayadas o partidas son mas fácilmente accesibles a los hongos. Algunos hongos afectan a las plantas recién nacidas, dañando su raíz principal y su pequeño tallo, impidiendo así que este aflore a la superficie.

Enfermedades del Tallo.

Una de las enfermedades del tallo es la pudrición carbonosa: La cual es producida por el hongo *Macrophomina phaseol*: Esta enfermedad no se distingue hasta que no se aproxima la madurez de las plantas. Hasta entonces puede notarse que existen panículas poco llenas, con granos de poco peso, una madurez prematura, muchos tallos demasiado secos y algunos de ellos caídos. Al observarlos, se nota que están descoloridos en la base, tienen consistencia esponjosa y la médula desintegrada en esta zona, quedando desligadas sus fibras. Los tallos se parten muy pronto por la zona enferma, si el tiempo es seco y caluroso después de producirse la infección se observa en el interior de los tallos manchados una coloración negruzca debida a los micelios de los hongos. El efecto ocurre generalmente en forma esporádica y se cree

que es debido a la presencia en el suelo del hongo desarrollado en cosechas anteriores. Los mayores daños a las plantulas del sorgo se producen cuando se encuentran débiles por exceso de calor o sequía o en algún estado crítico de desarrollo, así mismo los daños se aprecian en áreas definidas del campo, tales como pequeños montones, zonas más arenosas que el resto etc.

Enfermedades de las Hojas.

Las enfermedades pueden presentarse como pequeños puntos o rayas en forma aislada, o manchas de gran extensión que llegan a cubrir prácticamente toda la hoja. Las altas temperaturas y la elevada humedad atmosférica generalmente favorecen su desarrollo.

Las enfermedades de las hojas causan relativamente una pequeña reducción de la producción, en cambio cuando se desea usar en la alimentación de los animales el forraje que queda después de cosechar el grano, los daños causados a las hojas bajan mucho su calidad. La coloración roja o púrpura de las hojas y tallos que aparecen después de un ataque suave generalmente tiene poca influencia en la producción de grano de forraje y en la calidad de ambos.

Las enfermedades pueden ser causados por hongos o por bacterias como se indica:.

Las enfermedades causadas por bacterias; se caracterizan por la presencia de exudación en forma de gotas de delgadas películas que una vez secas aparecen como escamas o costras.

Las enfermedades causadas por hongos: presentan manchas de la hoja causadas por hongos no tienen exudación y generalmente son de aspecto áspero debido a la presencia de las partes fructíferas del hongo.

Enfermedades de las Panículas.

Las principales enfermedades son las denominadas "tizón" o "carbón" causadas por tres hongos de la especie *Sphaceloteca*. En las panículas afectadas pueden quedar destruidos todos los granos o solamente algunos de ellos. Cuando un agente rompe la envoltura del grano se diseminan las esporas que pueden adherirse a otros granos o ir al suelo y pueden permanecer durante algún tiempo. Esta es una de las enfermedades que puede causar mayores daños en una plantación.

Cosecha.

Ibar (1984) Menciona algunas de las distintas formas de aprovechar el sorgo como son:

El pastoreo directo, la siega o corte empleándose este forraje verde, seco después de henificado o conservado durante largo tiempo por medio del ensilado.

El pastoreo, no es aconsejable dada la toxicidad que puede presentar el sorgo tierno, solo en el cultivo del sorgo para grano cuando después de la recogida del grano, queda rastrojo y la planta que ya ha alcanzado su completo desarrollo esta libre de sustancias tóxicas, se pueden aprovechar los rastrojos y restos de las plantas, de otra manera, cuando es difícil de recolectar.

La siega de sorgo y posterior empleo como forraje verde tiene sobre el pastoreo, además de un mejor control de las alturas de los cortes y desarrollo de las plantas, las siguientes ventajas: se aprovecha mejor la hierba, se evitan los cuidados del traslado y vigilancia del ganado, siendo menores los gastos de un 20 % del cuidado del ganado estabulado sobre el destinado al pastoreo y finalmente son menores los riesgos de intoxicación del ganado.

Otras formas de evitar el desarrollo y conseguir, por tanto, la estabilidad del forraje; es el sistema que recibe el nombre de ensilaje. Este consiste en la conservación del forraje por la acidificación del mismo por el ácido láctico formado por fermentos lácticos a partir de los azúcares contenidos en el mismo forraje.

Usos.

Wall (1975) Menciona que el principal uso del grano de sorgo es como alimento para ganado y aves, dependiendo de la zona de abastecimiento. El contenido de proteínas de las variedades cultivadas en México varía de 8.5 a 9 %.

Con la diseminación de este cultivo, se han presentado y diseminado algunos problemas fitosanitarios que están adquiriendo cada vez mayor importancia ya que ponen en peligro la producción de este cultivo.

Leland (1982) Hace mención de algunos otros usos del sorgo, aparte de la alimentación humana y animal, destacan la elaboración de un enducolorante utilizado industrialmente en los Estados Unidos, así como la preparación de una

harina de grano molido empleada para hacer panes, tortillas y atoles en Africa y América Latina. El tallo es utilizado en algunos lugares como material de construcción.

USO DE LA FERTIRRIGACIÓN EN LA AGRICULTURA.

Fertirrigación.

Definición

El Fertirriego o fertirrigación se define como la aplicación artificial de fertilizantes que requieren para su desarrollo conjuntamente con el agua de riego. Así mismo la aplicación de agroquímicos al suelo o a los cultivos por este medio, se le denomina quimigación. Se trata por lo tanto, el aprovechar los sistemas de riego como medio para la distribución de los elementos nutritivos y agroquímicos. Para ello se utiliza el agua como vehículo de transporte de los elementos nutritivos disueltos en el agua **(Domínguez, 1993)**.

La fertirrigación es una técnica relativamente nueva que nace con el empleo del sistema de riego por goteo, es un método de aplicación del agua de manera eficiente y frecuente con los mínimos desperdicios de agua así como de los fertilizantes al ser aplicados mediante este sistema **(Burgueño, 1995)**.

Ventajas

Casilla y Bretones (1983) citados por Linares reportan que la dosificación de fertilizantes a lo largo del ciclo, facilitará una nutrición correcta, evitando de esta forma excesivas aplicaciones que pueden inducir a la salinización del suelo.

Una de las principales ventajas de la fertirrigación es la creciente habilidad para un adecuado manejo y aplicación de nutrientes y específicamente el incremento en el uso eficiente del nitrógeno (N), así como su virtual eliminación de pérdidas por filtración; otras ventajas son **(Revista 1, 1997)**:

- Incrementa rendimientos y mejora la calidad de los productos debido a que:
 - Las cantidades y concentraciones de nutrientes en este método, pueden dosificarse de acuerdo con los requerimientos del cultivo y sus etapas de desarrollo.
 - Al aplicar los fertilizantes en forma soluble, se asimilan más rápidamente porque se distribuyen en la zona de las raíces. Algunos fertilizantes son asimilables directamente, otros requieren transformación química en el suelo.
 - Las raíces del cultivo no se dañan con la fertirrigación, como sucede con las técnicas convencionales, el suelo se compacta menos.
- Ahorro en los costos de la fertilización, debido a que:
 - Cuando se riega con eficiencia y con alta uniformidad de distribución del agua, se requieren menos fertilizantes, que en los métodos tradicionales.
 - Se usa menos equipo y menos energía para aplicar los fertilizantes.
 - Se reducen las labores agrícolas.

- Se necesita menos personal para supervisar la fertilización.
- Facilita las labores agrícolas:
- Se puede fertilizar cuando el suelo o el cultivo impiden la entrada de la maquinaria de fertilización convencional.
- Reduce la contaminación:
- Si el agua se aplica uniformemente y con alta eficiencia, los excedentes de riego son mínimos y por lo tanto la percolación y el escurrimiento de agua con fertilizante disminuyen (**SAGAR, 1997**).

Investigadores Sonorenses han determinado estrategias para varios cultivos, tales como la sandía, lechuga orejona y romana, espinaca, ejote, chícharo, brócoli y coliflor, con estos estudios han demostrado que:

1. La filtración en los cultivos irrigados por goteo puede minimizarse o eliminarse llevando a cabo riegos diarios guiados por un tensiómetro que monitoree el nivel de humedad del suelo.
2. Los fertilizantes con base en N pueden ser utilizados muy eficientemente con sistemas de riego por goteo.
3. Imponderables económicos y ambientales pueden optimizarse simultáneamente para los cultivos con riego por goteo (**Revista 1, 1997**).

Desventajas.

- Se requiere una alta inversión inicial.

- Se necesita personal calificado.
- Debe adquirirse el equipo de Fertirriego y accesorios de seguridad.
- Los fertilizantes solubles son caros.
- Defectos de fertilización en sistemas mal diseñados, mal operados o con fugas.
- Desperdicios de fertilizantes.
- Contaminación de acuíferos o corrientes superficiales.
- Necesidad de capacitar personal para:
 - Seleccionar, manejar y dosificar fertilizantes al operar el sistema de riego.
- Peligros al usar mezclas de fertilizantes:
 - Los fertilizantes no compatibles con otros o con el agua de riego, se precipitan.
 - Se necesita conocer la compatibilidad química de los fertilizantes con el agua de riego.
 - Puede haber reacciones violentas.
- Las pequeñas aperturas de los emisores se pueden tapar si no se lleva a cabo un control adecuado de fertilizante, es decir si no está bien diluido, o no son los adecuados para este sistema.
- Problemas de erosión; esto se debe a que una sola parte del campo es mojada y el polvo inclusive puede tapar los emisores.
- Problemas con la presión del agua, si no se lleva un control adecuado de la presión se pueden botar las cintillas o reventar **(Karmeli y Smith, 1977)**.

MÉTODO DE RIEGO UTILIZADO EN FERTIRRIGACIÓN.

Todos los métodos de riego bien contruidos o diseñados e instalados, se pueden obtener altas eficiencias de aplicación de agua y uniformidad en su distribución. La fertirrigación debe usarse sólo en sistemas de riego bien diseñados y operados, para evitar desperdicios de fertilizantes, que a su vez, representan pérdidas de dinero y problemas de contaminación. **(Burgueño, 1996).**

Algunos autores, como **Hoces Tomás (1990)**, mencionan que la fertirrigación por goteo es un sistema mixto de riego y abonado de cultivos. Este se realiza a través de una red de tuberías de PVC que depositan al pie de cada planta, gota a gota la cantidad de agua y fertilizante que necesita para su buen desarrollo. En realidad se trata de una versión del riego por goteo, el método es cada vez más extendido en regiones áridas y semiáridas y en el cultivo intensivo bajo invernadero. La instalación además de tuberías con microespitas individualizadas para cada árbol o planta, de una bomba que extrae el agua del pozo y la inyecta a baja presión en la red, provocando una salida lenta pero constante de las gotas justo sobre las raíces, sin humedecer innecesariamente el terreno de alrededor. Con ello no sólo se consigue un espectacular ahorro de agua, sino también que se forme un bulbo húmedo en torno de las raíces que impide la percolación hasta las raíces de sales minerales perjudiciales **(Domínguez, 1993).**

Riego por Goteo.

Este método consiste en la aplicación de agua en un punto del suelo a través de uno o varios emisores con caudal de agua y una aplicación frecuente o continua adaptada a las necesidades de la planta. Con esta aplicación se forma alrededor del punto de emisión una zona húmeda de suelo denominada bulbo. La forma y volumen de esta zona o bulbo depende del caudal de agua y de la textura del suelo principalmente **(Domínguez, 1993)**.

A diferencia del riego por aspersión, el riego localizado no constituye una reserva de agua en el suelo, sino un depósito intermedio que asegure la transferencia de agua casi continua desde el sistema radicular del cultivo. El almacenamiento de agua es muy pequeño y se continúa desde el sistema radicular del cultivo. El almacenamiento de agua es muy pequeño constituye el margen de tolerancia para cubrir los desfases en la demanda y las posibles incidencias del riego **(Rodríguez, 1992)**.

Un objetivo prioritario en los riegos localizados es evitar el mantenimiento de charcos o zonas saturadas de modo permanente o más allá de unas pocas horas **(Burgueño, 1996)**.

REGLAS EMPIRICAS PARA GUIAR LA FERTILIZACION EN SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO.

Purdy (1993) Establece que los sistemas de riego de bajo volumen ofrecen ventajas en la aplicación de fertilizantes, incluyendo la colocación precisa y

oportuna a más bajo costo total por unidad cosechada. La aplicación de fertilizantes en los sistemas de microirrigación requiere atención específica en la calidad del agua, para evitar pérdidas de equipo y cultivo altamente costosas.

Existe un significativo potencial para reacciones químicas indeseables involucrando el fósforo y algunas mezclas de micronutrientes.

No inyectar fertilizantes con contenido de fósforo sin adecuado análisis de agua; como una regla empírica (recomendada por Rule y Thumb) el calcio y el magnesio combinado deben permanecer siempre en concentraciones menores de 50 ppm y los bicarbonatos en soluciones por debajo de 150 ppm. Aunque puede incrementarse la concentración de calcio mezclado con el magnesio a 75 ppm y la fuente de fósforo es neutral. La fuente más común de fósforo en fertilizantes líquidos es el polifosfato de amonio usualmente 10-34-00.

La adición de estos materiales resulta en una rápida precipitación en aguas conteniendo excesivos niveles de calcio y magnesio, el calcio reacciona con fosfato para formar fosfatos de calcio y en la presencia de agua amoniacal y magnesio, la reacción forma fosfato magnesio amoniacal. En la mayoría de los casos, el nitrógeno y el potasio no presentan problemas de precipitación así que las fuentes convencionales, pueden ser usadas. El cuidado debe extremarse cuando se aplican fertilizantes conteniendo calcio para evitar precipitados y estas mezclas deben ser removidas o lavadas de los tanques, bombas, filtros y tuberías antes de comenzar la nueva aplicación.

El cloruro de potasio puede ser una buena alternativa cuando los suelos no tienen suelo "hardpan" o piso de arado, con la aplicación de una lamina de agua superficial y que el agua no sea salina.

Al conjuntar esto con un programa rutinario de análisis de tejidos y ajustar cada nutriente sobre un determinado tiempo; los rendimientos pueden incrementarse.

Cuando los fertilizantes son aplicados y monitoreados adecuadamente y además han sido inyectados a través de un riego por goteo o un sistema de bajo volumen resultan precisos, seguros y eficientes en cuanto a costo se refiere.

CALCULO DE LA TASA DE INYECCION DE FERTILIZANTE.

Keller y Bliesner (1990) proporcionan una formula para que la tasa de inyección de fertilizante pueda ser calculada en forma exacta. Esta depende de la concentración de fertilizante y la cantidad de nutrientes deseada para ser aplicada durante el riego mediante la siguiente ecuación.

$$Qc = Fr * A / C' * Tr * Ta$$

Donde:

Qc = Tasa de inyección (Lt / hr).

Fr = Tasa de aplicación de fertilizante por ciclo de riego (kg /Ha).

A = Area de riego (has).

Ta = Aplicación de riego o tiempo establecido (hr)

C' = Concentración de nutrimentos en el fertilizante líquido (kg/ lt).

Tr = Proporción entre tiempo de fertilización y tiempo de aplicación de riego.

EQUILIBRIOS QUÍMICOS Y CALCULO DE LA FERTIRRIGACIÓN.

Burgueño (1994) El manejo de los cultivos en fertirrigación se da basándose en la aplicación de fertilizantes con relación a la densidad del plantío, es decir, se da en función de la aportación de nutrientes en gramos por planta por día.

Es de suma importancia conocer los niveles nutricionales iniciales, así como la concentración y tipo de sales presentes en el agua de riego, pues esto nos permite hacer una buena selección de la forma química de los fertilizantes a utilizar, así como reducir al máximo el riesgo de taponamiento de los goteros.

En fertirrigación, la variación de los equilibrios químicos durante las diferentes etapas vegetativas del cultivo se realizara según las necesidades nutricionales de la planta en apoyo a los resultados dados por los análisis de savia.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FERTIRRIGACION.

El Suelo y la fertirrigación.

Los principales factores del suelo que influyen en la fertirrigación son: la textura, la capacidad de intercambio catiónico, la salinidad y el pH de la solución del suelo (**Domínguez, 1993**).

Textura.

La fertirrigación presenta más ventaja en los suelos arenosos que en los arcillosos, específicamente en la aplicación del nitrógeno. En el caso del fósforo, existe un mayor movimiento, en mayor distancia en los suelos arenosos que en los arcillosos. Los suelos ligeros (arenosos) retienen en menor proporción la humedad aprovechable y generalmente son menos fértiles que los arcillosos, a menos que contengan materia orgánica, en base a lo anterior el riego frecuente, con láminas pequeñas y fertirrigación, favorece ampliamente el desarrollo de cultivos **(Domínguez, 1993)**.

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

La capacidad de intercambio catiónico, (CIC), se considera muy baja cuando esta es menor de 5 meq/l, baja de 5 a 15, media de 15 a 20, alta de 20 a 40 y muy alta si es mayor de 40 meq/l. En suelos con alta capacidad de intercambio catiónico como son el arcilloso, franco arcilloso o con alto contenido de materia orgánica descompuesta, los nutrientes, micronutrientes, herbicidas, fungicidas y nematicidas, pierden su efectividad por la acción de este intercambio.

En los suelos arenosos, la fertilización tiene efecto directo sobre el desarrollo de los cultivos, ya que tiene baja capacidad de intercambio catiónico, y no inhibe la acción benéfica de los nutrimentos. Así mismo en los arcillosos, la capacidad de intercambio catiónico, puede inhibir el efecto de los nutrimentos, por lo tanto

deben estar en buen nivel de fertilidad al momento de iniciar la fertirrigación, para evitar problemas de inhibiciones de nutrimentos (**SAGAR, 1997**).

Salinidad.

Los fertilizantes son sales que, agregadas al agua de riego, forman una solución salina que es aplicada al suelo, cuando las sales son fertilizantes y se dosifican sin exceder los límites de calidad del agua y si además se prevé el sobrerriego, los efectos son benéficos. Sin embargo, los efectos que producen las sales a las plantas cuando se sobrepasan los límites permisibles son: el efecto osmótico y el efecto tóxico (cloro, sodio y boro principalmente). Para evitar problemas con el efecto osmótico se aconsejan dos acciones importantes, primero no sobrepasar una conductividad eléctrica de 3 dS/cm y segundo, no aplicar soluciones con iones tóxicos para cultivos.

Cuando existen problemas de salinidad es útil usar nitrato de potasio y fosfato de potasio en lugar de cloruro de potasio; por otra parte el nitrato de amonio y la urea deben ser seleccionados en lugar del sulfato de amonio. Los fertilizantes que contienen sodio como el nitrato de sodio son fuentes no recomendables debido a los efectos del sodio sobre suelos arcillosos o por la toxicidad sobre las plantas (**SAGAR 1997**).

pH de la Solución del Suelo.

El pH del suelo influye en la capacidad de las plantas para absorber nutrientes; en general puede considerarse 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: así tenemos que un suelo con pH bajo tiene pocos iones intercambiables, los suelos alcalinos están cercanos a la saturación de bases.

El pH del suelo puede originar des-balances nutritivos, debido a que la concentración de los iones nutritivos aumentan o disminuyen bajo condiciones ácidas. Los pH altos en el suelo pueden disminuir la disponibilidad de zinc, fierro y fósforo para las plantas.

No es recomendable el uso de amonio en la fertirrigación, ya que puede elevar el pH cuando se inyecta en el agua de riego. Los ácidos nítricos, ortofosfóricos, y sulfúricos pueden reducir el pH del agua de riego. En el cuadro se presenta la composición y acidez de fertilizantes **(SAGAR, 1997)**

Cuadro 5. composición y Acidez de Algunos fertilizantes.

Fertilizantes	%N	%K	%P	%Ca	%S	Equivalente de acidez*
Nitrato de amonio	33.5					62
Sulfato de amonio	21.0				24.0	110
Aqua amonia	20.0					36
Nitrato de calcio	15.5			21		-20
Urea	45.0					71
Cloruro de potasio		60.0				neutro
Nitrato de potasio	13.0	44.0				23
Sulfato de potasio		50.0				Neutro
Fosfato de diamónico	18		46			70
Fosfato amónico		11.0	48			58
Acido. fosfórico			52			110

Fuente : SAGAR, 1997.

* Kg. de CaCO que son requeridos para neutralizar 100 kg. de fertilizante.

En suelos de pH bajo, se usan fertilizantes de efecto residual alcalino y en suelos de pH alto, se pueden usar los fertilizantes de efecto residual ácido.

Para casos de pH con extremos de acidez o alcalinidad, se recomienda tratar al suelo con mejoradores adecuados, para posteriormente proceder al análisis de la fertirrigación.

FERTILIZANTES EN LA FERTIRRIGACION.

Nitrogenados.

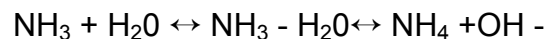
Los fertilizantes nitrogenados que con mayor frecuencia se utilizan para ser inyectados en los sistemas de riego son: urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio y nitrato de calcio. Los fertilizantes nitrogenados como el amoníaco

anhidro, el agua amoniacal y el fosfato de amonio, forman precipitados insolubles al inyectarse en aguas con pH alto o con contenidos elevados de calcio y magnesio, debido a esta situación se usan en aguas neutras o ácidas.

El uso efectivo de los fertilizantes nitrogenados requiere del conocimiento de las interacciones con el agua de riego, así como sus transformaciones y movimientos del suelo (**SAGAR 1997**).

Amoniacó Anhidro.

El amoniacó anhidro es un gas licuado que debe manejarse con un equipo especial para mantener la alta presión requerida para almacenarlo. Cuando el amoniacó anhidro se inyecta en el agua de riego se forma agua amoniacal o hidróxido de amonio, definidos por:



El amoniacó anhidro agregado al agua forma agua amoniacal, esta a su vez forma amonio e hidróxido en forma iónica y esto es reversible hasta su forma inicial. El agua amoniacal se vende como fórmula fertilizante 20-0-0.

Al utilizar amoniacó libre en los fertilizantes se corre el riesgo de que se volatilice en la atmósfera. Así mismo al disolver amoniacó en el agua se libera calor. También se transforma el amoniacó en el ión amonio y en el ión hidróxido (OH⁻) este ión es la causa principal del pH elevado.

El pH del agua o suelo tratado con suministro rápido de amoníaco puede llegar de 10.5 a 12; la reacción puede invertirse y elaborar amoníaco en forma de gas y volatilizarse **(Rodríguez, 1993)**.

Esto indica que se puede volatilizar el amoníaco con aguas de pH de 8 o mayor, considerando que la reacción del amoníaco con el agua de riego eleva el pH, el problema se agudiza al inyectarle agua amoniacal en el flujo de riego normal se elevará el pH arriba de 9.4, ocasionando que las pérdidas de amoníaco sean del 30 a 50 % del nitrógeno aplicado, las pérdidas de nitrógeno son mayores si el aire es muy seco y por la presencia del viento.

Para evitar pérdidas de amoníaco por volatilización, es mejor fertirrigar con amoníaco o fertilizantes de amonio en días frescos, húmedos y con poco viento, reduciendo la turbulencia en el flujo del agua en canales y surcos. La mejor manera de evitar las pérdidas de amoníaco es acidificar el agua de riego antes de inyectar el fertilizante y conservar la forma de amonio (NH_4^+).

Los fertilizantes amoniacales no deben aplicarse por aspersion, debido a que el amoníaco se desprende de las gotas de agua y el gas amoníaco puede dañar severamente las hojas de las plantas.

La molécula de amonio (NH_3) no presenta carga eléctrica, por lo que puede entrar libremente a través de las células de las plantas, esto ocasiona perjuicios a las plantas hasta matarlas, el amonio se usa como defoliante en el cultivo algodonero **(Rodríguez, 1989)**.

Orgánicos.

Los fertilizantes nitrogenados orgánicos no son rápidamente solubles en el agua por esta razón no se utilizan en fertirriego (**Rodríguez, 1989**).

Urea.

Brundy (1993) Señala que el problema económico principal de la Urea es la pérdida de nitrógeno una vez aplicada al suelo, debido a la hidrólisis y la subsecuente volatilización del amoníaco. Los factores climáticos y de suelo que favorecen la volatilización son: temperaturas elevadas, suelo alcalino, humedad intermedia, bajo contenido de arcilla o de materia orgánica en el suelo, residuos vegetales sobre la superficie del suelo.

La alcalinidad del suelo en la banda de aplicación lateral de urea mantiene un pH de 8 a 9 durante una o dos semanas debido a las altas concentraciones de amoníaco en las inmediaciones de la banda. La concentración alta de amoníaco perjudica la transformación biológica del amonio en nitrato en el suelo causando la acumulación de un producto intermedio como es el nitrito.

Al igual que el amoníaco gaseoso, el nitrito causa daños a las semillas y a las plantulas, el mismo autor recomienda evitar la pérdida de nitrógeno por volatilización del amoníaco, no mezclarlo con superfosfato ni con cloruro de potasa.

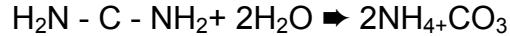
Sutton (1993) Señala que la elección de la mejor fuente de nitrógeno debe basarse en las posibles pérdidas durante la primera semana después de la aplicación. Cuando el fertilizante se aplica en la superficie, la pérdida principal es por volatilización del amoníaco, de manera que es preferible usar el nitrato

de amonio cálcico ya que no se alcaliniza el suelo, por ello se pierde poco amoniaco o fertilizantes complejos N, P, K.

Si se utiliza urea, es esencial incorporarla al suelo de alguna forma evitando así perdidas de nitrógeno entre el 20 y 40 %.

Phene et al (1993) Consideran que cuando el nitrógeno es aplicado de varias fuentes al suelo, es sujeto a transformaciones y al transporte. Cuando este es transformado a nitrato, es saludable ya que se mueve rápidamente con el agua del suelo. Cuando la precipitación o el riego exceden la cantidad de uso de agua por el cultivo y la capacidad de almacenaje del suelo, los nitratos disueltos se percolan verticalmente por abajo de la zona radicular del cultivo con el consecuente desplazamiento de la solución del suelo y eventualmente alcanza el agua subterránea. Si los nitratos se acumulan en el agua subterránea y son ingeridos en cantidades substanciales por humanos y animales, los nitratos son peligrosos para la salud. Los nitratos no son corrosivos para la mayoría de metales, este se vende en forma sólida, como 46-0-0 y 23-0-0 en líquido. La urea es muy soluble en el agua (1g de urea en 1 cm³). La alta solubilidad de la urea y el hecho de que no ioniza en solución, permite su aplicación directa a las hojas de los cultivos en soluciones de 0.5 a 1.0 % sin riesgos para las plantas, pero debe usarse urea recristalizada, así mismo como la urea no tiene carga eléctrica tiene gran movilidad en el suelo, hasta que es transformada por microorganismos.

Las plantas y microorganismos producen la enzima ureasa, la cual transforma la urea en amonio y carbonato.



Una molécula de urea con dos de agua forma dos iones de amonio y uno de carbonato. Como el amonio tiene carga eléctrica (+) es retenido por las arcillas y partículas de materia orgánica; esta transformación puede ocurrir en horas después de su aplicación. Si la urea se aplica en seco sobre la superficie del suelo puede llegar a volatizarse a menos que se riegue o se cubra con suelo **(Rodríguez, 1989)**.

Fosforados.

La fertilización con fósforo por medio del agua de riego no se ha usado debido a la baja solubilidad de los compuestos de fósforo y a la reducida movilidad del elemento en el suelo en el suelo.

Por lo anterior, en el riego por gravedad se recomienda seguir aplicando el fósforo en la forma tradicional, en el caso de microrriego, sólo se puede aplicar como fosfatos monoamónico o diamónico y ácido fosfórico, lo cual puede resultar costoso **(Rodríguez, 1989)**.

Potásicos.

El cloruro de potasio se utiliza combinando con sulfato de potasio y magnesio, nitrato de potasio y fosfato de potasio, debe tomarse en cuenta que el cloro puede intoxicar algunos cultivos y ante la presencia de calcio y magnesio en el agua de riego, el sulfato y los fosfatos puede crear precipitados. Los fertilizantes

de potasio deben probar su solubilidad para evitar problemas de impurezas que puedan crear grumos y precipitados **(Rodríguez, 1989)**.

Fertilizantes con Azufre.

Los fertilizantes que contienen azufre pueden mejorar el riego superficial, estos fertilizantes acidifican la superficie del suelo durante el riego y ayudan a la infiltración del agua en el suelo. Cuando el agua contiene calcio y magnesio existe el peligro de que se forme yeso que puede precipitarse **(Rodríguez, 1989)**.

Fertilización con Micronutrientes.

No hay evidencias definitivas del éxito de Fertirriego con micronutrientes, por lo que no se recomiendan utilizarlos, durante el ciclo se recomienda aplicar los nutrimentos de acuerdo con las etapas de desarrollo, por ejemplo, Nitrógeno en brotación, crecimiento y llenado de grano; Fósforo en prefloral, floral y final de maduración; Potasio en llenado de grano y maduración; Magnesio en maduración, y calcio en brotación, crecimiento y llenado de grano. **(Domínguez, 1993)**.

GENERALIDADES DE LOS FERTILIZANTES.

Comportamiento de los Fertilizantes en Fertirrigación.

Nitrógeno: El nitrógeno en forma amoniacal queda retenido por los coloides del suelo, si las dosis de aplicación no son altas. Consecuentemente su desplazamiento no es grande, por lo que su concentración en las proximidades del goteo suele ser elevada. A medida que aumenta la dosis queda superada la capacidad de intercambio iónico de los coloides y en consecuencia su desplazamiento es mayor. El nitrato se mueve con toda facilidad en el suelo por su extraordinaria solubilidad en agua. Sigue normalmente el flujo de agua hasta el borde de la zona humedecida del suelo, es decir, en el bulbo. Con el riego localizado se tiene una mayor concentración de nitrato en la zona de raíces que en los casos de riego superficial o mediante aspersion.

La urea es un fertilizante soluble en agua y no es absorbida fácilmente por el suelo, por ello resulta muy eficiente su utilización en fertirrigación. Se desplaza con el agua de riego y por lo tanto con un buen manejo de esta puede colocarse en 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 clima y suelo que favorezcan el proceso de nitrificación.

El fósforo: Es el elemento más difícil de aplicar, pues, además de su baja solubilidad 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 bicálcico.

El fósforo no se desplaza en el suelo mas allá de 20 a 30 cm del punto de aplicación. Al ser fuertemente absorbido por los coloides del suelo. Es un inconveniente común a todos los abonos fosforados.

No obstante se ha comprobado que al aplicarlo con riego por goteo su desplazamiento en el suelo es mayor que en cualquier otro sistema de aplicación debido que al aumentar su concentración se sobrepasa la capacidad de fijación del suelo.

Potasio: Como el fósforo, el potasio se mueve muy limitadamente en el suelo. El potasio suministrado es absorbido en el complejo de cambio de suelo. La absorción de este elemento depende en gran parte de la humedad del suelo hasta el punto que en suelos secos prácticamente no se produce.

El mantenimiento de una humedad constante como la que se obtiene mediante el goteo facilita la absorción (**Domínguez 1993**).

Solubilidad de Fertilizantes.

Los fertilizantes adecuados no corren o tapan los componentes del sistema de riego, estos son solubles en el agua de riego, no forman precipitados, grumos o natas y no cambian el pH de la solución del suelo por lo tanto, no son causantes de problemas.

Es importante conocer la solubilidad de los fertilizantes en el agua, para evitar problemas de taponamientos con el objetivo de no inyectar soluciones saturadas que puedan generar precipitados (**Domínguez 1985**).

El cuadro 6 muestra algunos fertilizantes comunes, su solubilidad aproximada en agua, la fórmula química y la temperatura optima.

Cuadro 6. Fórmulas y Solubilidad de Fertilizantes.

	Contenido	Fórmula	Temp °C	Solubilidad gr/lit
Fertilizantes Nitrogenados				
Nitrato de Amonio	34-00-00	NH ₄ NO ₃	0	1182
Polisulfato de Amonio	20-00-00	NH ₄ S ₂		Alta
Sulfato de Amonio	21-00-00	(NH ₄)SO ₄	0	706
Tiosulfato de Amonio	12-00-00	(NH ₄) ₂ S ₂ O ₃		Muy Alta
Amoniaco Anhidro	82-00-00	NH ₃	15	380
Aqua Ammonia	20-00-00	NH ₃ H ₂ O; NH ₄ OH		1212
Nitrato de Calcio	15.5-00-00	Ca(NO ₃) ₂	17.77	1000
Urea	46-00-00	CO(NH ₂) ₂		Alta
Acido Sulfúrico Urea	28-00-00	CO(NH ₂) ₂ .H ₂ SO ₄		Alta
Nitrato de Amonio Urea	32-00-00	CO(NH ₂) ₂ .NH ₄ NO ₃		
Fertilizantes Fosforados				
Fosfato de Amonio	08-24-00	NH ₄ H ₂ PO ₄		Moderado
Polifosfato de Amonio	10-34-00	(NH ₄) ₅ P ₃ O ₁₀ ; y Otros		Alta
Polifosfato de Amonio	11-37-00	(NH ₄) ₇ P ₅ O ₁₆ ; y Otros		Alta
Acido Fosfórico, Verde	00-52-00	H ₃ PO ₄		457
Acido Fosfórico, Blanco	00-54-00	H ₃ PO ₄		457
Fertilizantes Potásicos				
Cloruro de Potasio	00-00-60	KCl	20	346
Nitrato de Potasio	13-00-44	KNO ₃	0	132
Sulfato de Potasio	00-0050	K ₂ SO ₄	25	120
Fosfato de Potasio Monobásico	00-52-34	KH ₂ PO ₄		330

Fuente : SAGAR, 1997.

Soluciones Frías de Mezclas de Fertilizantes.

La mayoría de los fertilizantes nitrogenados sólidos absorben calor del agua cuando se mezclan. Se enfría mucho el líquido y puede llegar a congelarse el agua localizada fuera del tanque de la mezcla, para evitar estos problemas, debe

diluirse parte del fertilizante a mezclar, dejar reposar hasta que se caliente la mezcla y luego volver a agregar fertilizante y mezclar continuamente, de esta manera se disolverá el fertilizante mas fácilmente (Hoces, 1990).

Formas Insolubles de Precipitados.

Para este parámetro deben considerarse las reacciones químicas que se realizarán entre los fertilizantes y el agua de riego, debido a que de otra manera se generarán precipitados insolubles que obstruirán el sistema de riego.

Cuando el pH del agua de riego es alto, puede originar que los iones de calcio y magnesio contenidos en el agua, formen precipitados con los aniones, como son los hidróxidos y carbonatos de calcio y magnesio.

Compatibilidad de Fertilizantes.

En general no se recomienda combinar o mezclar químicos para aplicarlos por medio de los sistemas de riego. Los fertilizantes con calcio no deben usarse con fertilizantes ricos en azufre en la fertirrigación, por ejemplo, mezclar nitrato de calcio y sulfato de amonio en la misma agua de riego, originará formación de sulfato de calcio, que provocara precipitaciones. Si bien cada uno de ellos es bastante soluble, el yeso o sulfato de calcio es de baja solubilidad, esto causa el taponamiento de los emisores en los sistemas de riego. Cuando se requiere mezclar fertilizantes para bajar costos de fertilización, se recomienda realizar anticipadamente una prueba de solubilidad (L.J., 1992)..

Uso de Ácidos.

Cuando el pH del agua es mayor que 7.5 y hay presencia de calcio y magnesio, se precipitan carbonatos de calcio y de magnesio. Para evitar o reducir la precipitación de carbonatos dentro de los sistemas de riego, se deben aplicar ácidos para disminuir el pH del agua (**Olague, 1994; SAGAR, 1997**).

Se usa ácido sulfúrico (H_2SO_4), clorhídrico (HCl) y fosfórico (H_2PO_4), este último con doble objetivo, debido a que además de bajar el pH aporta fósforo en forma de P_2O_5 que sirve como fertilizante, además al bajar el pH se controlan las bacterias.

Si el pH baja temporalmente a 4 en el agua de riego se generan condiciones para solubilizar carbonatos de calcio y magnesio, así mismo, eliminar bacterias; sin embargo, esto puede resultar un proceso económicamente caro.

Para realizar una prueba de acidificación a un volumen unitario de agua de riego se le agrega una solución ácida, se mezcla y se mide el pH, esto se repite con dosis mayores de solución ácida para bajar el pH hasta que se llegue al valor deseado.

CALIDAD DE AGUA PARA FERTIRRIGACIÓN.

En el aspecto relacionado con la calidad del agua dependerá de sus características físicas y químicas, así como de los problemas potenciales que generar a los cultivos, suelos y al sistema de riego, dando lugar al uso condicionado del agua de riego, dependiendo por lo tanto del cultivo y suelo específico de que se trate. En la aplicación del agua de riego debe

considerarse la tolerancia de los cultivos a la salinidad, la textura del suelo, además la posibilidad de lavado por drenaje natural o artificial (**SAGAR, 1997**).

El pH en el Agua de Riego.

Este termino, Indica la acidez o la alcalinidad, el pH =7 corresponde al agua neutra, pH mayor de siete a alcalina y menor de siete a ácida.

Al agua con alcalinidad mayor de ocho se le considera con problemas de uso en fertirrigación, ya que hay peligro de presencia de precipitados de calcio y magnesio o de ser causa del pH elevado del suelo a niveles en que los nutrimentos no son aprovechables.

Contenido de Sales en el Agua de Riego.

Existe desplazamiento de iones de calcio y magnesio en el complejo de intercambio catiónico, originando en el suelo pérdida de estructura y provocando impermeabilidad. El límite de tolerancia es 0.25 g/l o 10.87 meq/l. El agua se puede clasificar por porcentaje de sodio respecto al total de cationes.

Contenido de Sodio en el Agua de Riego.

En suelos arenosos, con buen drenaje, se pueden usar aguas con menos de 2,000 micromhos/cm, ya que valores mayores que este ocurren riesgos. Por otra parte, en suelos arcillosos existen peligros de salinización con conductividades mayores de 1,500 micromhos/cm, regando durante varios años.

El contenido de sodio llega a desplazar los iones de calcio y magnesio en el complejo de intercambio catiónico, originando en el suelo pérdidas de estructura, así mismo se vuelve impermeable, el límite de tolerancia es 0.25 g/l o 10.87 meq/l.

El agua se clasifica por porcentaje de sodio respecto al total de cationes como se muestra en el cuadro No. 7.

Cuadro 7. Clasificación de Agua por Porcentaje de Sodio.

Clave	Na (% del total de cationes)
Excelente.	<20
Buena	20-40
Media	40-60
Mala	60-80
No indicada.	>80

La capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) puede inhibir el efecto de toxicidad de los iones cuando es alta, sin embargo, si 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 se deben tomar en cuenta los cultivos tolerantes al nivel de contenidos de iones en el agua (**L. J, 1992**).

INVESTIGACIONES REALIZADAS EN FERTIRRIGACION.

Rincón Sánchez et al (1992) estudiaron el desarrollo vegetativo y extracción de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) en el cultivo de lechuga para períodos de invierno, las plantas fueron muestreadas, fraccionadas (hojas externas, internas y tallo) secadas y pesadas cada 20 días, determinándose materia seca, concentración y extracción periódica de nutrientes.

El objetivo del estudio fue determinar la relación entre el crecimiento periódico del cultivo y extracción de nutrientes.

El ritmo de extracción de los elementos N, P, K, Ca, Mg es similar al de producción de materia seca. La extracción en las primeras fases vegetativas de la planta es muy pequeña, siendo en la última etapa del cultivo (30 días antes de la recolección) de máximo crecimiento vegetativo, cuando se realiza la mayor parte de la extracción total de los nutrientes.

Valenzuela et al (1992) mencionan que las plantas de melón desarrolladas bajo condiciones de invernadero fueron sometidas a la fertirrigación diferenciada en N, P, K. Las plantas fueron muestreadas cada 15 días, las hojas fueron secadas en una estufa a 70 °C durante 24 horas, analizando posteriormente los macro y micronutrientes. El cálculo de la concentración óptima para cada uno de ellos en relación con la cosecha fue.

N (40 - 43.2 g/m²)

P (6.74 - 7.6g/m²)

k (22.5 - 24.37 g/m²)

Ca (45.1 - 48.7g/m²)

Mg (13.89 - 14.79g/m²)

Willton y Douglas (1991) Realizaron una investigación sobre la influencia de la frecuencia la aplicación de nitrógeno para tomates con riego por goteo encontrando que:

El incremento de la frecuencia de aplicación de N aumentó la producción en suelos ligeros y no así en suelos pesados. El número de frutos producidos no fue afectado por el tratamiento de N en ningún sitio, sin embargo se incremento el tamaño de frutos al aumentar la frecuencia de aplicación de N en los suelos ligeros. Así mismo, no se afecto el contenido de N en el follaje del cultivo en un suelo ligero. En un suelo pesado la frecuencia de aplicación no influyó en la producción de tomate.

Linsley y Francini (1979) Mencionan que cuando un material con la concentración constituyente C_w es descargado (inyectado) a una tasa de flujo Q_w dentro de un caudal contenido en el mismo constituyente a concentración C_r de la mezcla resultante es dada por la siguiente expresión:

$$C_w Q_w + C_r Q_r = C (Q_w + Q_r)$$

En el caso de fertirrigación se puede asumir que la concentración del nutriente en el agua de riego es cero (es decir $C_r = 0$) por lo tanto.

$$C = C_w * Q_w / Q_w + Q_r$$

Donde

C = La concentración del nutriente (mg/L) deseada en el agua de riego conducida en la línea principal; alcanzada después de la mezcla, aguas abajo del punto de inyección.

C_w = Concentración del nutriente (mg/L) en el tanque dosificador.

Q_w = Gasto inyectado en l/h.

Q_r = gasto de la tubería de riego, L /h

MATERIALES Y METODOS.

Ubicación geográfica y límites políticos del Distrito de Desarrollo Rural Anáhuac 001.

Este distrito esta ubicado geográficamente en los meridianos $99^{\circ} 25'$ y $100^{\circ} 51'$ longitud Oeste y entre los paralelos $26^{\circ} 25'$ y $27^{\circ}45'$ latitud Norte; En la parte norte colinda con el estado de Nuevo León, así mismo este limita al Norte con los Estados Unidos de Norteamérica, al Sur con el Distrito de Apodaca, al Este con el estado de Tamaulipas y al oeste con el estado de Coahuila.

Localización del sitio experimental.

El presente trabajo se realizó en el campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; en la Ciudad de Anáhuac, en el estado de Nuevo León. El Campo Experimental del I.N.I.F.A.P., se encuentra situado Geográficamente a $27^{\circ} 15'$ latitud Norte y $100^{\circ} 05'$ longitud Oeste respecto al Meridiano de Greenwich, con una altitud de 187 m.s.n.m.

Caracterización del campo experimental.

Suelo.

Los análisis se realizaron en el laboratorio de Salinidad del Departamento de Riego y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. El suelo del campo está considerado según la clasificación FAO-UNESCO modificada por DETENAL, como un Xerosol lúvico, y según el Sistema de Clasificación Americano, se ubica dentro del orden aridisol y suborden argid.

Características Edafológicas.- Son suelos de zonas áridas con precipitaciones anuales alrededor de 350 mm y tiene una capa superficial de color gris claro, de textura arcillosa a franco-arcillosa de consistencia firme, con drenaje interno medio y con un pH que varía de 7.2 a 8.6; son suelos muy pobres en humus, con cantidades bajas en nitrógeno, algunas veces presentan a cierta profundidad aglomeraciones de cal; cristales de yeso ó caliche de mayor ó menor dureza y salinidad.

Cuadro 8. Resultados del Análisis Físico – Químico Practicado en las Muestras de suelo.

DETERMINACIÓN	VALORES
CE	0.92
pH	8.17
Na	34
K	32
NO₃	710
Arena	28.0%
Limo	28.8%
Arcilla	43.2%

Clima.

El clima en la región, según Köppen, modificado por Enriqueta García, es

$Bw(h')hw(x')e$

Donde:

B = Clima seco.

w = condiciones áridas.

(h')h = muy cálido.

w(x') = lluvias de verano con tendencia a llover todo el año.

e = extremoso.

Temperatura.

La temperatura media anual se encuentra alrededor de 22° C; con temperaturas medias mensuales máximas de 32 a 34° C durante los meses de junio, julio y agosto; temperaturas medias mensuales mínimas oscilan entre los 6 y 8° C en los meses de diciembre, enero y febrero.

Los datos obtenidos en la Estación Meteorológica del Campo Experimental del INIFAP (Localizado en Anáhuac, N.L.) mediante la recolección de datos, que posteriormente nos serían útiles para interpretar algunos fenómenos que influyen sobre los parámetros a evaluar, arrojó datos que nos sirvieron para realizar la siguiente figura.

El Comportamiento de la Temperatura en el Cultivo del Sorgo.

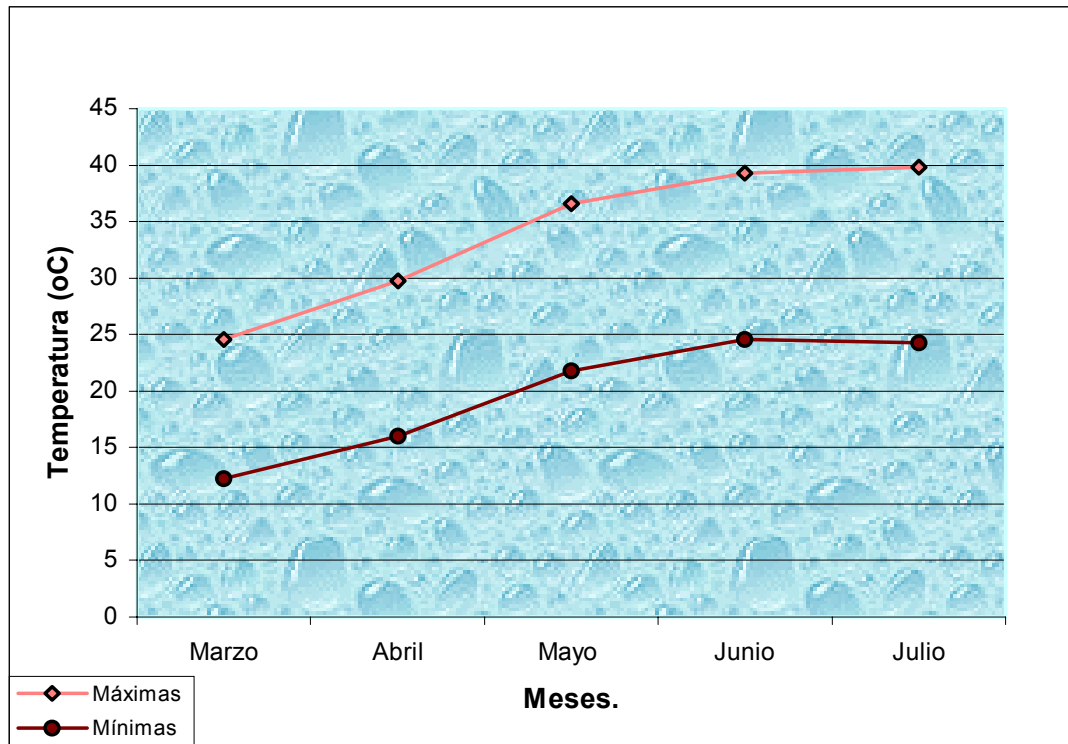


Figura No.1 Comportamiento de la Temperatura en el Ciclo del Cultivo.

La Figura No. 1 Muestra que las temperaturas medias fueron elevadas en todo el ciclo y se incrementaron en los meses de mayo, junio y julio, precisamente en períodos donde inicia la floración y la formación del fruto, procesos importantes, decisivos para lograr el mayor rendimiento del cultivo. Este fue un factor preponderante ya que el cultivo se desarrolló a una temperatura superior a la óptima que es 27.6°C y mas allá de la temperatura más alta donde se ha comprobado que se obtiene producción (36°C) Esto sin lugar a dudas provocó un aborto en la floración y como consecuencia una baja producción.

Precipitación.

La precipitación pluvial de esta región alcanza un promedio de 450 milímetros anuales, presentándose en dos períodos máximos en los meses de mayo y septiembre. La duración de las lluvias en general es corta y típica en las regiones semiáridas. La mayor incidencia de lluvias se presenta en septiembre con un promedio de 92 mm los meses de menor ocurrencia son los de enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre con promedios de 16 mm; mas sin embargo, cuando existen condiciones ambientales influenciadas por alguna perturbación proveniente del Golfo de México, pueden ocurrir periodos de 4 a 7 días de lluvia ligera.

Viento.

Los vientos dominantes en la región son del SE con una velocidad media anual de 16 a 23 km/h.

Los nortes por lo general, duran pocos días, pero algunas veces se suceden unos a otros y parece que son sólo un temporal. En los meses de febrero y marzo se anuncian por lo general con algunos días de anticipación bastante calurosos, van aumentándose de intensidad, iniciándose con dirección SE, para cambiar repentinamente por unas horas al SO, desatándose después en toda su intensidad al Norte.

Humedad Relativa.

La humedad relativa del aire en le época de lluvia alcanza un valor máximo de 85.6%, mientras que en la época de sequía muestra un mínimo de 44.2%.

Materiales utilizados.

- ◄ Material vegetativo: Semilla sorgo, Híbrido RB 4000.
- ◄ Cinta de riego por goteo T-tape de 8 milésimas de pulgada de espesor con goteros espaciados a cada 30 cm con un gasto de 1 litro por hora.
- ◄ Fertilizantes: Urea 18-46-00, Tiosulfato de Potasio KTS, Micronutrientes o Fertilizantes foliares.

Equipo utilizado.

- ◄ Recipientes de muestreo.
- ◄ Extractores de solución.
- ◄ Bomba de vacío.
- ◄ Bomba de mochila.
- ◄ Medidor de pH.

El medidor de pH "Cardy". Determina el Potencial Hidrogeno en muestras de agua, suelo y savia. Se calibra en pH4 o pH7. El medidor tiene un sensor de acción dual para tomar la lectura en lugares accidentados o planos. El sensor es reemplazable y se guarda en seco, el rango de pH es de 2 a 12; es a prueba de agua y tiene poder de auto apagado.

- ◄ Medidor de Conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica es la medida del total de sales disueltas, el factor que influye en la habilidad de la planta para absorber agua y por lo tanto nutrientes.

Este medidor tiene una compensación automática de temperatura y una conversión salina que va desde 0% hasta 1%. Determina de 0 a 199 mS/cm, resolución: 1 uS/cm.

◄ Prensa hidráulica para plantas.

Esta prensa brinda un rápido muestreo y es fácil de usar. Con esta prensa se obtiene una muestra más grande y representativa.

◄ Tractor e implementos agrícolas.

◄ Balanza analítica.

Trazo del diseño Experimental en Campo.

El trazo del diseño consistió en 19 camas de 1.7 m de ancho por 28 m de largo. En estas fueron repartidas consecutivamente los 19 tratamientos sin ninguna repetición.

Preparación del Terreno.

Se inicio con un barbecho y se realizaron dos rastras, posteriormente se llevo a cabo la aplicación de 100 kg/ha de urea. Se realiza el levantamiento de las camas a 1.70 m.

El establecimiento del cultivo sorgo RB-4000 se realizó el 23 de marzo de 1998, en el Campo Agrícola Experimental del INIFAP en Ciudad Anáhuac, Nuevo León.

Instalación del Sistema de Riego.

Se colocó la cinta de riego sobre cada cama (en la parte media de la cama) a una profundidad de 6 cm con el fin de abastecer ambas partes, además, evitar la exposición de las cintillas al viento, ocasionando con esto el movimiento de las mismas y al mismo tiempo evitar el daño causado por roedores. Una vez instaladas se conectaron a la línea subprincipal, la cual se alimentaba de la principal, posteriormente el 23 de marzo se instalaron los pivotes y conectores para aplicación directa de fertilizante.

Siembra.

El establecimiento del cultivo sorgo RB-4000 se realizó con sembradora MP-25, Jhon Deree el día 23 de marzo de 1998, con una densidad de población de 250,000 plantas por hectárea.

Labores de Cultivo.

Al cultivo se le realizaron principalmente deshierbes esporádicos en todo el ciclo del cultivo.

Fertirrigación del Cultivo.

Para la fertirrigación del cultivo fue necesario instalar inyectores en la base de la línea subprincipal, para depositar directamente el fertilizante en cada uno de los tratamientos.

Los tratamientos estudiados consistieron en la siguiente aplicación de Nutrientes Mayores y de micronutrientes. El porcentaje de cada fertilizante señalada en el cuadro No. 9 fue establecida de las formulas 19-69-00, 195-69-135 y 270-69-270.

Cuadro 9. Etapas de Fertilización y Porcentajes Aplicados de Cada Nutriente.

ETAPA	Fecha de Aplicación	%N	%P	%K	Duración (Días).
1		3.46	15.76	4.74	
2, 5 Hojas	1-mayo-98	5.43	2.72	10.16	10
3, Inicio panoja	25-mayo-98	14.32	8.15	12.64	15
4, Hoja bandera	27-mayo-98	19.76	11.42	25.17	20
5, Embuche	29-mayo-98	19.76	11.42	25.17	5
6, 50% Floración	2-junio-98	0	6.52	7.9	10
7, Masoso suave	8-junio-98	4.94	7.61	3.16	15
8, Masoso duro	10-junio-98	15.8	13.59	5.53	5
9, Madurez fisiológica.	26-junio-98	15.8	13.59	5.53	10

También fué aplicado foliarmente la siguiente dosis de micronutrientes que en el cuadro siguiente se detalla.

Cuadro 10. Dosis de Fertilización Aplicada a Cada Uno de los Tratamientos Estudiados.

TRT	Mg	Gr/Cama	Zn	Gr/Cama	Fe	Gr/Cama	Mn	Gr/Cama
1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2	20	22						
3	20	22	10	11				
4	20	22	10	11	10	11		
5	20	22	10	11	10	11	10	11
6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7	20	22						
8	20	22	10	11				
9	20	22	10	11	10	11		
10	20	22	10	11	10	11	10	11
11	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
12	20	22						
13	20	22	10	11				
14	20	22	10	11	10	11		
15	20	22	10	11	10	11	10	11
16	MONITOREO DE SAVIA							

El cuadro No. 11 Nos muestra las fechas de aplicación de los micronutrientes en las etapas correspondientes, estas son citadas anteriormente en el cuadro número 9.

Cuadro No. 11. Etapas y Fechas de Aplicación de los Elementos Menores

ETAPAS DE APLICACION	FECHAS DE APLICACIÓN
Primera	29 de abril de 1998.
Segunda	9 de mayo de 1998.
Tercera	20 de mayo de 1998.
Cuarta	31 de mayo de 1998.
Quinta	10 de junio de 1998.

Variables medidas.

- Rendimiento, tomando en consideración el porcentaje de humedad en grano, temperatura, peso hectolitrico y número de espigas (corregido con tablas de conversión de pesos de grano con contenidos de humedad de 0 a 60% sobre base seca, a pesos equivalentes de grano con un contenido de 12 % de humedad, sobre base seca).
- Conductividad eléctrica en extracto de savia en tallo, hojas y extracto de suelo.
- Potencial Hidrogeno en extracto de savia en tallo, hojas y extracto de suelo.
- Nitratos en extracto de savia en tallo, hojas y extracto de suelo.
- Potasio en extracto de savia en tallo, hojas, y extracto de suelo.

Metodología de Observación.

Las evaluaciones de nutrientes se realizaron cada quince días, obteniendo extracto de savia de tallo y hoja por separado; midiendo con una sola repetición.

En extracto de suelo, las mediciones se realizaron aproximadamente cada 20 días, con muestras únicas, sin repeticiones. El rendimiento se evaluó pesando el grano por tratamiento y sus repeticiones, para posteriormente obtener una media aritmética, así mismo el peso hectolítrico, temperatura, humedad y número de espigas.

Cosecha.

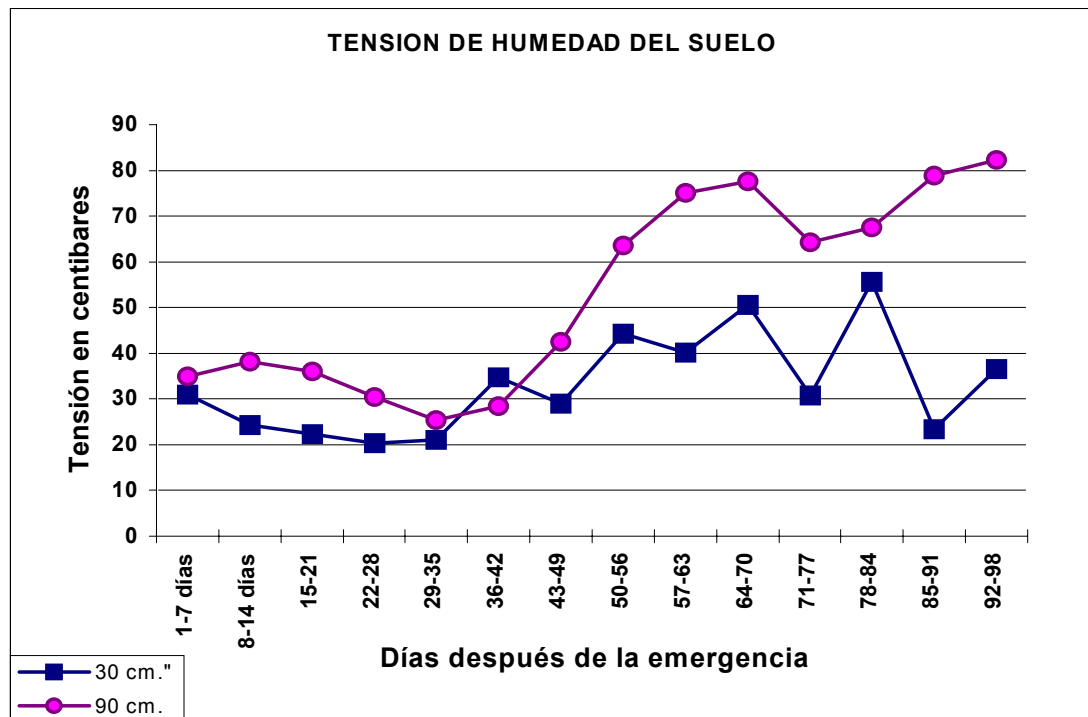
La cosecha se realizó tomando diez repeticiones de 1.7 metros cuadrados por tratamiento, al azar. La cosecha de cada tratamiento se depositó en costales para después desgranarse.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El trabajo realizado en campo, aunado a la revisión bibliográfica anterior y el análisis estadístico de los datos generados en campo, arroja los siguientes datos que nos serán útiles para llegar a una conclusión verídica y convincente.

A continuación se hace un análisis detallado del Comportamiento de los Extractos de Savia y suelo en cada uno de los tratamientos para propiciar una idea mas detallada de los resultados obtenidos.

La siguiente figura nos orienta hacia el entendimiento del comportamiento de la tensión de humedad en el suelo.



Gráfica No. 2 Comportamiento de Tensión de Humedad en el Suelo en el Cultivo de Sorgo.

Las lecturas de tensiones mayores en ambos estratos, se presentaron desde la etapa de floración hasta la etapa donde el fruto estaba en estado masoso duro, lo que quiere decir que esto realmente afecto el rendimiento en el cultivo ya que el agua representa el transporte de nutrientes hacia todas las partes de la planta.

La tensión a una profundidad de 30 cm fue menor que en la profundidad de 90 cm, lo que indica que las raíces no tuvieron gran disponibilidad de agua en los estratos de 60-90 cm en las etapas mas criticas, por lo que las plantas sufrieron estres hídrico, aunado a las altas temperaturas que se presentaron durante estas etapas.

En la figura siguiente se muestra la relación entre los tratamientos extremos y la Conductividad Eléctrica, parámetro importante que nos guiará en la interpretación de la absorción de nutrientes.

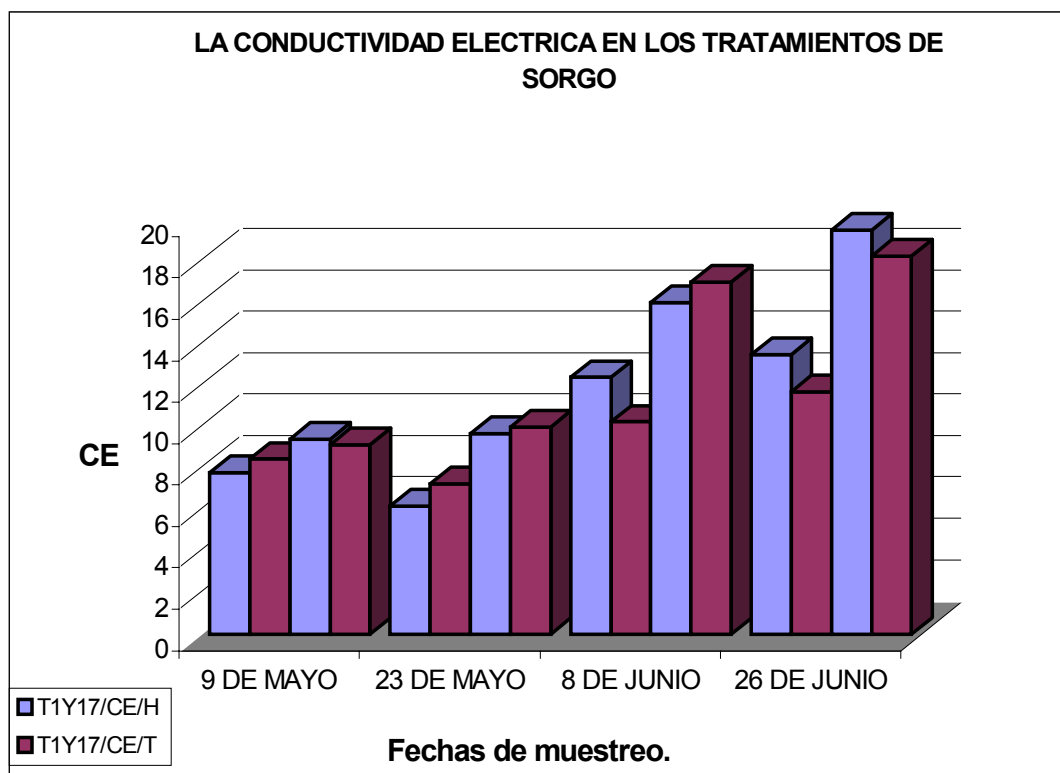


Figura No.3 Comportamiento de la CE en los Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento de Sorgo en el Ciclo 0-1, 97-98.

La presencia de una alta conductividad eléctrica, significa, según la literatura, una inhibición de iones tóxicos para la planta, lo que sugiere que este comportamiento es benéfico para el cultivo, sin embargo una CE alta representa una baja asimilación de nutrientes para la planta, por lo que el tratamiento 15

aunque tuvo una mayor conductividad no se incrementó de manera significativa en las etapas más críticas, sino que se incrementó hasta la etapa donde el grano se encontraba masoso suave y/o madurez fisiológica lo cual no tuvo grandes repercusiones en el rendimiento.

A continuación se presenta un análisis del comportamiento del pH en el cultivo.

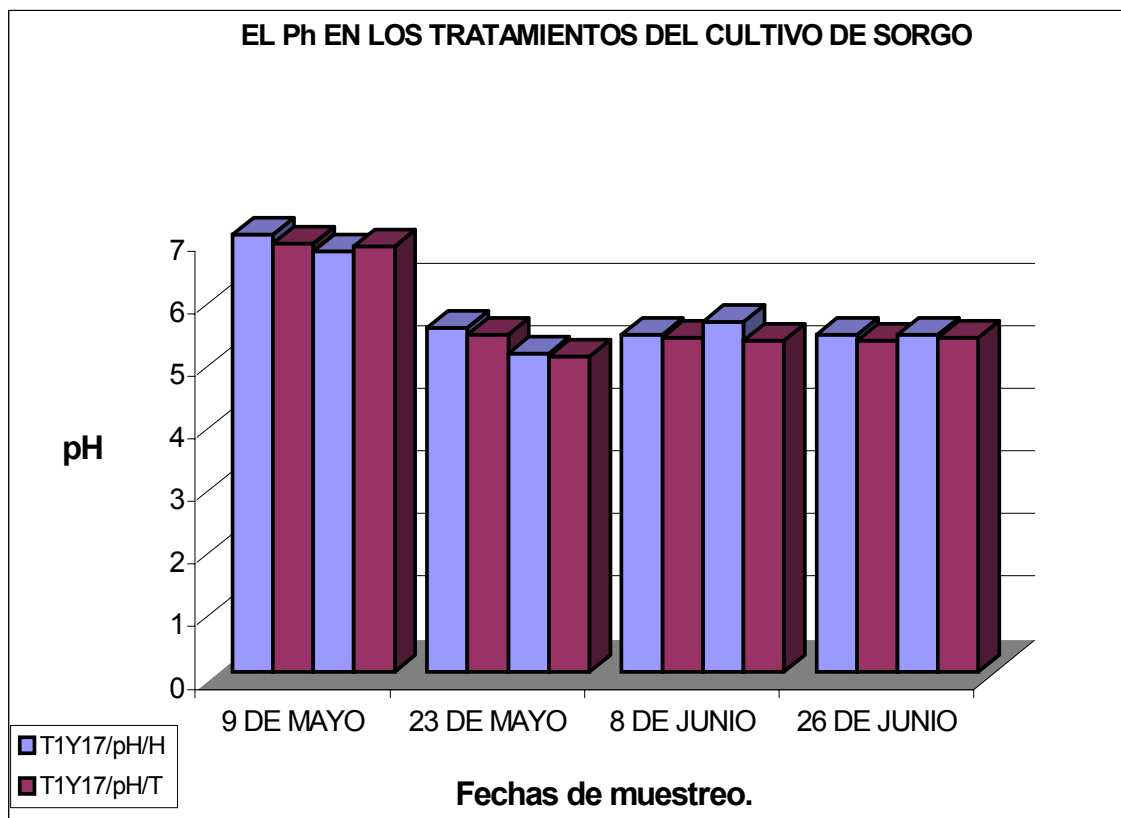


Figura No 4. Comportamiento del pH en los Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento de Sorgo en el Ciclo 0-1, 97-98.

El pH a lo largo del ciclo de cultivo, presentó un comportamiento ascendente en la primera fecha de muestreo, referente al 9 de mayo; en las demás fechas

existe un decremento para después comportarse mas o menos uniforme en el resto de las etapas.

Un pH de 6.5 a 7.5 nos presenta una buena absorción de nutrientes, esto según la literatura, lo que nos indica que para el presente trabajo no se presentaron problemas con este parámetro, ya que hubo aplicación de mejoradores de pH, pues estos suelos tienden a presentar acidez.

A continuación se dan a conocer en forma de figura los datos recabados referente al parámetro de nitratos y posteriormente una breve explicación de lo observado en la misma figura.

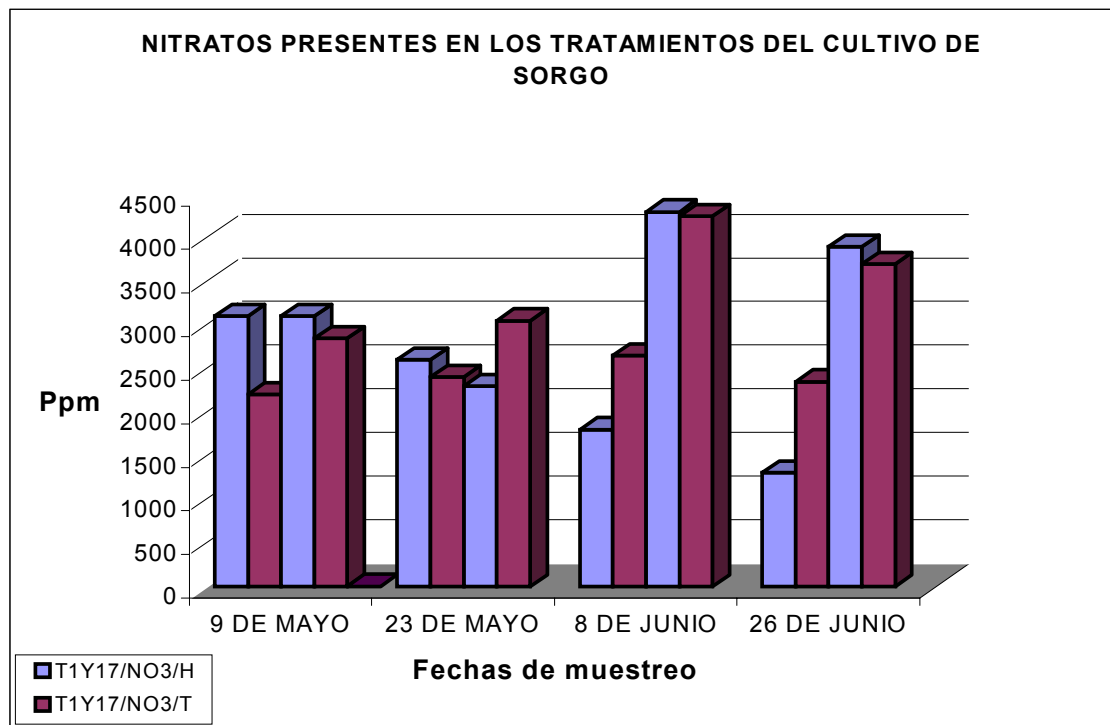


Figura No 5. Comportamiento de NO₃ en los Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento de Sorgo en el Ciclo 0-1, 97-98.

Para la determinación de nitratos en hoja, se puede observar para el tratamiento 15, que fueron mas asimilados por la planta, existiendo un comportamiento descendente para los otros, para después dispararse en el período correspondiente a la etapa 7 (masoso suave) y decreciendo en la etapa de madurez fisiológica (etapa 9). Caso contrario, en el tratamiento 1 hubo mayor asimilación de nitratos en la fase inicial del cultivo, para comportarse después en una forma descendente. En el extracto de savia del tallo, para los mismos tratamientos, se presentó mayor asimilación de este nutriente, especialmente en el tallo del tratamiento 15. En el tratamiento 1, hubo un comportamiento mas o menos uniforme, despegándose un poco en la etapa 7, para después tomar el comportamiento uniforme presente en el inicio.

La aplicación de nitratos causa con frecuencia una gran proliferación de tallos y hojas, pero se presenta una reducción de frutos en plantas de cultivo, además prolongan el periodo de crecimiento y retrasan la madurez del cultivo. En el tratamiento 15 hubo una mayor aplicación de nitrógeno (urea) lo cual pudo haber influido en el alto rendimiento de la producción.

A continuación se presenta un análisis del comportamiento del potasio durante el ciclo del cultivo.

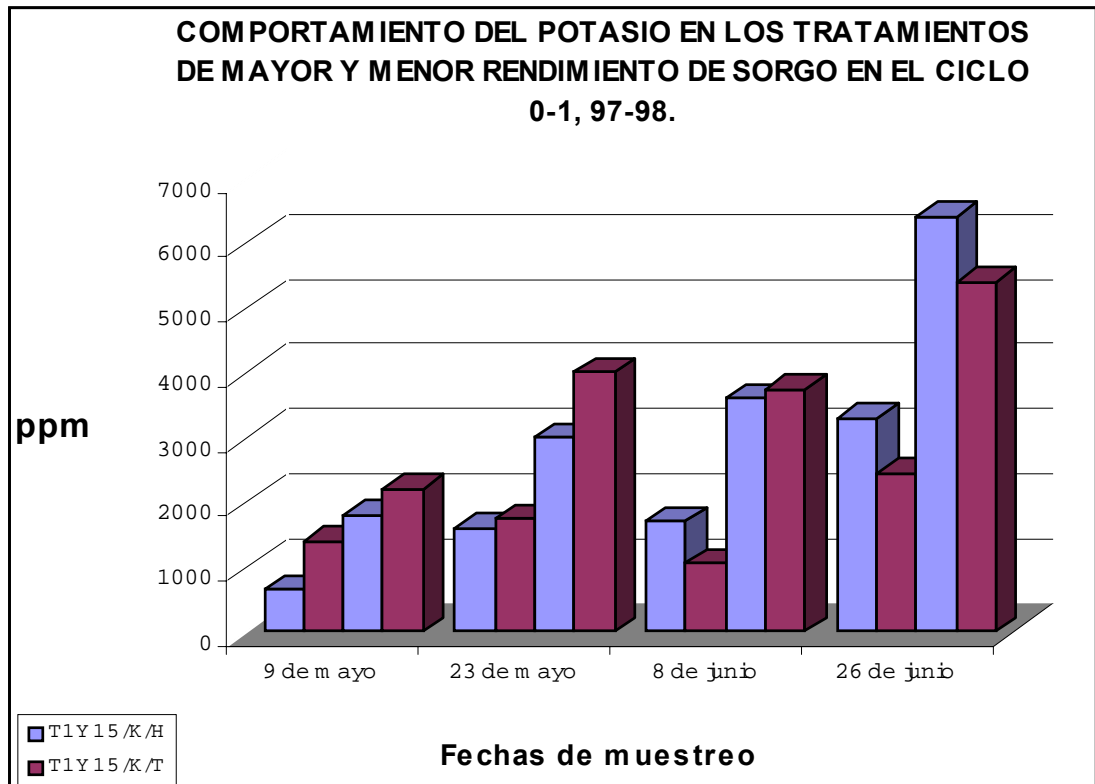


Figura No.6 Comportamiento del Potasio en los Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento de Sorgo en el Ciclo 0-1, 97-98.

El comportamiento del potasio en esta figura, fue generalmente de forma ascendente; en el tratamiento 1 como en el 15, en tallo y hoja, la asimilación de este nutriente fue ascendente para ambos órganos. En el tratamiento 15 se presentó mayor concentración en el tallo a excepción en la fecha 9 de mayo

donde la hoja fue mayor que el tallo. Según la literatura el potasio promueve la producción de la floración por lo tanto la del fruto, esto puede ser esta la razón del incremento en el rendimiento en el tratamiento 15 que fue de 4857.7 ton/ha.

En las figuras siguientes se dan a conocer los resultados obtenidos en el extracto del suelo representados gráficamente.

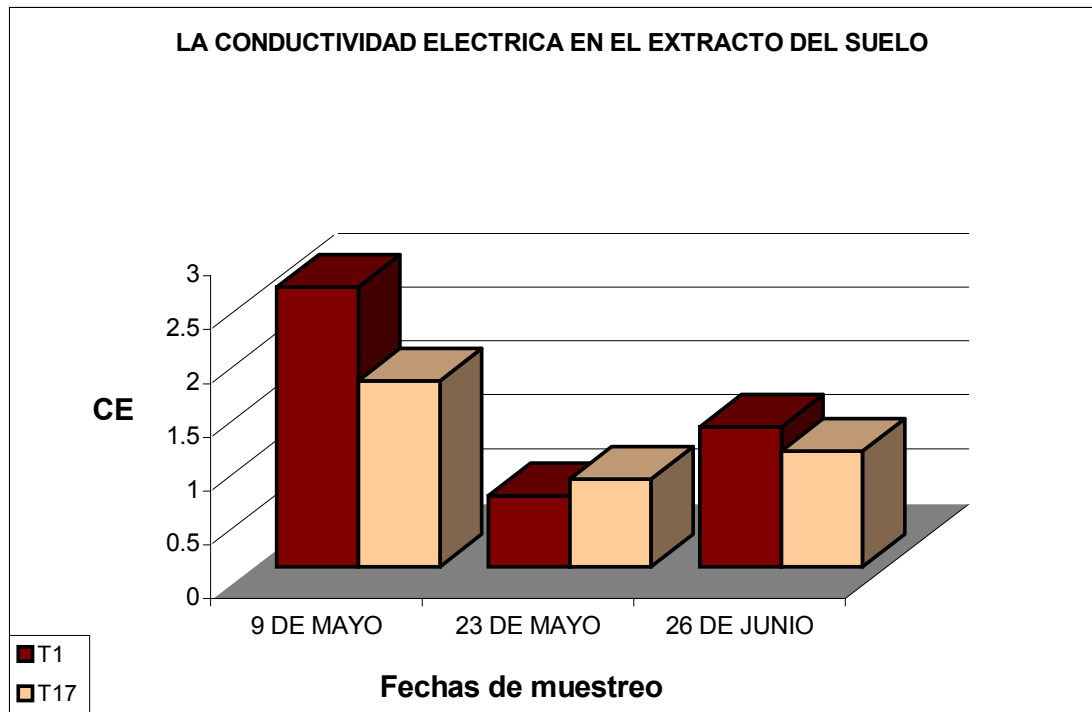


Figura No.7 Comportamiento de la CE en el Extracto del Suelo en Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento en el Ciclo 97-98.

Para la determinación de conductividad electrica en el suelo de acuerdo a los muestreos realizados hubo valores altos de conductividad en este, en fechas

iniciales para el tratamiento 1, posteriormente decrece considerablemente para mantenerse casi estable.

Para el tratamiento 15, hubo un comportamiento ascendente en la primera fecha de muestreo para después decrecer y permanecer casi estable, la presencia de conductividades altas, nos indica que no existió peligro de toxicidad en el cultivo, sin embargo, pudo haberse presentado inhibición en la asimilación de nutrimentos si los valores de este parámetro se hubieran mantenido como en la fecha del 9 de mayo.

Refiriéndonos al comportamiento del pH en el extracto de suelo.

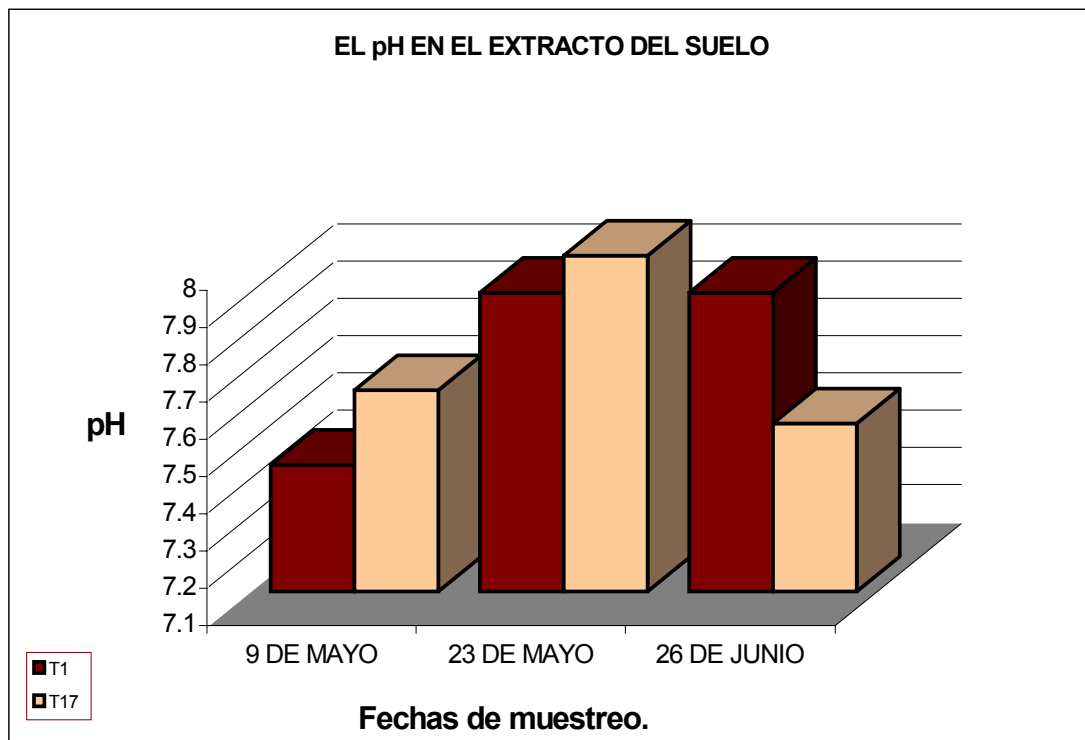


Figura No.8 Comportamiento del pH en el Extracto del Suelo en Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento en el Ciclo 1-0, 97-98.

El pH en el suelo es un factor importante que determinará la absorción de nutrientes por la planta, en este caso, a lo largo del ciclo de cultivo y según las fechas de muestreo, el pH se comportó de una manera creciente para posteriormente decrecer, como es el caso del tratamiento 1, aunque la disminución fue en menor cantidad que en el tratamiento 15, que incrementó para después disminuir drásticamente. A pesar de haberse presentado este efecto, se descartan problemas presente por pH bajos o altos, ya que aunque hubo variación el rango de pH óptimo, de 6.5 a 7.5 que incluyó a los valores disparados de la curva.

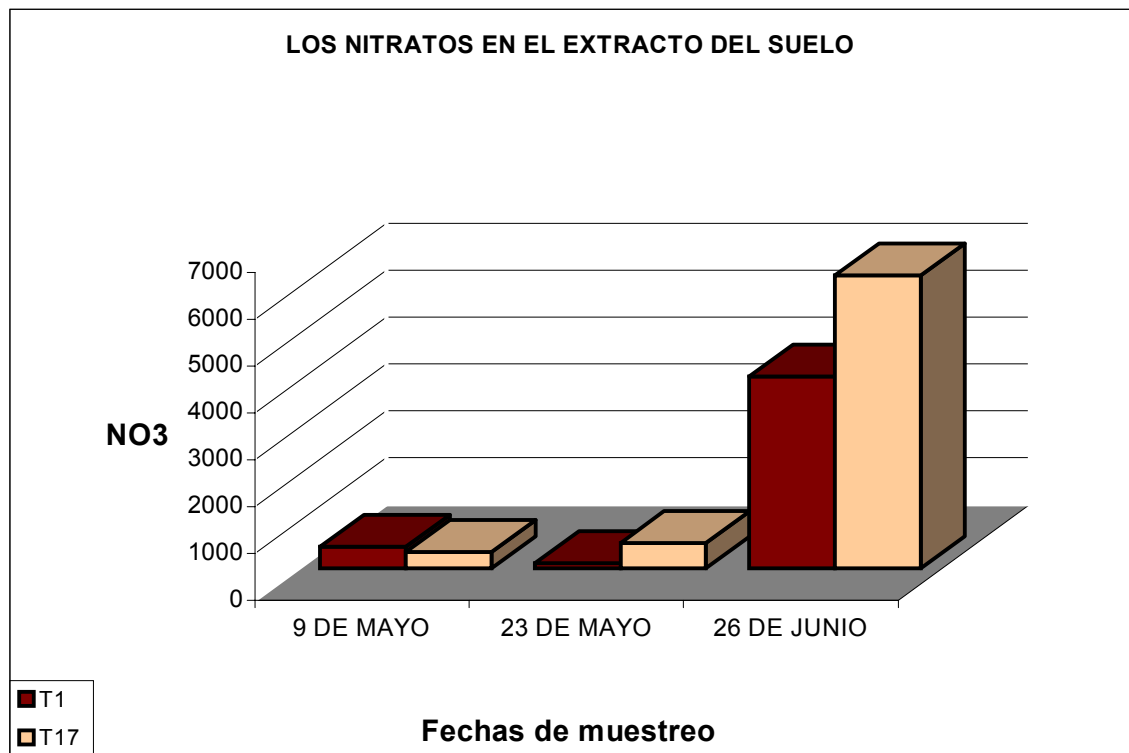


Figura No. 9 Comportamiento de NO₃ en el Extracto del Suelo en Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento para el Ciclo 0-1, 97-98.

En la gráfica se observa el incremento de este nutriente en la ultima etapa del cultivo, esto represento para el mismo un parámetro de frenado de la maduración pues los nitratos aunque representan un desarrollo del tallo y hojas también frenan la maduración del fruto.

Análisis del comportamiento del potasio en el extracto del suelo basado en los resultados obtenidos en campo.

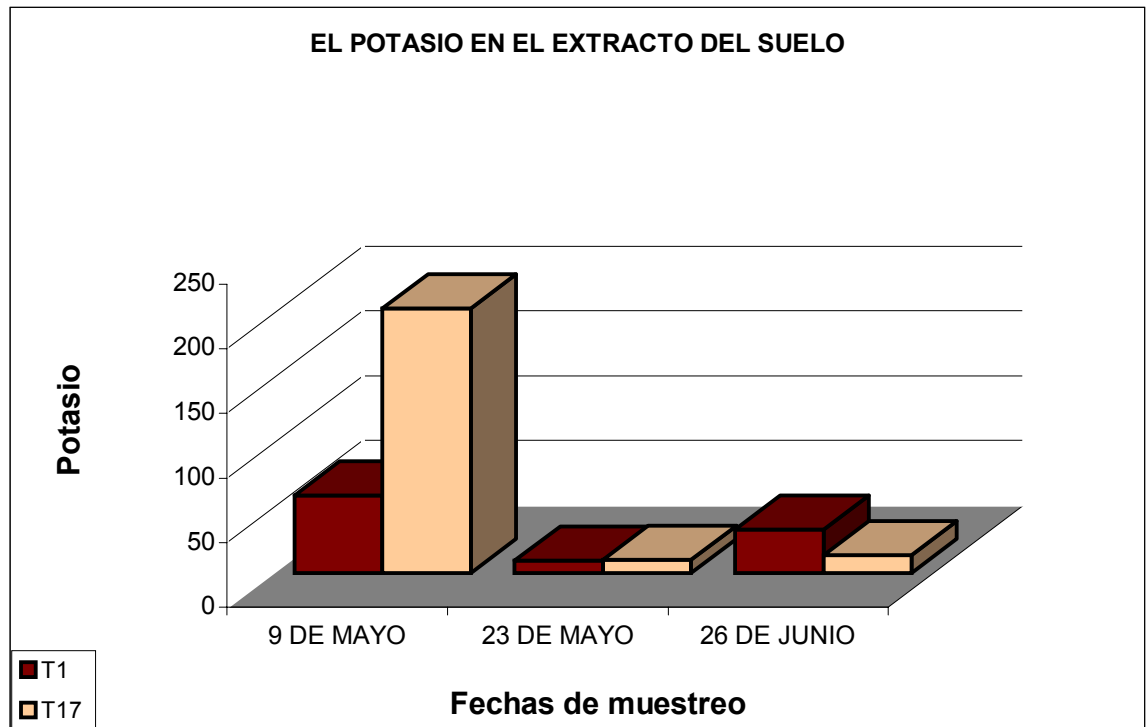


Figura No. 10 Comportamiento del Potasio en el Extracto del Suelo en Tratamientos de Mayor y Menor Rendimiento para el Ciclo 0-1, 97-98.

El potasio al estar presente en forma suficiente en el suelo y disponible para la planta, favorece la acumulación de reserva en las raíces estimula la producción de flores y en consecuencia frutos y semillas. En la presente figura el tratamiento 15 presenta una mayor asimilación en la etapa de inicio de la hoja bandera, esto nos indica que por este comportamiento en el tratamiento 15, al que se aplicó potasio, este, según la literatura promueve la producción de floración, así mismo la del fruto, esto originó un mayor rendimiento.

Análisis del rendimiento del grano en los diferentes tratamientos.

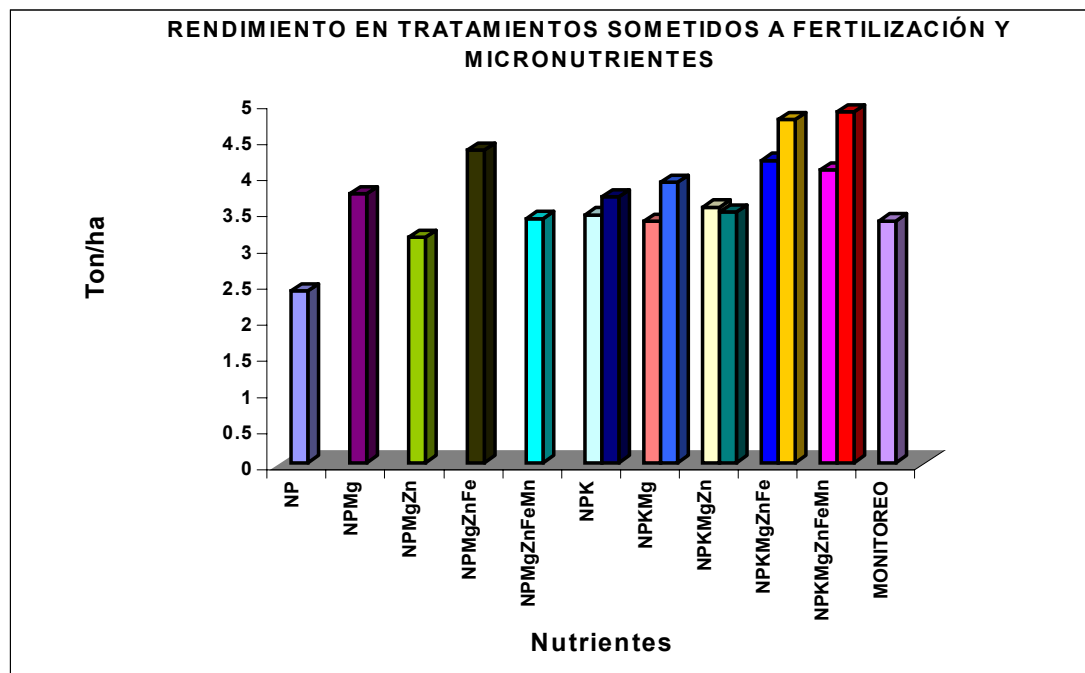


Figura No. 10 Comportamiento del Rendimiento en Tratamientos Sometidos a Dosis de Fertilización Incluyendo Micronutrientes.

La presente figura nos muestra la diferencia entre tratamientos en los que fueron aplicados distintos nutrimentos, siendo el de mayor producción el tratamiento 15, donde fue aplicado potasio; Que promueve la producción de la floración y por lo tanto la del fruto, así mismo, se le aplicó más nitrógeno (nitratos), que prolifera tallos y hojas, agregándosele también más dosis de fósforo, que aunque inhibe en altas cantidades la utilización del nitrógeno en este caso se puede decir que resultó satisfactoria la aplicación de un poco más de fósforo que lo convencional.

En cuanto a los microelementos como son el magnesio; el cual es un elemento importante en la producción de clorofila y el fierro, que ayuda al funcionamiento de los cloroplastos; todo esto colaborando en el proceso de fotosíntesis jugaron un papel importante en el rendimiento.

17.- CONCLUSIONES

◆Debido a las altas temperaturas, no fue posible mantener la aplicación del agua en forma constante a 20 Cb, sobre todo en la floración, lo que significaría una mayor producción.

◆El uso de micronutrientes aplicados foliarmente y una mayor dosificación de nutrientes elementales (nitrógeno, fósforo y potasio) aplicados por medio de fertirrigación proporcionan un mayor rendimiento en la cosecha.

◆Refiriéndose al peso hectolítrico (parámetro que se refiere a la calidad del grano) este presentó valores mayores en el tratamiento 15 (tratamiento de mayor rendimiento) en comparación con el tratamiento 1 (tratamiento de menor rendimiento), esto quiere decir que el incremento de una mayor dosis de fertilizantes inyectado a través del sistema de riego y la aplicación de micronutrientes, también influyó en el peso del grano, concluyendo que el tratamiento de mayor rendimiento también resultó ser el de mejor calidad.

◆En cuanto al número de espigas se refiere, en el tratamiento 1 fue mayor, sin embargo la calidad de grano no fue como en el tratamiento 15 y de acuerdo a la aplicación de potasio, ya que este se reflejó en el peso tanto en gramos como hectolítrico.

♦La utilización de un sistema de riego es una inversión inicial alta y los productores tendrían que buscar una alternativa redituable para el pago del mismo, sin embargo el uso de la fertirrigación en combinación con la aplicación foliar de micronutrientes en el sorgo, se considera una buena alternativa cuando el cultivo no es afectado por la temperatura, aún así superó la producción media de la región y aún la media Nacional, lo que quiere decir que el uso de esta técnica es sin lugar a dudas una buena alternativa, sobre todo cuando no se cuenta con suficiente agua, como es el caso de las zonas áridas y semiáridas del País.

♦La temperatura representa un parámetro importante para propiciar una buena producción del sorgo, aunque este es sumamente tolerante a la sequía, en este caso la temperatura causó estragos en la producción, provocando abortos y mal llenado de grano.

B I B L I O G R A F I A

Armas, E. Rafael. Tesis. Efecto de dos mejoradores de suelo en Sorgo de Grano (*Sorghum vulgare*, Pers.) Bajo Condiciones de Riego en Anáhuac Nuevo León. UAAAN.

✕Bundy, L.G. 1993. UREA: Conveniente y problemática. Agricultura de las Américas. Enero/ febrero.

- ✕Burgueño, Hector. 1994. La Fertirrigación en Cultivos Hortícolas con Acolchado Plástico: Extracción de Nutrientes por los Cultivos de Tomate y Bell Pepper en el Valle de Culiacán. Vol. 2. Ed. Bursag S. C. Culiacán, Sinaloa, México.

- ✕Burgueño C. H. 1995. La fertirrigación en Cultivos Hortícolas con acolchado Plástico. Vol. II Folleto, Culiacán, Sinaloa, México.

- ✕Burgueño C. H. 1996. Fertirrigación. VII Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura. Culiacán, Sinaloa, México.

- ✕Burgueño, Hector. 1997. La Fertirrigación en Cultivos Hortícolas con Acolchado Plástico: Las Soluciones Nutritivas, Los Análisis de Extracto de Pasta, El Calor en los Acolchados Plásticos, El Uso de Acondicionadores de Suelo y Fuentes de Fósforo. Vol. 3. Ed. Bursag S.C. Culiacán, Sinaloa, México.

- ✕CiQa-UAAAN, 1997. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura, Semana Cultural de Horticultura. Coordinación de Agronomía, Departamento de Horticultura. Buenavista, Saltillo, Coahuila del 3 al 7 de Noviembre de 1997.

- ✗ DETENAL (Dirección De Estudios del Territorio Nacional). 1972. Cd. Anáhuac. Carta Edafológica, G-14 A46. Escala 1:50,000.

- ✗ Dirección General de Sanidad Vegetal. 1980. Manual de Plaguicidas. Autorizado para 1980. Secretaría de Recursos Hidráulicos, México.

- ✗ Domínguez Vivanco, Alonso, 1993. Fertirrigación. Ed. Mundi Prensa, Madrid España.

- ✗ Dorra, Raúl. et al, 1982. Guía y Procedimientos y Recursos para Técnicas de Investigación. Editorial Trillas. 4a. Edición. México, D. F.

- ✗ García, F. 1986. Movimiento y distribución de Fósforo y Potasio en suelos con riego por goteo.

- ✗ Hansen, Israelsen. 1979. Principios y Aplicaciones del Riego. Ed. Reverté S.A., 2a. Edición. Barcelona, España.

- ✗ Herrera Lasso, 1994. Apuntes sobre Irrigación: Notas sobre su Organización Económica en el Extranjero y en el País. 1a. Edición. Ed. CIESSAS-CONAGUA, México, D.F.

- ✕Hoces, T. 1990. La Fertirrigación. Artículo. Revista Muy Interesante. No. 8-010890. Publicación Mensual. México. D.F.

- ✕Ibar Albiñana, Leandro.1984. El sorgo, cultivo y aprovechamiento, editorial Editia Mexicana, S.A. Barcelona.

- ✕Ibarra, J.L. y Rodríguez, P.A., 1991. Acolchado de Suelos con Películas Plásticas. Ed. LIMUSA, México.

- ✕Kirby, J.S. and R.E. Atkins. 1990. Heterotic response for Vegetative and Mature Plant Characters in grain sorghum. (Sorghum bicolor L) Moench Crops SCI.8: 335-339.

- ✕Lelann, R.1982. El Sorgo, Guía para su Mejoramiento Genético. UACH, Chapingo, México.

- ✕Rodrigo. et al. 1992. Riego Localizado. Ed. Mundiprensa. Madrid, España.

- ✕Ligh, N. 1995. Guía Básica de la Fertirrigación. Productores de Hortalizas. Año 4. No. 5.

- ✕Olague Luna, Javier. 1994. Fertirrigación en el Cultivo del Melón. Tesis, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

- ✗ Phene, C.J., Davis, K.R., Hutmacher, R.B. Mead, R.M., Ayards, J.E. and Schoneman, R.A. 1993. Maximizing Water-Use Efficiency with Subsurface Drip Irrigation. Irrigation Journal. April 1993.

- ✗ Purdy, W.S. 1993. "Rules y Tumb" Fertilizing in drip irrigation. Subsurface drip Irrigation. Theory practices and application. Center Irrigation Tecnology. CSU-USDA-ARS. Water management. CATS Publication No. 921001. Fresno, California.

- ✗ Rincón S. L. Y Madrid V. R. 1991. Extracción de Macronutrientes en el Cultivo de Lechuga –iceberg- Segundo congreso Nacional de Fertirrigación. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almeria. Almeria, España.

- ✗ Robles Sánchez, Raúl. 1981. Producción de granos y semillas. Ed. Limusa. Segunda reimpresión.

- ✗ Rodríguez Suppo, Florencio. 1989. Fertilizantes: Nutrición Vegetal. Ed. AGT EDITOR, S.A. México, D.F.

- ✗ Rodríguez S.F. 1982. Riego por goteo A.G.T. Editor, S.A. Progreso 202. Planta Alta, México.

- ✗Rodríguez Suppo, Florencio. 1992. Riego por Goteo. Ed. AGT EDITOR, S.A. México, D.F.

- ✗SAGAR, 1997. Curso de Diseño de Sistemas de Riego. Celaya, Guanajuato, México. Noviembre de 1997.

- ✗SOLER, J. 1986 Fertigación Nitrogenada en riego localizado.

- ✗Thamhane, P.V. 1983. Suelos: Su química y Fertilidad en zonas tropicales. Editorial Diana. Tercera Edición. Impresión, México.

- ✗Tisdale, L.S. y Nelson, L.W. 1985. Fertilidad de los Suelos y los Fertilizantes. Editorial Hispanoamericana, S.A. de C.V., México.

- ✗Valadéz T. et al. 1995. Evaluación Técnica y Económica del Sistema de Riego por Goteo y Exudación en la Producción de Melón y Sandía. Memorias VI Congreso Nacional de Horticultura. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A.C., Hermosillo, Sonora, México.

- ✗Valenzuela, J.L., Sánchez, A., López, C.I., Del Río, A., Guzmán, M. Y Romero, L. 1992. Rango óptimo de Macro y Micronutrientes en plantas de

Melón. Agricultura Intensiva y Subtropical. Marzo 1992. Número 72. Año IX.
Ediagro. Almeira, España.

✕Wall, Joseph y Ross, W,. 1975. Producción y Usos del Sorgo. Editorial Hemisferio Sur. Primera edición. Buenos Aires, Argentina.

✕Wilton, P.C. y Douglas, C.S. 1991. Nitrogen Application Frequency for drip-Irrigated Tomatoes. Hortscience. 26 (3).

T9	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS							
T10	*	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	NS						
T11	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS					
T12	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS				
T13	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
T14	*	NS	*	NS	*	*	*	*	NS	*	*	NS	*		
T15	*	*	*	NS	*	*	*	*	NS	*	*	*	*	*	
T16	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	*

NS = No Significativo.

***= Significativo con un α 0.05.**

Valores medios para cada tratamiento.

T1 = 2379.04
T2 = 3716.6
T3 = 3151.10
T4 = 4331.03
T5 = 3646.70
T6 = 3432.04
T7 = 3338.84
T8 = 3537.98
T9 = 4184.67

T10 = 4048.86
T11 = 3678.60
T12 = 3879.06
T13 = 3532.19
T14 = 4748.86
T15 = 4857.77
T16 = 334.22