

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Reducción de la fertilización de fondo en dos variedades de sorgo dulce en el municipio de Chapala, Jalisco

Por:

VICTOR MANUEL HERNÁNDEZ QUINTERO

TESIS

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

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Buenavista Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2014.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Reducción de la fertilización de fondo en dos variedades de sorgo
dulce en el municipio de Chapala, Jalisco.

Por:

VICTOR MANUEL HERNÁNDEZ QUINTERO

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIA PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

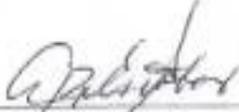
Aprobada por:


Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún

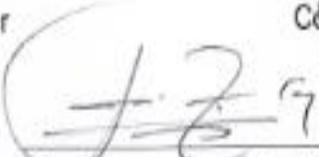
Asesor principal


M.G. Juan M. Cepeda Dovala

Coasesor


M.C. Alejandra R. Escobar Sánchez

Coasesor
Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"


MC. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre del 2014a

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Gracias dios, por permitirme tener una gran familia la cual siempre me apoyo y fue fundamental para poder terminar mi carrera profesional, gracias señor por ayudarme en todos los momentos difíciles por los cuales he pasado a lo largo de mi vía.

A mi ALMA TERRA MATER

La "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO" por brindarme la educación y prepararme como profesionalista, estoy muy orgulloso de haber pertenecido a esta gloriosa y respetable universidad, siempre llevare tatuados en el corazón sus colores oro y negro de los buitres de la Antonio Narro.

A mi asesor Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún, quiero agradecerle por el apoyo que me brindó como mi tutor a lo largo de mis estudios y como asesor en mi tesis, quien siempre estuvo para cuando lo necesitaba, siempre me motivo para seguir adelante y gracias a eso estoy culminando mis estudios profesionales.

A la M.C. Alejandra R. Escobar Sánchez, por brindarme su apoyo, amistad y ayuda en los momentos más difíciles, gracias por asesorarme en las revisiones de literatura y en la elaboración de esta tesis, siempre estaré muy agradecido con usted maestra, me llevo una muy bonita amistad.

Al M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala, por asesorarme en la realización de esta tesis y por haber aceptado ser mi asesor de tesis.

Al M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos, por su ayuda brindada en la interpretación de mis datos de tesis.

*Al Dr. Luis Miguel Lasso Mendoza, por ayudarme a la realización de este proyecto contando siempre con su ayuda incondicional y por sus consejos brindados durante mis estudios profesionales, también quiero agradecerle a su esposa **Paty** por haberme brindado su amistad. Muchas gracias.*

Al Ing. Jose Hernández Tafoya, quien ayudó de principio a fin al desarrollo de esta investigación, quien mostro una gran disponibilidad de trabajar sin importar horarios, ni días para que este proyecto se llevara a cabo, quien además de ser un gran ingeniero es mi padre y estoy eternamente agradecido por todo su apoyo incondicional.

A mis amigos

Catalina, Eliseo, a mis amigos del módulo 1 Rubén, Joaquín, Vicente, Sigala, Miguel, Edgar, Pedro, a todos mis amigos del módulo 2 Luis, Chino, Chato, Martín y Chava, les doy las gracias por su amistad y apoyo incondicional que me brindaron. Nuestra amistad perdurara para toda la vida aunque tomemos caminos diferentes siempre estaremos unidos por nuestra amistad que forjamos con el paso de los años sin importar fueran buenos o malos siempre permanecemos unidos. Les deseo lo mejor en sus vidas, dios los colme de bendiciones y los guíe siempre por el buen camino con pasos firmes.

*A la empresa **FertirRamos**, gracias por la generosidad y atención mostrada en la elaboración del presente trabajo de investigación y desarrollo, mostrando su apoyo en todo momento.*

*A la Lic. **Guadalupe Lucía Barrera Valdez**, gracias por su apoyo en los trabajos realizados en el laboratorio, mostrando siempre disponibilidad para ayudar.*

DEDICATORIAS

Con todo amor, cariño y respeto para las personas que más admiro, respeto y quiero en mi vida:

A MIS Padres:

Sr. Jose Hernández y Sra. Laura Quintero

Con mucho cariño para ti madre y padre por todo su amor, ternura, preocupación, comprensión que me han brindado durante toda mi vida, son los seres más maravillosos que pueden existir en este mundo y gracias a ustedes soy lo que soy el día de hoy, porque soy el claro ejemplo de las personas que ustedes son. Gracias por haberme permitido cumplir mi sueño de ser profesionalista sin importarles la distancia ni los recursos económicos para que pudiera realiza uno de mis objetivos en mi proyecto de vida. Por estar conmigo siempre en las buenas y en las malas durante toda mi vida y brindarme sus consejos. Gracias por depositar toda su confianza en mí, les aseguro que nos los defraudare. GRACIAS.

A MIS HERMANAS:

Marissa, Alondra y Diana, que siempre han estado conmigo en todos los momentos más importantes de mi vida y por todo su apoyo y cariño brindado para que yo cumpliera mi sueño de ser profesionalista.

A MIS ABUELOS:

A mis abuelos maternos David y Josefina, y a mis abuelos paternos Octaviano y Ana, aunque ya no estén conmigo les doy las gracias por su apoyo incondicional y por sus consejos llenos de sabiduría que me brindaron, dios los tenga en su santa gloria. A mi abuelo David, dios nos permita seguir teniéndote a nuestro lado por muchos años más para que sigas contagiándonos de tu alegría y darnos nuestros regaños cuando lo merezcamos.

A MI NOVIA:

Marisa Cristina Díaz Gómez, gracias por estar siempre a mi lado, apoyándome en las buenas y en las malas, por todos estos años juntos donde hemos pasado buenos y malos ratos pero siempre nos mantuvimos juntos por el amor que sentimos uno por el otro. TE AMO. GRACIAS.

A MI TÍA:

A mi tía Lica, por todo su cariño que me ha brindado durante toda mi vida, siendo mi segunda abuelita, le dedico este triunfo porque también es parte de él.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	III
INDICE DE CONTENIDO	V
INDICE DE CUADROS	VIII
INDICE DE FIGURA.....	IX
RESUMEN	XI
I. INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
HIPOTESIS	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
Importancia internacional.....	4
Consumo internacional per cápita de sorgo.....	5
Volumen de producción internacional.....	6
Importancia nacional.....	8
Producción-consumo de sorgo en México	10
Superficie sembrada y producción de sorgo en el estado de Jalisco.....	11
Superficie sembrada y producción de sorgo en el municipio de Chapala, Jalisco.....	13
Origen del sorgo.....	15
Taxonomía.....	16
Clasificación taxonómica del sorgo.....	16
Botánica.....	17
Raíces.....	17
Tallo.....	17
Hojas.....	18
Inflorescencia.....	18
Panícula.....	18
Racimo.....	18
Grano.....	19
Labores culturales.....	19
Método de siembra.....	19
Preparación del terreno.....	20
Nivelación.....	20

Humedad.....	20
Temperatura.....	21
Altitud.....	21
Latitud.....	21
Fotoperiodo.....	22
Fertilización.....	22
Fertilización de fondo.....	23
Nitrógeno.....	23
Fosforo.....	25
Potasio.....	26
Fertilización foliar.....	27
III. MATERIALES Y METODOS.....	29
Descripción del área de estudio.....	29
Siembra.....	32
Materiales genéticos utilizados.....	33
Agroquímicos utilizados para el control de plagas y enfermedades.....	33
Herbicidas utilizados.....	34
Fertilizantes utilizados.....	34
Riegos.....	35
Fertilización.....	35
Fertilización foliar.....	35
Miyamonte (20-30-10).....	36
Promotor.....	36
Regufol.....	37
Niveles de exploración.....	37
Dosificación de la fertilización de fondo.....	38
Dosificación y aplicación de la fertilización foliar.....	38
Tratamientos.....	39
Transferencia de tecnología.....	40
Variables de evaluación.....	40
Altura de planta.....	40
Numero de hojas.....	40
Grosor del tallo y raíz.....	41
Numero de raíces de anclaje y adventicias.....	41

Longitud de las raíces de anclaje.	41
Longitud de la panoja.	41
Peso de la panoja.....	41
Peso del tallo.....	41
Peso de raíz.	41
Rendimiento.	42
Metodología experimental.....	42
Modelo estadístico	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
Rendimiento del cultivo en las dos variedades de sorgo.....	45
Rendimiento del cultivo dependiendo el producto aplicado.	46
Rendimiento del cultivo dependiendo la dosis de fertilización aplicada.	47
Rendimiento mediante la interacción de las variedades con los productos.	48
Rendimiento mediante la interacción de las variedades con las dosis de fertilización. .	50
Rendimiento mediante la interacción de los productos con las dosis de fertilización. ...	52
Rendimiento del cultivo de sorgo.....	53
Altura de planta.....	55
Numero de hojas.	56
Grosor de raíz	58
Numero de raíces de anclaje.....	59
Numero de raíces adventicias.....	60
Longitud de raíces de anclaje.	61
Longitud de la panoja.	62
Peso de panoja.....	63
Peso del tallo.....	64
Peso de raíz.	65
V. CONCLUSIONES.	66
VI. BIBLIOGRAFÍA	67
VII. ANEXOS	71

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1 .Producción mundial de sorgo (en millones de toneladas).....	7
CUADRO 2 . Avance de siembras y cosechas de sorgo en los principales estados productores primavera-verano del año 2012.....	9
CUADRO 3 . Análisis de la descripción del suelo.....	32
CUADRO 4 . Análisis de varianza del experimento para evaluar el rendimiento en diferentes dosis de fertilización con tres productos diferentes aplicadas en dos variedades de sorgo	44

INDICE DE FIGURA

FIGURA 1. Producción-consumo sorgo. Fuente: Plan rector sorgo 2012.	10
FIGURA 2. Superficie sembrada de sorgo grano (hectáreas)-Jalisco. Fuente: OEIDRUS JALISCO, con información del SIAP	12
FIGURA 3. Superficie cosechada de diferentes cultivos-Jalisco. Fuente: OEIDRUS JALISCO, con información del SIAP	12
FIGURA 4. Producción sorgo grano (toneladas)-Jalisco. Fuente: OEIDRUS JALISCO, con información del SIAP	13
FIGURA 5. Superficie sembrada de sorgo grano (hectáreas)-Chapala, Jalisco. Fuente: OEIDRUS JALISCO, con información del SIAP.....	14
FIGURA 6. Superficie sembrada de sorgo grano (hectáreas)-Chapala, Jalisco. Fuente: OEIDRUS JALISCO, con información del SIAP.....	15
FIGURA 7. Ubicación del Ejido Santa Cruz de la Soledad en el municipio de Chapala, Jalisco, México.	30
FIGURA 8. Ubicación del campo experimental en el Ejido Santa Cruz de la Soledad en el municipio de Chapala, Jalisco, México.	30
FIGURA 9. Rendimiento promedio en las diferentes variedades de sorgo, realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.....	45
FIGURA 10. Rendimiento promedio del cultivo en ambas variedades dependiendo los diferentes productos aplicados, realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.....	46
FIGURA 11. Rendimiento promedio del cultivo dependiendo la dosis de fertilización aplicada, realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.....	47
FIGURA 12. Rendimiento promedio del cultivo dependiendo la interacción de variedades-productos, realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013. ...	48
FIGURA 13. Rendimiento promedio del cultivo dependiendo la interacción de variedades-dosis de fertilización, realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.....	50
FIGURA 14. Rendimiento promedio del cultivo dependiendo la interacción de productos-dosis de fertilización, realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.....	52
FIGURA 15. Rendimientos en ton/ha obtenidos en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.	53

FIGURA 16. Altura de planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.....	55
FIGURA 17. Numero de hojas en la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.	56
FIGURA 18. Grosor de tallo de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.	57
FIGURA 19. Grosor de raíz de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.....	58
FIGURA 20. Numero de raíces de anclaje de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.	59
FIGURA 21. Numero de raíces adventicias de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.	60
FIGURA 22. Largo de las raíces de anclaje de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.	61
FIGURA 23. Largo de panoja de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.	62
FIGURA 24. Peso de panoja de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.	63
FIGURA 25. Peso de tallo de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.....	64
FIGURA 26. Peso de raíces de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.	65

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano del 2013, en el Ejido Santa Cruz de la Soledad localizado en el municipio de Chapala, Jalisco, México a una latitud entre los paralelos 20°19'31.59" Norte, una longitud Oeste de 103° 9'48.35" y una altitud de 1555 metros sobre el nivel del mar.

El objetivo fue buscar una nueva alternativa para poder reducir la fertilización de fondo que se aplica sustituyéndola con la fertilización foliar, en el cultivo de sorgo (*Sorghum vulgare* L.) de la variedad NIQUEL de la casa semillera Asgrow y la variedad DAS 4430 de la casa semillera Dow Agrosiences. Se tuvieron 12 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, con un arreglo factorial de parcelas subdivididas y una distribución en bloques al azar.

Mediante la combinación de la fertilización de fondo con fertilización foliar se pueden obtener mejores rendimientos en la producción de sorgo, ya que esta práctica permite que la planta pueda asimilar de manera una más rápida los nutrientes, corrigiendo las deficiencias a corto plazo. Los resultados obtenidos muestran diferencias altamente significativas entre variedades, productos y dosis evaluados igualando y superando al testigo.

Palabras claves: sorgo, rendimiento, fertilización de fondo, fertilización foliar.

ABSTRACT

This work was conducted during the spring-summer of 2013, in the Ejido Santa Cruz de la Soledad located in the town of Chapala, Jalisco, Mexico at a latitude between parallels 20 ° 19'31.59 "North, a length west of 103 ° 9'48.35 "and an altitude of 1555 meters above the sea.

The aim was to seek a search for a new alternative to reduce background fertilization applied substituting foliar fertilization in sorghum (*Sorghum vulgare* L.) seed NICKEL variety of home Asgrow and variety DAS 4430 seed house Dow AgroSciences. 12 treatments with 3 replicates each with a split-plot factorial arrangement and distribution were randomized block.

By combining deep fertilization with foliar fertilization can get better returns in the production of sorghum, as this practice allows the plant to assimilate so faster nutrients, correcting deficiencies in the short term. The results showed highly significant differences between varieties, products and doses evaluated equaling and surpassing the witness.

Keywords: sorghum, performance, deep fertilization, foliar fertilization.

I. INTRODUCCION

De acuerdo a la FAO (1980), el cultivo del sorgo (*Sorghum vulgare*) es uno de los principales cereales del mundo para la alimentación, por su resistencia a la sequía y altas temperaturas. En México, el sorgo es un cultivo importante ya que como parte integral de un sistema de producción, radica en su utilización para aforraje y grano para animales y actualmente se comienza a utilizar para la alimentación humana.

El sorgo es la principal fuente de alimento para millones de personas en los trópicos semi-áridos (TSA). En las áreas tropicales, el grano de sorgo es importante como alimento humano y por su utilidad forrajera. El tallo y el follaje son usados como forraje henificado y pastura, los tallos también son usados como combustible y material para construcción. En áreas templadas su principal uso es como forraje. (House, 1980)

John B. Pitner (1955), menciona que esta planta se cultiva en muchas regiones del continente Africano y muy ampliamente en la India, China y en Estados Unidos. Pero también en Asia Menor, Irán, Turkestan, Corea, Japón, Australia, el Sur de Europa, México y Sud-América este cultivo se siembra para fines comerciales.

En cuanto a los usos industriales del sorgo, referiremos los que mayormente se conocen, como la extracción de polímeros de la dextrosa que se obtiene a partir de un tipo de almidón, mediante procesos enzimáticos se obtiene en forma de polvo blanco. Se usa en la industria alimentaria en algunas pastas y galletas, bebidas cítricas en polvo y algunos productos lácteos e incluso en la industria cervecera. Sus cualidades son baja higroscopicidad, buena solubilidad y bajo poder edulcorante.

En México, el sorgo es un cultivo que tiene grandes oportunidades de desarrollo en las zonas donde se tiene altitudes menores de 1900 m.s.n.m y donde la precipitación pluvial es limitada o mal distribuida. La ventaja del sorgo a comparación del maíz, es que este se adapta mejor a condiciones pluviométricas bajas y aun así es capaz de producir rendimientos mejores en condiciones de esta naturaleza.

Existen en la Republica una gran cantidad de zonas en las cuales debido a su escasa, incierta o mal distribuida precipitación pluvial, se ha desplazado el cultivo del maíz o ha sido imposible introducirlo, y en algunos casos, si es que se cultiva, se obtienen cosechas pobres, dando por resultado rendimientos misérrimos para el agricultor. Es por esto que, en el afán de incrementar la producción de cereales en la Republica, es necesario, aparte del mejoramiento de semillas y prácticas culturales, la apertura de nuevas tierras al cultivo y el empleo eficiente de las mismas, y de las ya cultivadas, con cultivos que se adapten a las condiciones edáficas y meteorológicas de determinada región.

A pesar de que México cuenta con importantes zonas productoras de sorgo (Norte; Tamaulipas, Noroeste; Sinaloa, Bajío; Guanajuato, Michoacán y Jalisco), donde se siembra en ambos ciclo del año agrícola, los problemas de infraestructura, así como los de comercialización provocan que se siga importando elevados volúmenes de sorgo proveniente de otros países. Si bien esto es necesario para complementar la demanda de los consumidores, hoy es conveniente meditar sobre el pro y contras que tendría alcanzar la autosuficiencia o seguir dependiendo del exterior para satisfacer la demanda. (ASERCA, 1997).

Los problemas a los que productores mexicanos se enfrentan para la producción del sorgo, varían desde condiciones climáticas, variedades inadecuadas para la zona donde se pretende cultivar, costos de producción y la falta de apoyo en el campo por parte de las autoridades gubernamentales.

Sánchez (1994), menciona que México en la actualidad requiere aproximadamente 24 mil toneladas de semilla para poder cubrir 1 200 000 hectáreas que se siembran en la actualidad en el país. Por lo cual esta situación obliga a la necesidad de liberar y utilizar nuevos híbridos de alto potencial así como la búsqueda de nuevos sistemas de producción, para que con la ayuda de nuevos paquetes tecnológicos se produzca un mayor rendimiento de grano del cultivo.

OBJETIVOS

- Disminuir la aplicación de fertilizantes granulados para la fertilización de fondo con ayuda de fertilizantes foliares.
- Monitorear el comportamiento en el cultivo al aplicar fertilizantes foliares.
- Evaluar el rendimiento obtenido a base de la combinación de fertilizantes granulados con fertilizantes foliares.

HIPOTESIS

- Es posible reducir la cantidad de fertilizantes granulados aplicados en la fertilización de fondo utilizando fertilizantes foliares.
- Es posible cubrir todas las necesidades nutricionales del cultivo.
- Obtención de rendimientos superiores a los obtenidos por los agricultores de la región, mediante la aplicación de fertilizantes foliares.

II. REVISION DE LITERATURA

A través de los años el cultivo de sorgo ha ido adquiriendo una gran importancia ya que se ha visto que puede sustituir al maíz en la mayoría de sus usos, ya sea en la alimentación humana, como grano y forraje para la alimentación de animales de engorda.

Importancia internacional.

El consumo total de sorgo sigue muy de cerca las pautas mundiales de producción ya que la mayoría de este producto se consume en los países donde se cultiva. El sorgo se emplea con dos distintas finalidades: alimentación humana y piensos. Mientras que en los primeros años sesenta una grandísima parte de la producción de sorgo se empleaba directamente como alimentación humana. Desde entonces ha bajado constantemente su proporción. Es más, el consumo de sorgo como pienso se ha duplicado abundantemente pasando del 30 al 60 por ciento desde principios de los años sesenta, mientras que el volumen del empleo total de alimentos se mantuvo inalterado o bajó ligeramente.

En América del Norte, América Central, América del Sur y Oceanía, la mayor parte del sorgo producido se emplea en alimento para ganado. (FAO, 1991)

Alrededor del 90 por ciento de la superficie dedicada al cultivo del sorgo y el 70 por ciento de la producción corresponden a los países en desarrollo. Tanto Asia como África aportan el 25-30 por ciento de la producción mundial. En su mayor parte, el cultivo del sorgo se realiza en pequeñas explotaciones agrícolas familiares que practican una agricultura de mera subsistencia. En África predomina un sistema de cultivo extensivo, de baja productividad y escasos insumos. Generalmente, la producción es más intensiva en Asia, donde está más extendido el empleo de fertilizantes y de semillas mejoradas.

El sorgo es un alimento básico esencial en muchas partes del mundo en desarrollo, especialmente en las zonas más áridas y marginales de los trópicos semiáridos. El consumo de sorgo como alimento es más estable y mucho más elevado en las zonas productoras rurales que en los núcleos urbanos. Dentro de las zonas rurales, el consumo tiende a ser mayor en las regiones más pobres aquejadas de una mayor inseguridad alimentaria. El sorgo se consume en formas diversas, que varían de una región a otra. (FAO, 1991)

Consumo internacional per cápita de sorgo

El consumo mundial de sorgo para la alimentación humana se ha mantenido estancado durante los 35 últimos años en contraste con el consumo alimentario total de todos los cereales, que ha subido considerablemente a lo largo del mismo período. Este estancamiento se ha verificado pese a que bajo el aspecto nutricional el sorgo sale bien parado en comparación con otros cereales, sobre todo al ser considerado en muchos países como un grano de categoría interior.

El consumo de sorgo per cápita es elevado en países o en algunas regiones de esos países donde el clima no permite la producción económica de otros cereales y donde los ingresos per cápita son relativamente bajos. Entran aquí sobre todo los países que limitan con las franjas meridionales del Sahara, en particular Etiopía y Somalia, donde el consumo medio nacional per cápita de sorgo puede llegar hasta los 100 kg anuales. Otros países con un consumo notable per cápita son Botswana, Lesotho, el Yemen y algunas provincias de China o estados de la India.

En la mayoría de otros países, el consumo de sorgo para alimentación humana es relativamente pequeño o insignificante en comparación con el de otros cereales. (FAO, 1991).

Volumen de producción internacional

La producción de sorgo en el mundo aumentó de 40 millones de toneladas a comienzos de los años sesenta hasta 66 millones de toneladas en 1979-81, para bajar luego a 58 millones de toneladas en 1990, aunque en comparación la superficie sembrada de sorgo bajó ligeramente de 45,6 millones de hectáreas a 44,4 millones de hectáreas durante el mismo período. La reducción en la producción que hubo de 1979-81 a 1990 se debió en gran parte a la baja en dos grandes países productores de sorgo, los Estados Unidos y China. Estos dos países contribuyeron con 6,2 millones de toneladas, es decir, con un 85 por ciento de la reducción en las cifras mundiales de producción. Son varias las razones que explican esa tendencia descendente en la producción de sorgo.

La producción del Sorgo del 2003 al 2004 aumento gracias a que Estados Unidos elevo su producción hasta en 10% para ubicarse en 11.554 millones de toneladas dicho período. Un dato muy revelador y muy significativo es que en una década (1994-2004) el crecimiento del sorgo solo aumento en solo 0.024%, es decir la producción realmente no ha crecido pero podemos decir que se ha mantenido constante. (FAO, 1991)

CUADRO 1 .Producción mundial de sorgo (en millones de toneladas).

PAISES	2003/ 2004	2004/ 2005	2005/ 2006	2006/ 2007	2007/ 2008	2008/ 2009	2009/ 2010	PAR T. %
NIGE- RIA	9	10	10.5	10.5	10	11	11.5	18.6
EE.UU	10.45	11.52	9.98	7.03	12.64	12	9.65	15.6
INDIA	6.68	7.24	7.63	7.15	7.93	7.24	7.5	12.2
MEXICO	7.3	5.89	5.5	5.81	6.2	6.3	6.65	10.8
SUDAN	5.19	2.7	4.28	5.2	4.5	4.7	4.7	7.6
ARGEN- TINA	2.2	2.9	2.33	2.8	2.94	1.81	3.3	5.3
ETIO- PIA	1.74	1.72	2.17	2.32	2.66	2.62	2.6	4.2
AUS- TRALIA	2.01	2.01	1.93	1.28	3.07	2.4	2.25	3.6
BRASIL	2.1	2.05	1.54	1.5	2	1.84	1.8	2.9
BURKI- NA	1.52	1.4	1.84	1.52	1.51	1.8	1.8	2.9
CHINA	2.87	2.33	2.55	2.18	1.92	1.8	1.7	2.8
OTROS	7.4	7.34	7.65	7.98	7.9	8.62	8.24	13.4
TOTAL MUNDIAL	58.45	57.1	57.89	55.27	63.26	66.02	61.69	100

Fuente: USDA. Junio 2009

México se sitúa entre los grandes productores de sorgo, con un volumen de producción del orden de 6.3 millones de toneladas, con una participación en la producción mundial del 10.8%. Nigeria participa con el 18.6% y los Estados Unidos con 15.6% de la producción mundial, seguido por la India con un 12.2%. Lo anterior en un histórico que abarca de los años 2003 a 2010. Siendo estos los países con la mayor producción de sorgo en el mundo.

Importancia nacional.

Basándose en datos del SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2012, en México dentro de los grupos de granos básicos, oleaginosas y otros granos, el sorgo ocupa el segundo cultivo más sembrado del país con 1,937,608.69 hectáreas sembradas en el 2012. El primer lugar lo ocupa el maíz de grano con 7, 372,218.69 hectáreas sembradas.

Con el transcurso de los años este cultivo ha adquirido cada vez más importancia y se ha extendido prácticamente a todos los estados de la Republica. En México se identifican dos zonas principales productoras de sorgo, Tamaulipas y Bajío, las cuales reportan producción en ambos ciclos agrícolas, destacando el ciclo primavera-verano con el 63% de la producción anual, particularmente en la zona bajío con el 55% de la producción en el ciclo y el otoño-invierno con el 37% restante, sobresaliendo Tamaulipas con el 84% de la producción en dicho ciclo.

Robles (1976), menciona que el norte de Tamaulipas es una de las zonas donde se cultiva mayor superficie teniéndose una estimación de 100 000 has, en el ciclo de primavera; otras regiones que han adquirido especial importancia por la superficie y los rendimientos logrados, son las zonas del Bajío (principalmente Guanajuato) y la costa del pacifico (principalmente Sinaloa y Sonora) con. Le siguen en importancia Michoacán y Jalisco.

Con la información más reciente que el SIAP proporciona, a finales de 2013, podemos decir que la superficie sembrada de sorgo y la producción de sorgo nacional, son de 2,012,330.32 de hectáreas, obteniendo un rendimiento por unidad de superficie de 3.92 toneladas, y una producción nacional del orden de los 6.308,146.16 toneladas. En México se identifican principalmente dos zonas productoras de sorgo, Tamaulipas y el Bajío.

CUADRO 2. Avance de siembras y cosechas de sorgo en los principales estados productores primavera-verano del año 2012.

AVANCE DE SIEMBRAS Y COSECHAS DE SORGO PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES CICLO PRIMAVERA-VERANO 2012					
RIEGO+TEMPORAL SITUACIÓN AL 31 DE DICIEMBRE DE 2012					
ESTADO	SUPERFICIE (HA)			PRODUCCIÓN (TON) OBTENIDA	RENDIMIENTO (TON/HA) OBTENIDO
	SEMBRADA	COSECHADA	SINIESTRADA		
GUANAJUATO	266,138	215,127	14,460	1,400,340	6.509
MICHOACÁN	124,612	103,535	4,500	582,238	5.624
TAMAULIPAS	232,702	131,606	57,482	211,926	1.61
JALISCO	33,261	29,017	162	162,018	5.584
MORELOS	41,017	40,617		158,712	3.907
SINALOA	155,647	87,073	16,172	155,220	1.783
PUEBLA	22,386	19,879	1	84,605	4.256
SONORA	32,832	19,376		80,046	4.131
CHIHUAHUA	10,392	10,138	4	55,962	5.52
SUBTOTAL	918,987	656,368	92,781	2,891,067	
RESTO DEL PAÍS	110,163	77,612	4,377	245,454	
TOTAL	1,029,150	733,980	97,158	3,136,521	4.273

Fuente: SIAP.2013

En el año 2012 Jalisco ocupó el cuarto lugar en cuanto a superficie sembrada de sorgo se refiere, con una superficie sembrada de 33,261 hectáreas, una producción de 162,018 toneladas y un rendimiento por unidad de superficie de 5.584 ton/ha, solo por detrás de Guanajuato, Michoacán y Tamaulipas

Producción-consumo de sorgo en México

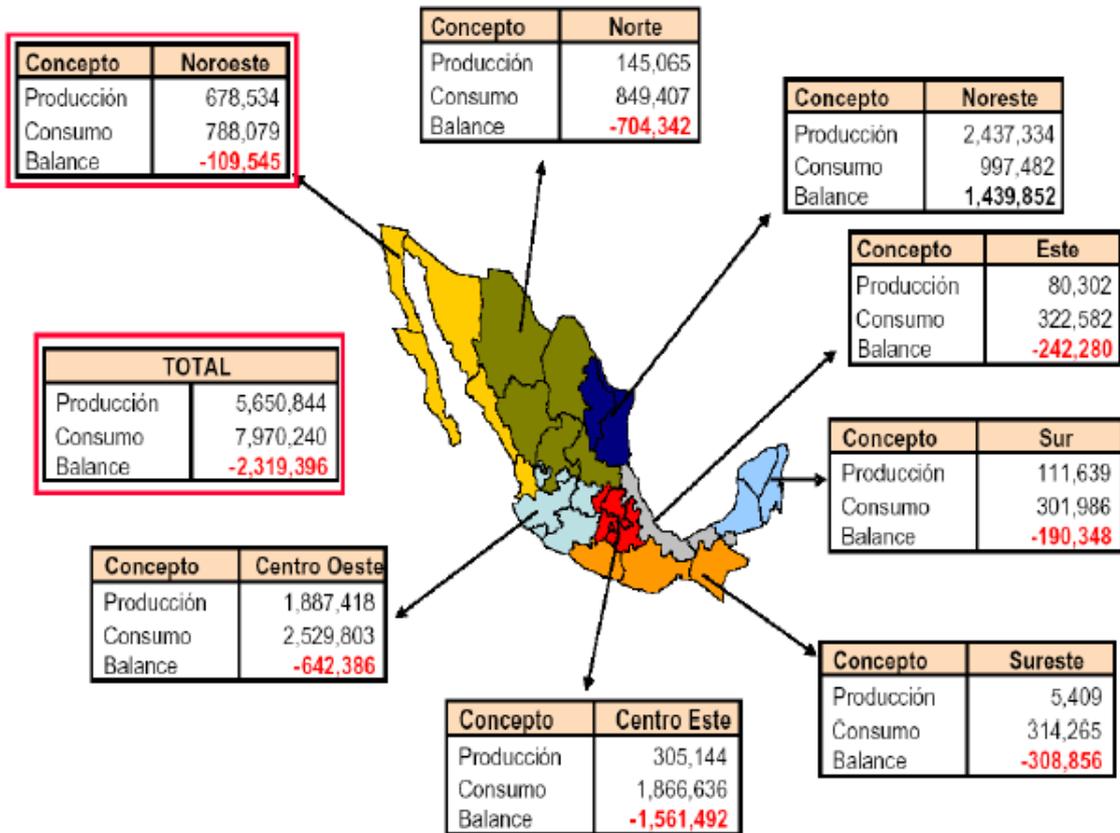


FIGURA 1. Producción-consumo sorgo. Fuente: Plan rector sorgo 2012.

El balance de producción de consumo del sorgo es negativo, mientras que a nivel nacional la producción asciende a 5,650,845 toneladas, el consumo rebasa ese volumen y asciende a 7,970,241 toneladas, teniendo un déficit de 2,319,396 toneladas, a pesar de los altos volúmenes de producción que se obtienen en Tamaulipas y en el Bajío, somos deficitarios en la producción de este grano, considerando que solo en la región norte, el volumen por este concepto, es de poco más de 700 mil toneladas así como en la región centro-occidente con casi 643 mil toneladas.

Sobra mencionar que la región Noreste es la única que muestra un balance de producción de consumo pasivo, con un volumen de casi 1.5 millones de toneladas de sorgo.

En lo que respecta a la zona de occidente, podemos observar que el volumen de consumo es de 2,529,803 toneladas y rebasa al volumen producido de 1,887,418 toneladas, por lo cual se tiene un déficit de 642,386 toneladas, teniendo por consecuencia el traslado de sorgo de otros estados así como del extranjero.

La distribución de la producción regional de sorgo presenta algunas diferencias en relación con la ubicación de su mercado de consumo, la producción pecuaria, particularmente la relacionada con sistemas intensivos en donde la alimentación del ganado se basa en dietas formuladas con base en granos, destacando principalmente los monogástricos, es decir, aves y porcinos. Así, la zona noreste del país, en donde se ubica el principal estado productor de sorgo, Tamaulipas, requiere que gran parte de la producción de este grano sea transportada a los estados de la región norte, occidente y altiplano, situándolo en desventaja con respecto a la producción en la zona bajío, la cual requiere de menor movilización del grano hacia las áreas de consumo, además de poseer mejor infraestructura ferroviaria y de carreteras para su traslado.

Superficie sembrada y producción de sorgo en el estado de Jalisco.

El estado de Jalisco con el paso de los años (2006-2013), venía presentado una disminución en cuanto al total de superficie sembrada de sorgo, presentándose una disminución casi del 45% en el 2009 con 28,586 hectáreas a comparación con la superficie sembrada en el 2006 con 47,563 hectáreas. Pero en el año 2013 mostro un aumento considerable con 45,576 ha., mostrando así una mejora significativa en la superficie sembrada del estado. Según lo mostrado por el OEIDRUS JALISCO en la figura 2.

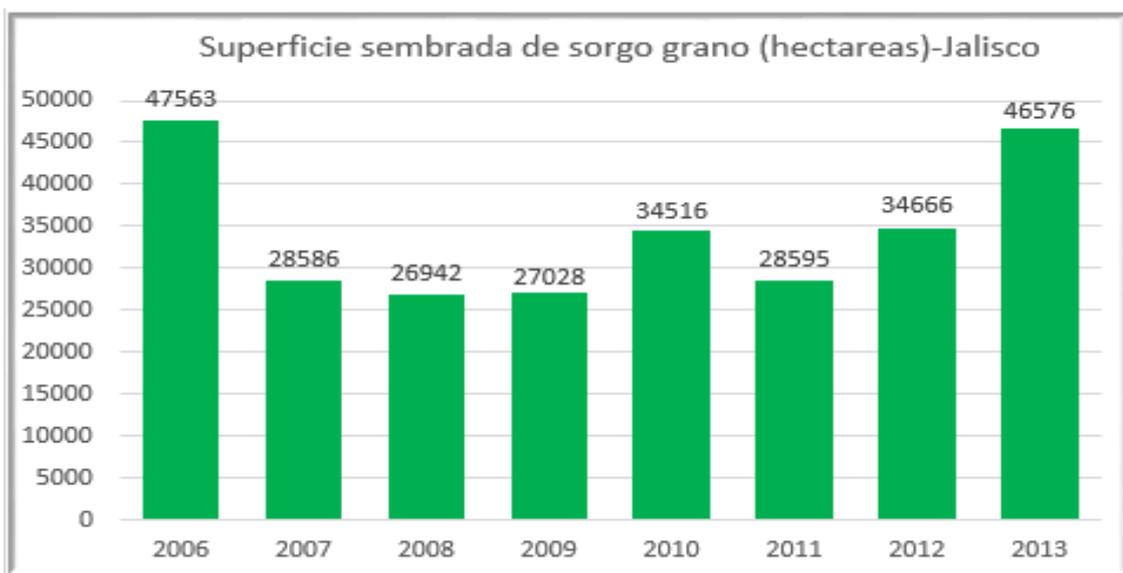


FIGURA 2. Superficie sembrada de sorgo grano (hectáreas)-Jalisco. Fuente: OEIDRUS JALISCO, con información del SIAP

En Jalisco del 100% de la superficie territorial destinada a la agricultura y que se cosecha, los granos y semillas (maíz, sorgo y trigo) ocupan el 45.9% y los forrajes (pastos, maíz, sorgo y avena) ocupan el 42.9% de la superficie destinada a la agricultura, lo que nos habla de que el sorgo es unos de los principales cultivos sembrados en estado de Jalisco. Según lo mostrado por el OEIDRUS JALISCO en la figura 3.

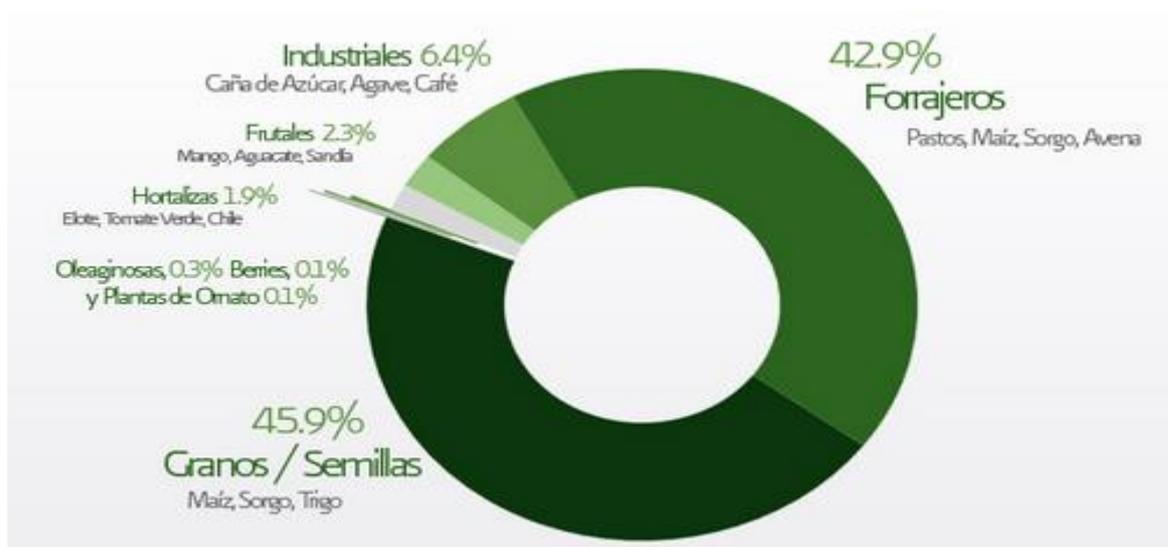


FIGURA 3. Superficie cosechada de diferentes cultivos-Jalisco. Fuente: OEIDRUS JALISCO, con información del SIAP

El cultivo de sorgo en el estado de Jalisco, no ha mantenido una constante producción total del grano a través de los años, mostrando una variabilidad en las toneladas producidas año con año en el estado. Como se observa en la figura 4 y tomando en cuenta desde el año 2006 a la fecha, se venía mostrando una decadencia en la producción de sorgo, pero en el año 2013 se observa un pequeño aumento en la producción llegando casi a la producción que se obtuvo en el 2006, lo que significa que más agricultores decidieron sembrar este cultivo y por consecuencia se sembró más superficie en el estado. Teniendo una producción total de 279,014 toneladas de grano de sorgo en el 2013. Según lo mostrado por el OEIDRUS JALISCO en la figura 4.

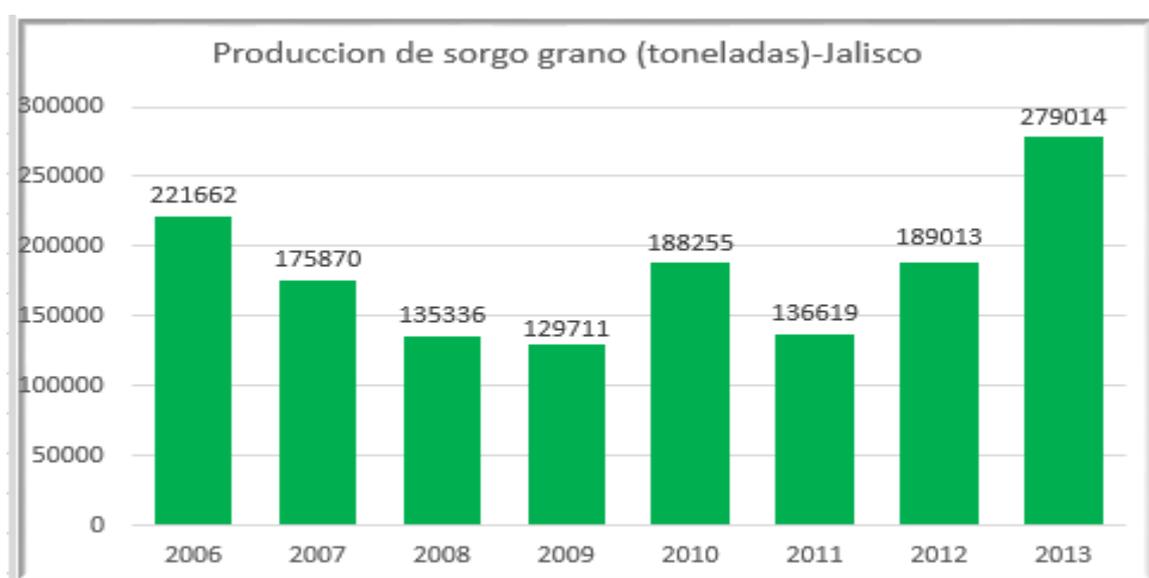


FIGURA 4. Producción sorgo grano (toneladas)-Jalisco. Fuente: OEIDRUS JALISCO, con información del SIAP

Superficie sembrada y producción de sorgo en el municipio de Chapala, Jalisco.

Chapala se localiza al centro del estado en las coordenadas extremas 20° 25' de latitud norte, 20° 17' al sur y 103° 05' al oriente y 103° 18' de longitud oeste, a una altura de 1,530 metros sobre el nivel del mar, junto al Lago de Chapala, al cual otorga su nombre. Teniendo una extensión territorial de 385.58 kilómetros cuadrados.

En este municipio una de las principales actividades es la agricultura, donde se siembra maíz, sorgo, calabacita, cebolla, chayote, chícharo, chile, frijol, garbanzo, jitomate, lechuga, y trigo. También produce frutales como son: la granada, guayaba, lima, limón, membrillo y aguacate.

En lo que respecta al cultivo de sorgo, este municipio cuenta con muy poca superficie sembrada de sorgo. Según muestra la figura 5, del año 2006 al 2013 podemos observar que no se ha mantenido la misma cantidad de hectáreas sembradas de este cultivo, teniendo una baja muy significativa en el año 2005 y 2012 donde bajo casi a un 50% de superficie sembrada teniendo tan solo 95 hectáreas comparada a la del 2006 con 188 hectáreas. Pero en el año 2013 se mostró un pequeño incremento, con 135 hectáreas sembradas de sorgo. Según lo mostrado por el OEIDRUS JALISCO en la Figura 5.

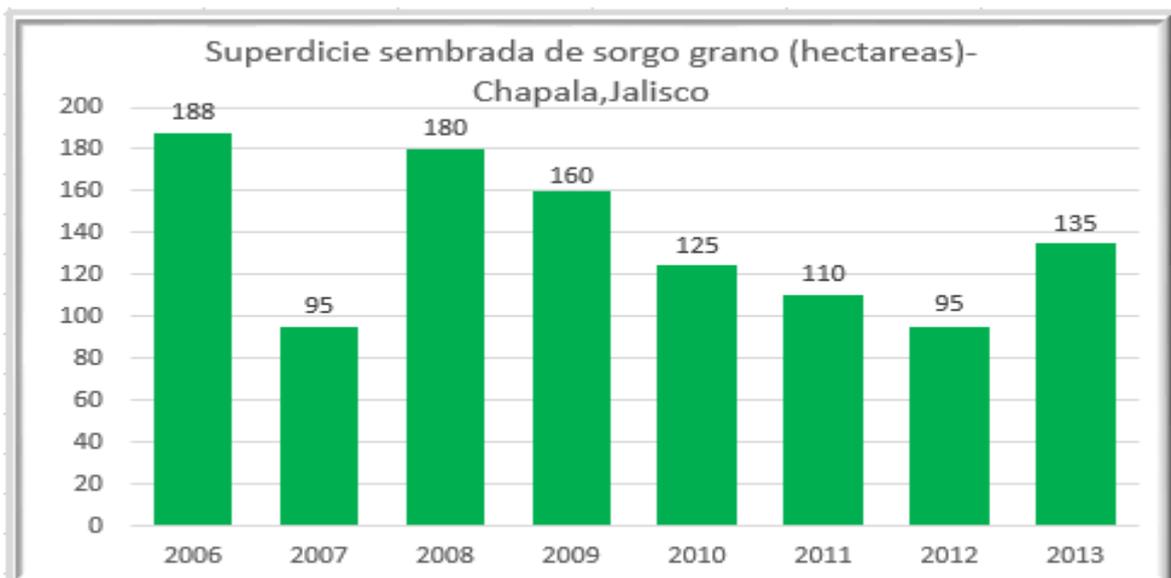


FIGURA 5. Superficie sembrada de sorgo grano (hectáreas)-Chapala, Jalisco. Fuente: OEIDRUS JALISCO, con información del SIAP.

La producción de sorgo en Chapala, Jalisco ha disminuido considerablemente a través de los años. Tomando un periodo de tiempo del 2006 al 2013, la producción total a disminuido drásticamente hasta alcanzar casi el 50% menos de producción obtenida en el 2006, en este año la producción total fue de 1,460 toneladas en 188 hectáreas sembradas a comparación del 2013 donde se obtuvo 810 toneladas en 135 hectáreas. Estos datos nos revelan la necesidad de

nuevas tecnologías para aumentar la producción en un costo menor para el productor. Según lo mostrado por el OEIDRUS JALISCO en la figura 6.

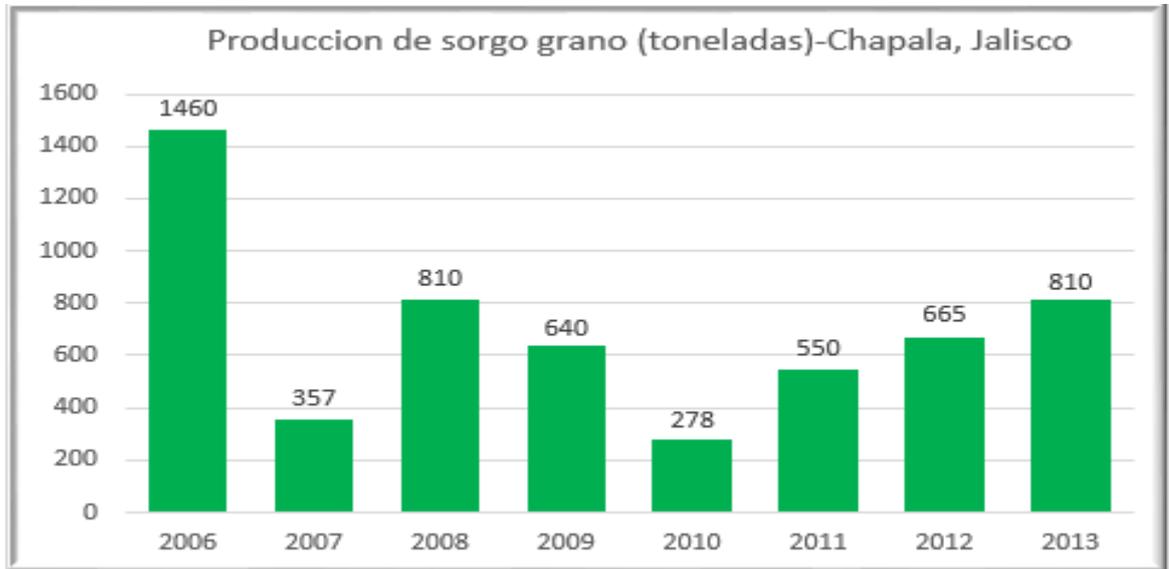


FIGURA 6. Superficie sembrada de sorgo grano (hectáreas)-Chapala, Jalisco. Fuente: OEIDRUS JALISCO, con información del SIAP.

Origen del sorgo.

Se cree que el sorgo (*Sorghum vulgare*) es originario de la zona ecuatorial de África; su propagación a otras regiones del planeta se le atribuye a la mano del hombre y se reconoce como su origen por que este se determina por su diversidad de especies.

El sorgo ha sido conocido en la India desde las épocas prehistóricas y se sabe que se producía en Asiria; ya en el año 700 a.C... Plinio dijo que el sorgo había sido llevado a Roma desde la India, también se dice que el sorgo llegó a China hasta el siglo XIII y al hemisferio Occidental hasta el siglo XVIII, considerando que tiene más de 5,000 años como especie cultivada.

Los sorgos por su aplicación, pueden reunirse en cuatro grandes grupos que son: los sorgos de grano, los sorgos escoberos, los sorgos forrajeros (que son los herbáceos o de pasto) y por últimos en sorgos dulces o de jarabe.

Los sorgos de grano son los más extendidos por el mundo y pertenecen a la especie **Sorghum vulgare**, de la que existen numerosas variedades e híbridos que se emplean por sus semillas y hasta cierto punto por su forraje.

Taxonomía.

El sorgo pertenece a la familia de las gramíneas, de la tribu *Andropogoneae*; la tribu *Andropogoneae* comprende dos géneros de sorgo: el género **Sorghum**, en el cual se encuentra el género **Saccharum**. El número de cromosomas básico es 5, 9 y 10, según las distintas especies. El número básico de cromosomas entre la tribu *Andropogoneae* es de 5 y de 10 por lo tanto, la poliploidia ocurre frecuentemente entre dos tribus.

Clasificación taxonómica del sorgo.

Reino.....Vegetal.
División.....Tracheophyta.
Subdivisión.....Pteropsidae.
Clase.....Angiosperma.
Subclase.....Monocotiledónea.
Grupo.....Glumiflora.
Orden.....Graminales.
Familia.....Graminae.
Subfamilia.....Panicoideas.
Tribu.....Andropogoneae.
Genero.....Sorghum.
Especie.....Vulgare.

Botánica

El sorgo como las demás gramíneas, es una monocotiledónea herbácea, compuesta esencialmente de raíz, tallo, hojas y espiga. (Kent, 1987).

Raíces.

El sistema radicular del sorgo es profuso y tiene muchos pelos radiculares (casi dos veces más de los que tiene el maíz, por ejemplo). Durante la germinación aparece primero una raíz embrionaria o primaria. Se desarrollan varias de estas raíces que no se ramifican o se ramifican muy poco. Comienzan a aparecer raíces secundarias del primer nudo; y son estas raíces las que desarrollan el profuso sistema radicular de la planta. Subsecuentemente mueren las raíces primarias. Las raíces nodales o de sostén pueden aparecer posteriormente en los nudos más bajos, y pueden ser numerosas si la planta no se adapta. Estas raíces no son útiles en la absorción del agua y nutrientes. House (1982)

Todas las raíces maduras de 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 tan resistente a la sequía, aunque otros factores también contribuyen a tal marcada resistencia de la especie.

La planta puede permanecer latente durante largos periodos de sequía sin que las partes florales en desarrollo mueran, pudiendo además continuar nuevamente el crecimiento una vez que las condiciones vuelvan a ser favorables.

Tallo.

Estos son cilíndrico, erectos, sólidos y pueden crecer a una altura de 0.60 m a 4.50 m, estando divididos longitudinalmente en entrenudos cuyas uniones las forman los nudos y de los cuales 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 panojas maduran mucho más tarde que la principal y por lo tanto es indeseable.

Hojas.

Las hoja aparecen alternadamente sobre el tallo, las vaina foliares son largas y en las variedades enanas se encuentran superpuestas. Todas las variedades varían en el tamaño de sus hojas, pero todas ellas las poseen algo más pequeñas que las del maíz. Las hojas de sorgo se enrollan durante periodos de sequía, característica que al reducir la transpiración, contribuye a tan peculiar resistencia a la sequía de la especie.

Inflorescencia.

Panícula.

La panícula puede ser corta y compacta o suelta y abierta; de 4 a 25 cm. o más de ancho. El raquis de la panícula puede estar completamente escondido por la densidad de las ramificaciones de la panícula o completamente expuesto. El raquis difiere en su forma y longitud desde largo y delgado hasta corto y grueso. La panícula usualmente crece erecta en el ápice del tallo, pero puede ser encorvada. House (1982)

Racimo.

El racimo consiste siempre de una o varias espiguillas. Una espiguilla es siempre sésil y la otra pediculada excepto la espiguilla terminal sésil, que va acompañada de dos espiguillas pediceladas. Los racimos varían en longitud de

acuerdo al número de nudos y a la longitud, grosor y vellosidad, dependiendo de la especie. House (1982)

Grano.

En general el grano de sorgo es elípticos a ovalados con un pico puntiagudo y un hilo en la base. En la región hilar, entre la superficie ventral, hay una depresión elíptica marcando la zona de la capa negra. Usualmente, la superficie dorsal es redonda, mientras que la superficie ventral es en cierto modo aplanado donde está localizado el embrión.

El color del tegumento muestra matices de diferentes colores. El color del grano varia de amarillo pálido a café purpura profundo con varios matices de rojo y café (Dogget, 1970).

Labores culturales.

Método de siembra.

Existen diferentes maneras de siembra dependiendo estos de los hábitos de la planta, del fin económico que se persigue, de la topografía y de muchos otros factores, por ejemplo, cuando nos interesa la producción de semillas, flores o fruto, se deposita la semilla a espacios convenientes para que el sol y el aire lleguen con facilidad al follaje de la planta (Escobar, 1946).

Se siembra manualmente o con maquinaria, depositando la semilla a chorrillo y a una profundidad de 4 a 5 cm, se recomienda que la separación entre plantas sea de 25 cm (SARH, 1977).

En siembras mecánicas se utiliza la maquinaria disponible para un cultivo de hileras. En zonas de mucha humedad se usan sembradoras de algodón o maíz, sustituyendo simultáneamente la placa sembradora por la específica del sorgo. Es común la utilización de máquinas para hileras múltiples en siembras extensivas (Weibel, 1975).

Preparación del terreno.

La preparación del terreno para la siembra se hace a través de un barbecho cruzado con un arado y rastreo para pulverizar y uniformizar la superficie del terreno. De esta manera, se ayuda al control de malas hierbas dejando la tierra en condiciones de poder efectuar un buen riego. Cuando se trata de cultivos de temporal, además de los tratamientos anteriores, se acostumbra bordear y surcar la tierra para recibir la lluvia y acumular mayor cantidad de agua.

Nivelación.

La nivelación del terreno es una práctica costosa porque se evita que el agua de lluvia o de riego se encharque en las partes bajas y que en las partes altas no reciban suficiente humedad.

Humedad.

Por su resistencia a la sequía, es propio del sorgo cultivarse en las áreas donde la lluvia es insuficiente para el maíz, como en aquellas áreas con una distribución de 400-600 mm de precipitación anual.

El sorgo se cultiva generalmente bajo condiciones de climas secos y calientes. Comparado con el maíz, el sorgo tiene un sistema radicular más fibroso y ramificado. Las raíces de la planta penetran un mayor volumen de suelo para obtener la humedad.

Con respecto a la necesidad de agua, esta aumenta conforme la planta crece, alcanzando su mayor necesidad durante el periodo de floración, después de esta época el consumo de agua decrece. Además, el sorgo es capaz de soportar también los excesos de humedad mejor que muchos otros cereales. El sorgo continúa creciendo aunque no bien en condiciones de anegamiento o inundación (el maíz por el contrario moriría).

Temperatura.

El sorgo produce grano aún bajo temperaturas altas, el cruzamiento en el cultivo puede ser difícil bajo temperaturas de 40°C o superiores, también cabe señalar que no es un cultivo demasiado tolerante al clima frío. El sorgo crece lentamente a temperaturas de 20°C.

Al sorgo se le considera como temperatura media óptima para su crecimiento de 26.7°C y como mínima 16°C, temperaturas medias de 16°C ya no son convenientes, pues el ciclo se alarga y bajan los rendimientos, sin embargo, se han desarrollado variedades para climas templados con temperaturas mínimas de 15°C, la temperatura media máxima en la que se puede desarrollar el cultivo de sorgo es de 37.5°C.

Altitud.

Tanto el crecimiento como la productividad del sorgo son influenciados grandemente por la altitud. En México se ha observado que esta planta se desarrolla perfectamente desde el nivel del mar hasta altitudes de 1800 m.s.n.m o un poco más. En alturas mayores de 1900 m.s.n.m el sorgo tiene un desarrollo un tanto lento y un bajo porcentaje de polinización, lo cual limita la producción de grano; sin embargo la producción de sorgos forrajeros puede llevarse al cabo satisfactoriamente.

Latitud.

El sorgo se puede cultivar desde los 45° latitud norte a los 35° latitud sur; en las áreas comprendidas entre estas latitudes es donde se pueden cultivar el sorgo con mayores rendimientos, debido a que más al norte o más al sur las temperaturas son más bajas y no se pueden cultivar con buenos rendimientos.

Fotoperiodo.

El sorgo se caracteriza por ser de un fotoperiodo corto, lo cual quiere decir que a maduración de la planta se adelanta cuando el periodo luminoso es corto y el oscuro es largo.

Fertilización.

Es importante aportar nutrientes a los cultivos en forma fácilmente asimilable y de manera equilibrada, lo que se consigue con los fertilizantes minerales ya que se aportan las cantidades necesarias de nutrientes asimilables en los momentos adecuados. Es importante destacar que en el cultivo de sorgo los fertilizantes (principalmente los que contienen nitrógeno, fósforo y potasio) son de suma importancia para tener un desarrollo óptimo el cual se verá reflejado en la cosecha del cultivo.

La absorción de los nutrimentos por parte de las plantas es muy selectiva y sigue reglas bien definidas. Si uno o más elementos minerales se encuentra en el suelo en cantidad insuficiente para asegurar el normal desarrollo de las plantas, el rendimiento final será reducido y a lo largo del ciclo vegetal se manifestarán claros síntomas de carencia. Distribuir en el suelo una determinada cantidad de abono ayuda a mantener a las plantas en un buen estado fisiológico y vegetativo (Bartolini, 1989).

Como se ha mencionado todos los cultivos requieren de una adecuada nutrición vegetal, ya que esta es la base para tener una cosecha con rendimientos aceptables y con una buena calidad.

Fertilización de fondo.

Narro (1995), dice que los principales efectos generales sobre la fertilización de fondo son los efectos que genera al suelo son:

- Mejora la estructura.
- Reduce la densidad aparente y partículas sólidas.
- Reduce la compactación y facilita el laboreo.
- Incrementa la disponibilidad de la humedad del suelo.
- Reduce la resistencia del suelo a la penetración de raíces.
- Reduce formaciones de costras y grietas.
- Oscurece el color.
- Acidificación ligeramente y luego incrementa la acción buffer.
- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico.
- Aumenta la disponibilidad de algunos nutrientes del suelo.
- Quelata la disponibilidad de algunos nutrientes catiónicos.

Nitrógeno.

El nitrógeno es necesario para las plantas con propósitos estructurales. Es un constituyente de la proteína, que es el principal ingrediente del citoplasma. Por lo tanto, existe una necesidad constante de nitrógeno durante todo el ciclo vegetativo. Las demandas de nitrógeno siguen estrechamente la producción de materia seca en las plantas. Para un manejo apropiado de las aplicaciones de nitrógeno, es necesario conocer los patrones de utilización, el productor puede determinar mejor el momento apropiado para la aplicación, al costado de las plantas, del nitrógeno suplementario necesario para satisfacer totalmente los requerimientos. Rodríguez (1982)

El nitrógeno es el elemento más importante en el crecimiento de las plantas: alimenta a los microorganismos del suelo, pues favorece la descomposición de la materia fresca. El nitrógeno es un constituyente de la proteína de la planta y forma parte de los ácidos nucleicos.

El nitrógeno en dosis adecuadas, hace que las paredes de la célula se mantengan delgadas y que las plantas sean más suaves, suculentas y más grandes, por lo que en consecuencia, resultan mejores cultivos

El nitrógeno se vuelve accesible para las plantas a través de dos procesos, conocidos como la fijación del nitrógeno y la mineralización del nitrógeno.

La principal fuente de nitrógeno en un suelo no fertilizado proviene de la materia orgánica, que cuando se descompone libera nitrógeno de tal manera que lo pueden tomar las raíces, en un proceso que se conoce como mineralización. Lesur (2006).

En el estadio de plántula, solo se requieren pequeñas cantidades de nitrógeno, aunque la necesidad de algo del mismo es crítica en etapas tempranas de la planta de sorgo. Bennett (1986)

Si hay nitrógeno disponible en exceso, hay consecuencias negativas como son: la prolongación de la fase vegetativa, retraso de la maduración, disminución de la resistencia al frío y al acame y mayor sensibilidad a las enfermedades y puede retardar la floración y fructificación.

Los mayores rendimientos en cosecha se logran cuando se aporta nitrógeno al comienzo del amacollamiento o durante el mismo y durante el crecimiento de los tallos.

Fosforo.

Lesur (2006), menciona que el fosforo es el segundo nutriente en importancia para la planta, después del nitrógeno, pues el núcleo de cada célula contiene fosforo, de tal manera que la división de las células y su crecimiento dependen de este elemento. Por ello, el fosforo se concentra en aquellas células de la planta que se dividen de manera más rápida, es decir, en las partes de las raíces que tienen un crecimiento constante, así como en los retoños del follaje. El fósforo es fundamental para un crecimiento vigoroso inicial de las raíces y la parte aérea de la planta. Por otra parte, es necesario para el almacenamiento y transferencia de energía en la planta, así como para adelantar la madurez y reducir la humedad del grano a cosecha.

Para una adecuada eficiencia, el fertilizante debe aplicarse a la siembra, cerca de la semilla, preferentemente por debajo y al costado. La aplicación conjunta de fósforo y nitrógeno, sobre todo amoniacal, mejora la absorción del primero. Es por ello que los fosfatos amónicos constituyen un excelente fertilizante, especialmente en sistemas de labranza mínima o siembra directa.

Bennett (1986), menciona que los requerimientos de fosforo en la planta de sorgo son relativamente grandes las primeras etapas del crecimiento. Al principio del crecimiento, la planta toma un gran porcentaje de fosforo y lo almacena en las hojas, luego lo transporta rápidamente al grano mientras se desarrolla la panoja.

Potasio.

El potasio es el tercero de los macronutrientes, el potasio, ayuda a mantener la permeabilidad de las células; es esencial en la formación de almidones, azúcares y aceites; estimula el desarrollo de las raíces; aumenta el vigor de las plantas y su resistencia al acame, al frío y sobre todo a las enfermedades. Desempeña un papel importante en el movimiento del agua dentro de la planta e influye en el color y solides de la fruta o grano. Lesur (2006).

El potasio correcto, da como resultado un buen rendimiento de fruto o grano, de buen tamaño, color, sabor y conservación, mientras que un exceso provoca una deficiencia de magnesio. Cuanto mayor sea la reserva de potasio, mayor será la de magnesio.

El potasio interviene en la formación de almidón y en el desarrollo de las raíces. Reduce la transpiración, por lo que aumenta la resistencia a la sequía. Como contribuye a la formación de un sistema radicular, proporciona mayor resistencia al frío. La extracción de potasio en la planta es máxima durante el periodo de encañado. Rodríguez (1982)

Las funciones principales del potasio son:

- Imparte a las plantas gran vigor y resistencia a las enfermedades.
- Coadyuva en la producción de proteína en las plantas.
- Aumenta el tamaño de grano y semilla.
- Es esencial para la formación y desplazamiento de almidones, azúcares y aceites.
- Mejora la calidad de los frutos.
- Ayuda al desarrollo de los tubérculos.
- Auxilia en la formación de la antocianina (color rojo del grano).

Fertilización foliar.

La fertilización foliar normalmente se recomienda como complemento de la fertilización al suelo y tiene sobre esta ventaja la ventaja de una más rápida absorción, resulta efectiva aun cuando el cultivo tiene un sistema radical ineficiente por bajas temperaturas del suelo o por daños de insectos o nematodos. La fertilización foliar es especialmente recomendable para abastecer al cultivo de micronutrientes requeridos en bajas dosis y que aplicados al suelo están expuestos a la fijación como es el caso del hierro y zinc en suelos calcáreos. Núñez (1987)

García (1980), cita que ante la certeza de la nutrición vegetal rociando la parte aérea de los cultivos con soluciones acuosas de sustancias alimenticias, se está desarrollando la técnica de la fertilización foliar, donde las experiencias prueban que la absorción comienza a los cuatro segundos de haber rociado las hojas con la solución nutritiva, la cual es absorbida con mayor velocidad y en mayor proporción que al abonar el suelo.

Anónimo (1983), reporta que la producción de cultivos es cada vez más sofisticada y se está dando mayor atención a deficiencias menos comunes, aunque estas puedan tener un mayor efecto sobre el rendimiento; los micronutrientes están siendo cada vez y con mayor frecuencia el factor limitante en la producción de cultivos. Debido a las cantidades relativamente pequeñas requeridas por la planta, la aplicación de nutrientes requiere de precisión que puede ser fácilmente lograda con la aplicación de fertilizantes foliares.

Para Whitee y Carlson (1959). Las aplicaciones foliares son muy útiles para corregir deficiencias nutricionales de una manera muy rápida y económica, ya sea porque no hay en el suelo o para ser utilizado por la planta, es necesario recurrir a la fertilización foliar para corregir dichos impactos.

La fertilización foliar es otra forma en que se puede abastecer a las plantas con nutrimentos y es una práctica agronómica de simple acción, la cual no ha sido plenamente aprovechada para los cultivos. La fertilización foliar es eficiente para corregir desordenes nutrimentales y para lograr un adecuado nivel nutricional de las plantas. Los nutrimentos requeridos vía follaje son menores que cuando se aplica vía edáfica; así al utilizar menores cantidades de fertilizantes, se reduce el riesgo de contaminación ambiental por nitratos y otros agroquímicos.

Gray (1997). La aplicación se ubica en etapas fenológicas cercanas a la floración que es cuando muchos cultivos muestran un marcado incremento en la actividad metabólica, incluyendo la absorción de nutrimentos (M.cjj. Vickar et al 1963: Marshener, 1995) y aunada la fertilización edáfica puede incrementar la producción y calidad de los cultivos a pesar de la desventaja que pudiera representar su costo de aplicación.

Zaragoza (1992), realizó un trabajo donde utilizo en sus tratamientos fertilizantes foliares para el control de la floración y obtuvo un retardo en la floración hasta cinco días con fertilizante fosfatado, mientras que aquello que contenían los tres elementos esenciales (N, P y K) no presentaron ningún efecto en la floración, pero si en el rendimiento y calidad de la semilla.

A mediados del siglo pasado se asentaron las bases científicas de la nutrición foliar cuando se logró corregir una clorosis por medio de aspersiones de sales de hierro al follaje de ciertas plantas. Desde entonces se comprobó que la fertilización foliar es un método que proporciona una rápida y eficaz asimilación de nutrientes, por lo que es posible corregir una deficiencia observada de poco tiempo.

Cuando se busca obtener buenos rendimientos en el cultivo, es indispensable considerar un factor de suma importancia, como el caso de la nutrición vegetal, siendo también un aspecto vital para la calidad de los productos que se espera obtener.

Algunos de los aspectos que han contribuido a incrementar la producción agrícola son el uso de semillas seleccionadas, y el buen control de plagas, enfermedades y malezas, sin embargo en la mayoría de los casos habría sido

imposible aumentar dicho rendimiento si no se hubiera dispuesto de fertilizantes que proporcionan los nutrimentos necesarios requeridos por los cultivos y fueron proporcionados a través de una buena aplicación de fertilizantes.

La fertilización foliar es uno de los métodos económicos con el cual se han logrado resultados prácticos para incrementar los rendimientos. Esta técnica ha evolucionado a la economía, a tal grado que difícilmente se encuentren áreas agrícolas importantes que no utilicen las aspersiones de nutrientes para corregir deficiencias o para disminuir los costos de producción del cultivo manteniendo o mejorando los rendimientos; ya que suministra nutrientes directamente al follaje, puesto que es donde hay mayor demanda de estos, debido a los procesos metabólicos que ahí mismo se están llevando a cabo.

III. MATERIALES Y METODOS.

Descripción del área de estudio

El ejido de Santa Cruz de la Soledad es una de las delegaciones del municipio de Chapala ubicado dentro de los límites del lago de Chapala en el estado de Jalisco. Limita al norte con el municipio de Ixtlahuacán de los Membrillos, al noreste con el municipio de Juanacatlán, al este con el municipio de Poncitlán, al sur con el municipio de Tizapán el Alto y con el municipio de Tuxcueca y el oeste con el municipio de Jocotepec.

Típicamente la mayor parte de esta comunidad obtiene sus recursos económicos de la agricultura, ganadería y pesca. Aunque en los últimos años los malos resultados que ha obtenido esta población en la agricultura y la falta de apoyo a los agricultores por parte del gobierno ha provocado que algunos de los habitantes han decidido salir del pueblo para encontrar nuevas actividades económicas en las comunidades aledañas muchos de los cuales optan por trabajar en la ciudad de Guadalajara o bien en la parte turística de la ribera de Chapala principalmente en hoteles o restaurantes.



FIGURA 7. Ubicación del Ejido Santa Cruz de la Soledad en el municipio de Chapala, Jalisco, México.

La presente investigación se realizó en el Ejido Santa Cruz de la Soledad, localizado en Chapala, Jalisco a una latitud $20^{\circ}19'31.59''$ Norte y una longitud $103^{\circ}9'48.35''$ Oeste y a una altitud de 1555 metros sobre el nivel del mar.



FIGURA 8. Ubicación del campo experimental en el Ejido Santa Cruz de la Soledad en el municipio de Chapala, Jalisco, México.

El clima del municipio de Chapala se considera como semiseco, con invierno y primavera secos y semicaldo, sin estación invernal bien definida. La temperatura media anual es de 19.9°C, y una precipitación media de 810.99 milímetros con régimen de lluvia en los meses junio, julio y agosto.

Los vientos dominantes son de dirección este. El promedio de días con heladas al año es de 4.1.

El municipio está constituido por terrenos cuaternarios; la composición del suelo corresponde a los del tipo vertisol pélico, con feozem háplico como dominantes; y al cambisol férrico como asociado.

Porta (1999), menciona que los suelos vertisoles, son suelos minerales que se caracterizan por su elevado contenido en arcilla, un 30% o más de todo el perfil y como un mínimo en un espesor de por lo menos 59 cm. son suelos de colores gris oscuro (de negro a pardo-rojizo).

La mayor parte del suelo tiene un uso agrícola, y la tenencia de la tierra en su mayoría corresponde a la pequeña propiedad.

A continuación se muestran los datos obtenidos en el análisis de suelo que se extrajo en el campo experimental donde se realizó el trabajo investigación:

CUADRO 3. Análisis de la descripción del suelo.

CARACTERISTICAS	METODO	VALOR	UNIDAD
TEXTURA	HIDROMETRO	60	ARENA (%)
		25	ARCILLA (%)
TEXTURA		15	LIMO (%)
			MIGAJON ARCILLA ARENOSO
MATERIA ORGANICA	WALKY	2.17	(%)
pH	POTENCIOMETRO	6.97	
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	EXTRACTO DE PASTA SATURADA	0.99	mS
Da	PROBETA	1.30	gr/cm

Siembra

La siembra se realizó el 26 de Junio del 2013. Esta se llevó a cabo de forma mecánica. Donde se tiraron 18 kg/ha de semilla, se utilizaron 2 variedades de híbridos de sorgo (Niquel-Asgrow y DAS 4430-Dow Agrosiences) con un espacio entre planta y planta de 5 cm y un espaciamiento entre surco y surco de 0.8 m, realizado por una sembradora mecánica. Una vez realizada la siembra se dividió el terreno en parcelas de 10 m² para establecer los tratamientos.

Materiales genéticos utilizados

Se utilizaron dos materiales genéticos para la realización de este trabajo, los cuales fueron:

- Niquel – ASGROW: Es un híbrido de ciclo intermedio, es de panoja semicompacta con una altura de 1.50 a 1.70 mts y días a cosecha de 130-145 días.
- DAS 4430 - DOW AGROSCIENCES: Es un híbrido de ciclo intermedio, es de panoja semicompacta con una altura de 1.40 a 1.70 mts y días de cosecha de 125 a 155 días.

Agroquímicos utilizados para el control de plagas y enfermedades.

En la investigación se utilizaron insecticidas y fungicidas para controlar las plagas y enfermedades que se presentaron durante el ciclo del cultivo. Las plagas y enfermedades que se presentaron durante el ciclo del cultivo fueron:

Gallina ciega (*Phillophaga crinita*): Al momento de la siembra, se le aplicó un insecticida granulado llamado Turbulans (Terbufos) para la prevención y control de esta plaga en el suelo. Se realizó una segunda aplicación de Turbulans (Terbufos) el día 26 de julio del 2013.

Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*): Esta plaga se detectó su presencia ya que la planta tenía un largo de 20 cm aproximadamente causando un daño leve por perforaciones en el área foliar y se aplicó un insecticida líquido para controlar la poca población de gusano cogollero que presentaba el cultivo, el producto utilizado fue Lorsban (clorpirifos) 1lt/ha y fue aplicado el día 9 de julio, se realizó una segunda aplicación con Arrivo (Cipermetrina) 250 ml/ha como control

de la plaga el día 30 de julio y una tercera aplicación con Lorsban (Clorpirifos) el 12 de agosto del 2013.

Roya (*Sphaceloteca sorghi*): Este hongo se presentó en el follaje de la planta, principalmente en las hojas viejas, las cuales presentaban pequeñas pústulas de color marrón generalmente paralelas a las venas de las hojas. Para prevenir y controlar esta enfermedad se aplicó un fungicida llamado Blindaje (Benomilo) se utilizó ½ kg/ha. Se realizaron dos aplicaciones la primera fue el 12 de agosto y la segunda el día 11 de septiembre del 2013.

Ergot (*Sphacelia sorqi*): Esta enfermedad es causada por un hongo y se detectó a causa de daños que provoco en la pajona, la panoja presentaba una masa esfacelia blanca que forzaba a las glumas a separarse, exudados incoloros y viscosos que con el paso de los días los granos se turnaban de un color obscuro (negro). Para prevenir y controlar esta enfermedad se utilizó un fungicida llamado Blindaje (Benomilo) se utilizó ½ kg/ha. Se realizaron 2 aplicaciones la primera el 11 de septiembre y la segunda aplicación el día 21 de septiembre del 2013.

Herbicidas utilizados.

En el presente trabajo de investigación, se realizó la aplicación de un herbicida como pre emergente de maleza (especies de zacate y hoja ancha) utilizando el producto Gesaprim Combi F500 utilizando 1.5 lts/ha.

Fertilizantes utilizados.

Fuentes empleadas de fertilizantes solidos:

- Urea (46% de N)
- Mezcla física (14-24-15)

Fuentes empleadas de fertilizantes foliares:

- Serviagro (20-30-10)
- Promotor (Estimulante y promotor de cambios iónicos)
- Regufol (Regulador de crecimiento)

Riegos

Este trabajo fue establecido bajo condiciones de temporal y solamente se aplicó un riego de auxilio el día 22 de Agosto del 2013, ya que estaba en etapa de formación de panoja y tenía 14 días sin llover.

Fertilización.

En la zona donde se estableció el cultivo, los productores utilizan la dosis de fertilización 253-92-57, para nitrógeno (N), fosforo (P) y potasio (K).

La mezcla física (14-24-15) fue aplicada al momento de la siembra manualmente directamente al suelo y la urea se aplicó en la segunda aplicación de fertilizantes el día 26 de julio del 2013, se realizó manualmente surco por surco directamente al suelo.

Fertilización foliar.

Las aplicaciones de los fertilizantes foliares se realizaron manualmente con una bomba de aspersion, en forma foliar directamente a la planta de sorgo. Se realizaron 4 aplicaciones de fertilizantes foliares en las siguientes fechas:

- 17 de Julio del 2013
- 30 de Julio del 2013
- 12 de Agosto del 2013
- 29 de Agosto del 2013

Miyamonte (20-30-10)

Componentes:

Nitrógeno total

Equivalente a 20 gr de N/L.....20.00%

Fosforo disponible (P_2O_5)

Equivalente a 30 gr de P_2O_5 /L.....30.00%

Potasio disponible K_2O

Equivalente a 10 gr de K_2O /L.....3.50%

Enzimas y carbohidratos

Acondicionantes y emulsificantes relacionados.....36.00%

Total.....100.00%

Promotor

Componentes:

Análisis de garantizado.....% en peso

Agentes quelatantes.....31.00

Aminoácidos libres.....0.50

(Derivados de elementos orgánicos fúlvicos)

Diluyentes y acondicionantes.....68.50

Regufol

Componentes:

Análisis garantizado.....	% en peso
Cisteína.....	2000 ppm
Tiamina.....	1000 ppm
Auxinas.....	500 ppm
Inositol.....	500 ppm
Giberelinas.....	200 ppm
Nitrógeno total (N).....	8.00%
Zinc (Zn).....	2.00%
Azufre (S).....	0.60%
Fierro (Fe).....	0.50%
Ácido cítrico.....	0.50%
Magnesio (Mg).....	0.12%
Manganeso (Mn).....	0.12%
Boro (B).....	0.10%
Material vegetal.....	53.38%
Diluyentes y acondicionantes.....	34.21%

Niveles de exploración.

Los niveles de exploración de los fertilizantes de fondo se aplicaron diferentes dosis de Mezcla física (14-24-15) y Urea (46 % de N) expresado en gramos, esto se aplicó para cada tratamiento donde cada parcela tenía una superficie de 10 m².

Dosificación de la fertilización de fondo

1. 100%= 435 gr Urea - 383 gr Mezcla
2. 75%= 326.25 gr Urea - 287.25 gr Mezcla
3. 50%= 217.5 gr Urea - 191.5 gr Mezcla
4. 25%= 108.75 gr Urea - 95.75 gr Mezcla

Dosificación y aplicación de la fertilización foliar.

En el trabajo realizado se tomó como base en los tres fertilizantes foliares 2lt/ha, ya que en las recomendaciones dadas por los fabricantes, esta dosis era la recomendada para el cultivo de sorgo.

La aplicación se realizó manualmente con una bomba aspersora.

Serviagro (20-30-10)

1. 75%= 13.5 ml/ 300 ml agua
2. 50%= 9 ml/ 300 ml agua
3. 25%= 4.5 ml/ 300 ml agua
4. Testigo= 0

Promotor

1. 75%= 13.5 ml/ 300 ml agua
2. 50%= 9 ml/ 300 ml agua
3. 25%= 4.5 ml/ 300 ml agua
4. Testigo= 0

Regufol

1. 75%= 13.5 ml/ 300 ml agua
2. 50%= 9 ml/ 300 ml agua
3. 25%= 4.5 ml/ 300 ml agua
4. Testigo= 0

Estas dosis se aplicaron 4 veces en el cultivo de sorgo la primera fue el 17 de julio, la segunda el 30 de julio, la tercera el 12 de agosto y la cuarta el 29 de agosto

Tratamientos

En el trabajo de investigación que se realizó, se establecieron 72 parcelas de 10 m² con un espaciamiento de 1m entre cada parcela, las cuales se marcaron después de la siembra. En las parcelas marcadas se establecieron 2 variedades de sorgo a evaluar con 3 fertilizantes foliares y con 4 dosificaciones de fertilización, dando como resultado 12 tratamientos aplicados por variedad con 3 repeticiones cada uno, a los tratamientos con sus respectivas repeticiones se le aplicaron diferentes dosis de fertilización foliar utilizando como fuente los productos Serviagro 20-30-10, Promotor y Regufofol y con diferentes dosis de fertilización de fondo utilizando Urea (46% N) y una Mezcla física. También se estableció un tratamiento testigo donde se aplicó el 100% de la fertilización de fondo y un 0% de fertilización foliar. Descripción de los tratamientos:

T1= 25% Fertilizante solido – 75% fertilizante foliar (Serviagro 20-30-10)

T2= 50% Fertilizante solido – 50% fertilizante foliar (Serviagro 20-30-10)

T3= 75% Fertilizante solido – 25% fertilizante foliar (Serviagro 20-30-10)

T4= 100% Fertilizante solido (Testigo)

T5= 25% Fertilizante solido – 75% fertilizante foliar (Promotor)

T6= 50% Fertilizante solido – 50% fertilizante foliar (Promotor)

T7= 75% Fertilizante solido – 25% fertilizante foliar (Promotor)

T8= 100% Fertilizante solido (Testigo)

T9= 25% Fertilizante solido – 75% fertilizante foliar (Regufofol)

T10= 50% Fertilizante solido – 50% fertilizante foliar (Regufofol)

T11= 75% Fertilizante solido – 25% fertilizante foliar (Regufofol)

T12= 100% Fertilizante solido (Testigo)

N: NITROGENO: Expresado en % la dosis total a utilizar.

P: FOSFORO: Expresado en % la dosis total a utilizar.

F: FERTILIZANTE FOLIAR (**A:** Serviagro 20-30-10, **B:** Promotor, **C:** Regufofol)

Fecha de cosecha.

La fecha de siembra fue el 26 de junio y la cosecha se realizó el 07 de diciembre, 163 días después de la siembra. La cosecha se realizó de forma manual, se realizó el trillado manualmente y finalmente la limpieza con un ventilador, se prosiguió a pesar con una balanza analítica para obtener el rendimiento de cada tratamiento. Al momento de la cosecha se eliminó un surco lateral de cada lado de la parcela para eliminar el efecto orilla, quedando a cosechar 6.4 m² y el rendimiento obtenido se transformó a ton/ha.

Transferencia de tecnología.

Se realizó una demostración a los agricultores de la región, donde se les dio a conocer la tecnología aplicada en la investigación y se realizó un recorrido guiado en todo el campo experimental, explicando detalladamente cada tratamiento aplicado y las técnicas empleadas en cada una de las parcelas experimentales, obteniendo una respuesta favorable por parte de los agricultores, ya que tenían muy poco conocimiento sobre cómo realizar una fertilización foliar y su importancia para la nutrición de la planta.

Variables de evaluación.

Altura de planta.

Es la distancia que hay desde la base de la planta hasta donde empieza a ramificarse la panoja. La medición se realizó con una cinta métrica y se expresó en cm.

Numero de hojas

Para esta variable se efectuó el conteo de las hojas que tenía el tallo de la planta.

Grosor del tallo y raíz.

Con ayuda de un Vernier se obtuvieron los datos de esta variable, se tomó en la base del tallo al ras del suelo.

Numero de raíces de anclaje y adventicias.

Para esta variable se efectuó el conteo de las raíces de anclaje y adventicias que tenía el tallo de la planta.

Longitud de las raíces de anclaje.

Se efectuó apoyándose de una regla milimétrica tomando desde la superficie del suelo hasta el final de la raíz midiéndose en cm.

Longitud de la panoja.

Se realizó la medición con ayuda de una regla milimétrica tomando desde la base de la panoja hasta el final de la misma.

Peso de la panoja.

Se metió las muestras de las panojas en bolsas de papel a una estufa de secado y se pesó en una balanza analítica.

Peso del tallo.

Se metió las muestras de tallos en bolsas de papel a una estufa de secado y se pesó en una balanza analítica.

Peso de raíz.

Se metió las muestras de raíz en bolsas de papel a una estufa de secado y se pesó en una balanza analítica.

Rendimiento.

Esta variable se obtuvo desgranado manualmente la panoja que se cosecharon y se prosiguió a pesar los granos de cada tratamiento, los datos se obtuvieron en kg/6.4m² y se convirtieron a ton/ha.

Metodología experimental

La preparación del terreno consistió en un barbecho y rastreo, dentro del cual se ubicaron las parcelas experimentales, se trazaron 72 parcelas con un tamaño de 2 metros de largo y 5 metros de ancho sumando una superficie total de 720 m².

Para este experimento se trabajó con un diseño experimental de parcelas subdivididas y distribución en bloques al azar.

Modelo estadístico

El modelo estadístico para el análisis de varianza.

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + (\alpha\gamma^1)_{jl} + (\beta\gamma^1)_{kl} + (\alpha\beta\gamma^1)_{jkl} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- **Y_{ijk}** : Variable de respuesta en el bloque i-ésimo de la combinación de i-ésimo nivel del factor B y K-ésimo nivel del factor C.
- **μ** : Efecto de la media general.
- **ρ_i** : Efecto del i-ésimo bloque.
- **α_j** : Efecto del i-ésimo nivel del factor A.
- **β_k** : Error de la parcela grande.
- **$(\alpha\beta)_{jk}$** : Efecto del j-ésimo nivel del factor B.
- **γ_l** : efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A en el j-ésimo nivel del factor B.
- **$(\alpha\gamma^1)_{jl}$** : Error de la parcela mediana.

- $(\beta Y^1)_{kl}$: Efecto del k-ésimo nivel del factor C.
- $(\alpha\beta Y^1)_{jkl}$: error de la parcela chica.
- ε_{ijk} : Error en la parcela chica.

$i = 1 \dots 3$ repeticiones

$j = 1 \dots 2$ variedades

$k = 1 \dots 3$ productos

$t = 1 \dots 4$ dosis

$\varepsilon =$ Error experimental

$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 a)$

$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 b)$

$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 c)$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 4. Se muestran los cuadrados medios y las significancias de la variable evaluada, durante el desarrollo del trabajo realizado. Donde se encontraron significancias ($p \leq 0.05$) en algunas variables analizadas en el ANVA.

CUADRO 4. Análisis de varianza del experimento para evaluar el rendimiento en diferentes dosis de fertilización con tres productos diferentes aplicadas en dos variedades de sorgo

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Bloques	2	14.819	7.409	46.910	0.019**
Factor A	1	15.095	15.095	95.564	0.008**
Error A	2	0.315	0.157		
Factor B	2	51.233	25.616	13.591	0.003**
AxB	2	1.031	0.515	0.273	0.770NS
Error B	8	15.077	1.884		
Factor C	3	38.139	12.713	9.389	0.000**
AxC	3	0.123	0.041	0.030	0.992 NS
BxC	6	50.131	8.355	6.171	0.000**
AxBxC	6	4.811	0.801	0.592	0.736NS
Error C	36	48.742	1.533		
Total	71	239.520			
C.V Error A= 7.40%					
C.V Error B=12.02%					
C.V Error C= 12.02%					

** Altamente significativo; NS= no significativo; C.V.= porcentaje del coeficiente de variación; A= Variedad de sorgo; B= Productos foliares; C= Dosis de fertilización.

Rendimiento del cultivo en las dos variedades de sorgo.

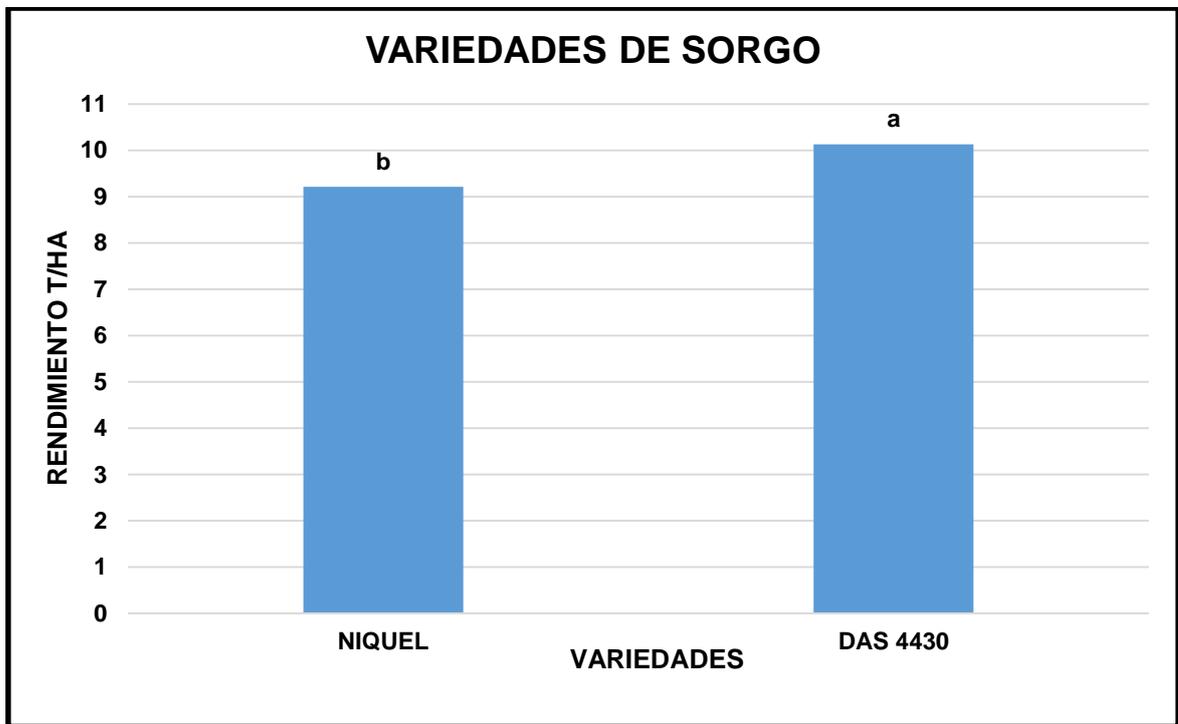


FIGURA 9. Rendimiento promedio en las diferentes variedades de sorgo, realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

La grafica anterior nos muestra que la variedad DAS 4430 fue la que presento mayor rendimiento promedio con casi una tonelada más que el rendimiento presentado por la variedad NIQUEL.

La variedad DAS 4430 presento una mayor adaptación a las condiciones climatológicas presentadas y una mayor resistencia a las plagas y enfermedades que se presentaron a lo largo del experimento, dando como resultado un mayor rendimiento.

Rendimiento del cultivo dependiendo el producto aplicado.

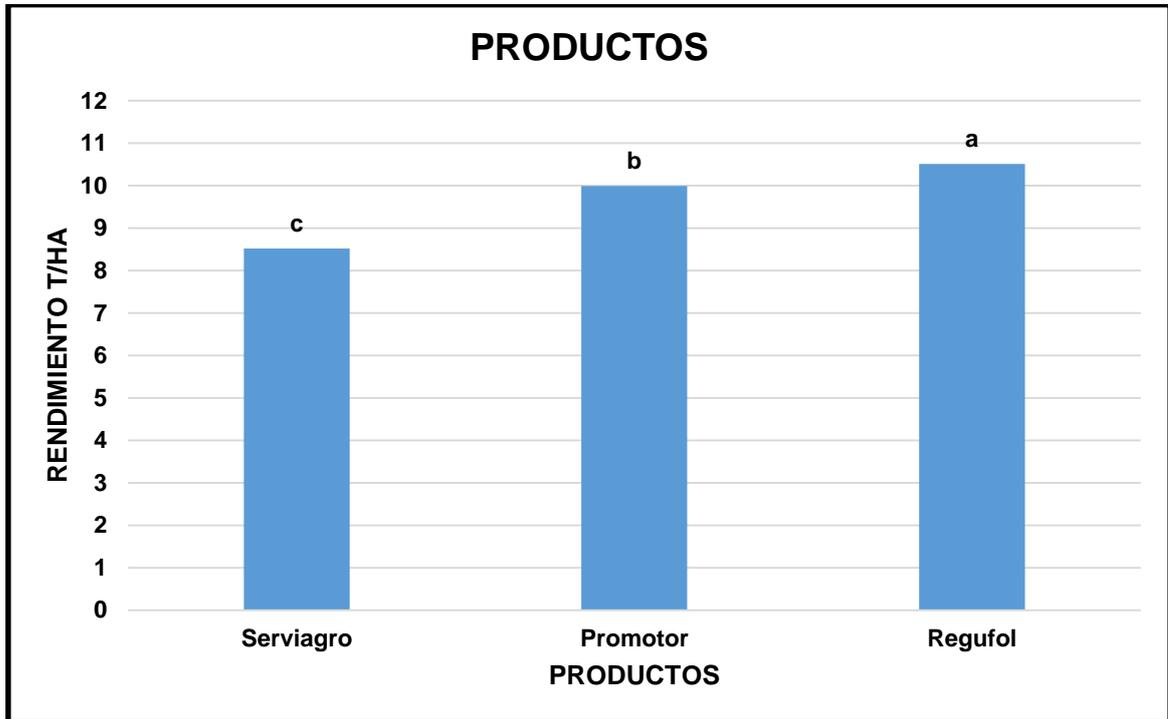


FIGURA 10. Rendimiento promedio del cultivo en ambas variedades dependiendo los diferentes productos aplicados, realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

Como se muestran los resultados en la gráfica anterior, podemos observar el mejor rendimiento promedio se obtuvo con la aplicación del producto REGUFOL, dándonos un rendimiento de 10.513 t/ha., colocando en un nivel de rendimiento menor a SERVIAGRO y PROMOTOR, esto lo coloca como el mejor producto para la utilización de fertilizaciones foliares en las variedades de sorgo evaluadas.

Con la aplicación de REGUFOL se obtuvieron rendimientos promedios por arriba de los otros productos utilizados. El REGUFOL es un regulador de crecimiento de origen orgánico enriquecido con hormonas, aminoácidos, micronutrientes y vitaminas de fácil asimilación por las plantas lo cual permite que se incremente el proceso de fotosíntesis, el crecimiento y desarrollo vegetal, favoreciendo el rendimiento del cultivo.

Rendimiento del cultivo dependiendo la dosis de fertilización aplicada.

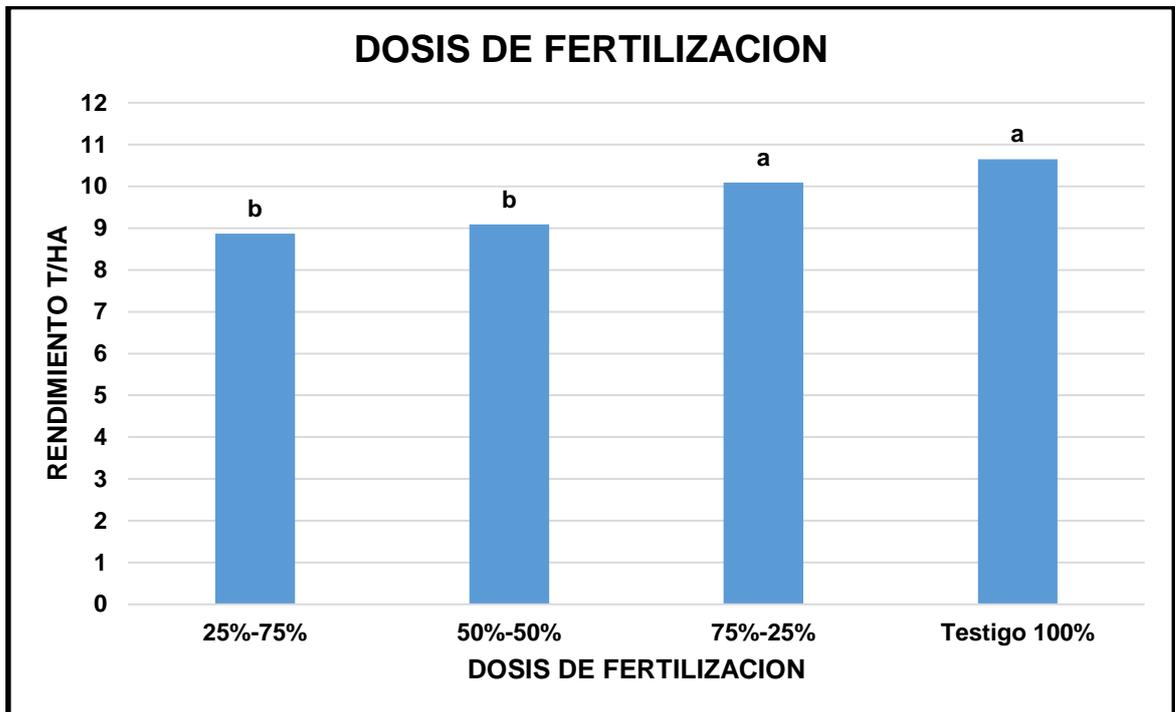


FIGURA 11. Rendimiento promedio del cultivo dependiendo la dosis de fertilización aplicada, realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

Como se muestra en la gráfica anterior, el rendimiento mayor que se obtuvo en base a las dosis de fertilización utilizadas fue el en tratamiento TESTIGO, utilizando 100% de fertilizantes granulados. Este tratamiento se colocó como la mejor dosis para obtener un mayor rendimiento promedio. Pero la dosis 75%-25% tuvo una similitud en cuanto rendimiento promedio obtenido en el TESTIGO con un margen de diferencia no significativa, por lo que se puede considerar como un rendimiento igual ya que en ambas dosis se obtiene un rendimiento de 10 t/ha. Dejando en segundo lugar a la dosis 50%-50% con el segundo mejor rendimiento promedio obtenido en el experimento. La dosis 25%-75% obtuvo un rendimiento muy por debajo del TESTIGO.

Por otra parte, las dosis con un mayor porcentaje de fertilizantes granulados presentan un mayor rendimiento promedio en las dos variedades de sorgo utilizadas en el experimento y conforme la dosis de foliares aumentaban el rendimiento promedio iba reduciendo poco a poco.

Rendimiento mediante la interacción de las variedades con los productos.

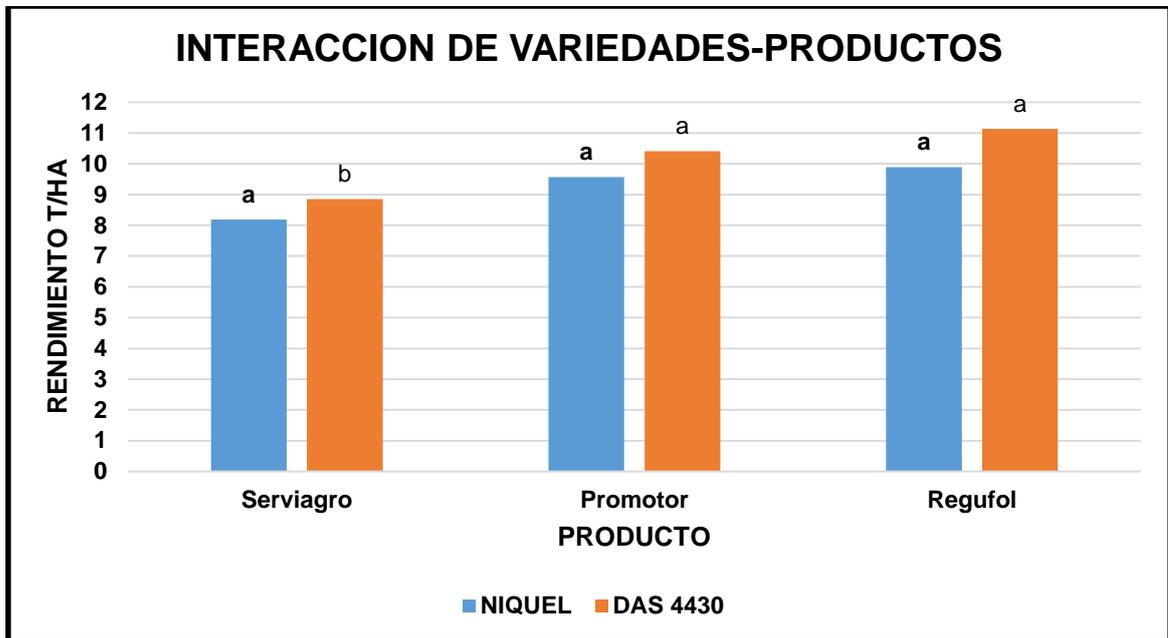


FIGURA 12. Rendimiento promedio del cultivo dependiendo la interacción de variedades-productos, realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

Para poder hacer una mejor evaluación de la interacción de las variedades con los productos, se evaluaron las variedades por separadas y al final se realizara una evaluación de ambas variedades.

Como se observa en la gráfica anterior, en la variedad de sorgo NIQUEL la utilización de los diferentes productos, muestra una variabilidad en cuanto al rendimiento promedio obtenido. La cual nos dice que con la utilización del producto REGUFOL se obtiene el mayor rendimiento con 9.895 t/ha, colocando en un segundo lugar al producto PROMOTOR con un rendimiento de 9.57 t/ha dejando una diferencia de 325 kg/ha entre los productor REGUFOL y PROMOTOR. El producto SERVIAGRO fue el que presento el menor rendimiento con 8.189 t/ha dejado una diferencia de 1.381 t/ha con el mayor rendimiento obtenido con REGUFOL, pero no se encuentra una diferencia significativa en el ANVA, por lo cual se consideran estadísticamente iguales

La variedad de sorgo DAS 4430 muestra una diferencia considerable en la variación de los rendimientos obtenidos de acuerdo a los productos utilizados. Con la utilización del producto REGUFOL se obtiene el mayor rendimiento obtenido con 11.132 t/ha, colocándose por debajo el producto PROMOTOR con 10.410 t/ha dejando una diferencia de 722 kg/ha con el rendimiento de REGUFOL, en el tercer sitio se colocó el producto SERVIAGRO con 8.189 t/ha mostrando un rendimiento muy por debajo del obtenido con REGUFOL, teniendo una diferencia en rendimiento de 2.279 t/ha entre ambos productor.

En cuanto a la evaluación de ambas variedades, podemos observar que la variedad con un mayor rendimiento fue la variedad DAS 4430, también se observó en el cuadro 7 este dato. En cuanto al rendimiento obtenido dependiendo el producto utilizado, en ambas variedades de sorgo el mejor producto fue el REGUFOL, ya que fue el que mayor rendimiento promedio presento en ambas variedades. Mientras tanto, se colocó en un segundo sitio el producto PROMOTOR y en un tercer sitio SERVIAGRO en ambas variedades.

Rendimiento mediante la interacción de las variedades con las dosis de fertilización.

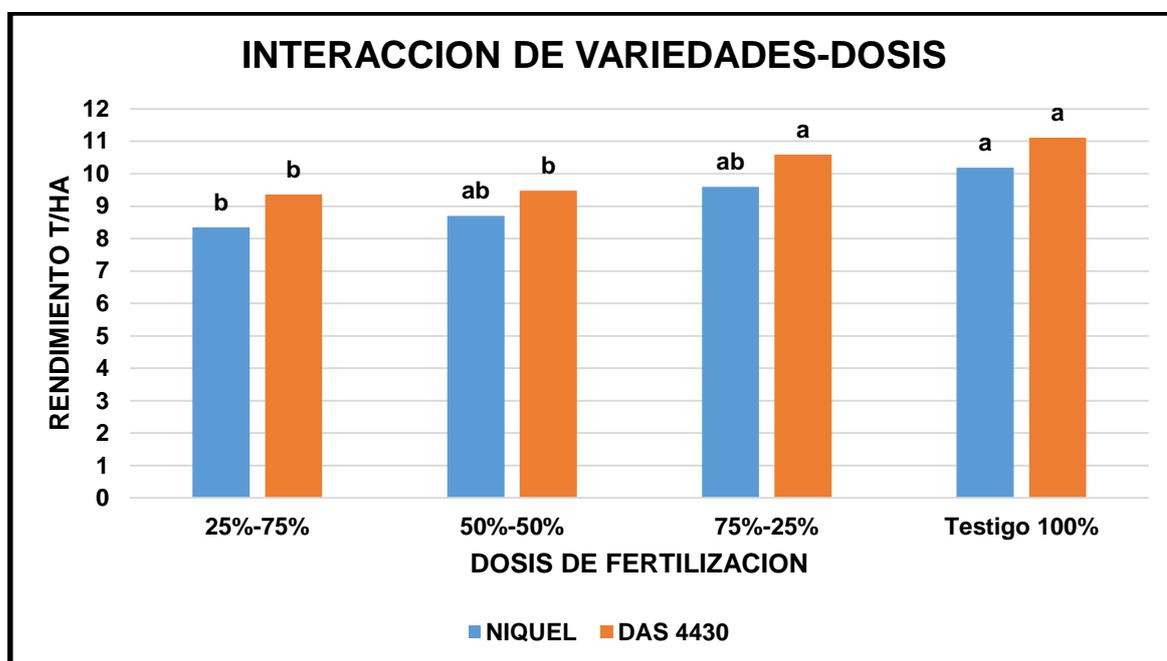


FIGURA 13. Rendimiento promedio del cultivo dependiendo la interacción de variedades-dosis de fertilización, realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

Para poder hacer una mejor evaluación de la interacción de las variedades con los productos, se evaluaron las variedades por separadas y al final se realizó una evaluación de ambas variedades.

Con los datos de la gráfica anterior, podemos observar en la variedad de sorgo NIQUEL, los rendimientos promedios obtenidos varían mucho dependiendo la dosis de fertilización utilizada en cada tratamiento. La dosis con mayor rendimiento promedio obtenido fue la dosis TESTIGO con 10.19 t/ha, seguido por la dosis 75%-25% con 9.6 t/ha y la dosis 50%-50% con 8.697 t/ha, según lo estadístico no hay diferencia significativa entre las dosis en la variedad NIQUEL.

En la variedad DAS 4430 los rendimientos promedios obtenidos varían dependiendo las dosis de fertilización utilizadas en el cultivo. La dosis que obtuvo mayor rendimiento, fue la dosis TESTIGO con 11.10 t/ha, seguida por la dosis 75%-25% con 10.589 t/ha, habiendo entre ambas dosis una diferencia de rendimiento de 521 kg/ha, pero estadísticamente son iguales. En el segundo estadístico se ubican las dosis 50%-50% con 9.478 t/ha y la dosis 25%-75% con 8.350 t/ha.

Analizando y evaluando el rendimiento mediante la dosis de fertilización utilizada en ambas variedades, podemos observar en la gráfica anterior que la variedad DAS 4430 fue la que obtuvo el mayor rendimiento promedio en todas las dosis utilizadas en el experimento. El rendimiento más alto obtenido en el experimento en cuanto a variedad-dosis lo obtuvo la variedad DAS 4430 con la dosis TESTIGO y el segundo lugar en rendimiento promedio obtenido fue también para la variedad DAS 4430 con una dosis 75%-25%.

Rendimiento mediante la interacción de los productos con las dosis de fertilización.

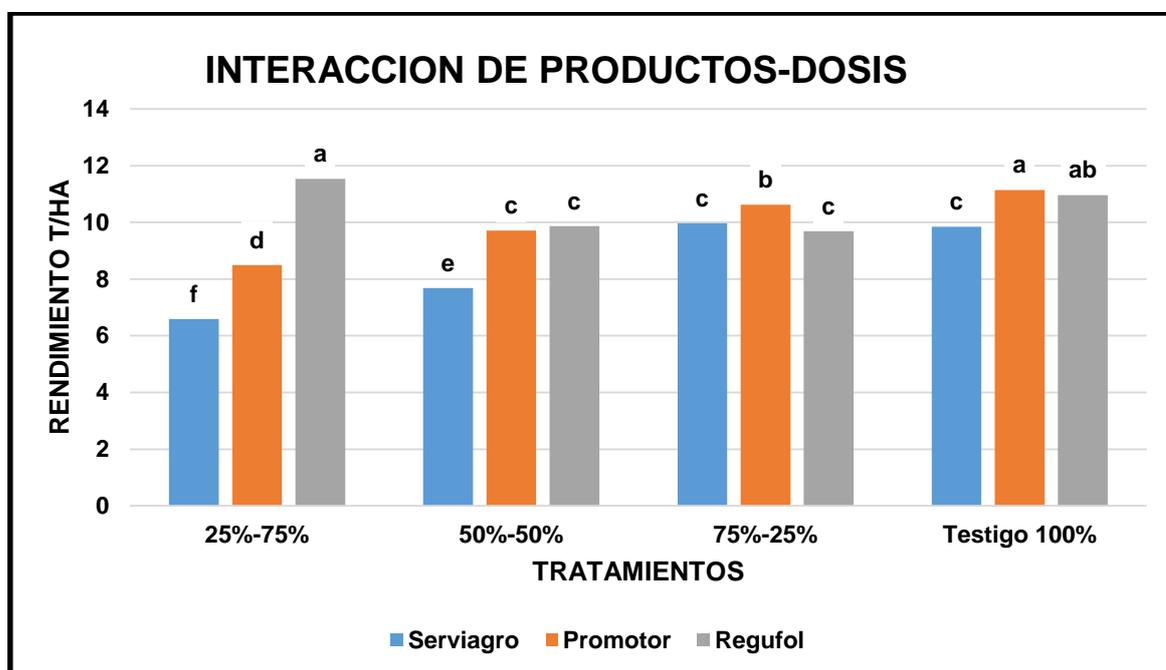


FIGURA 14. Rendimiento promedio del cultivo dependiendo la interacción de productos-dosis de fertilización, realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

Con los datos de la gráfica anterior, observamos que en la interacción de los productos con las diferentes dosis hay una marcada diferencia significativa. En esta interacción el mayor rendimiento promedio obtenido fue mediante la utilización del producto REGUFOL al 25%-75% con 11.536 t/ha y con un tratamiento de las parcelas TESTIGO en con 11.145 t/ha, colocándose en el primer grupo estadístico. El segundo mayor rendimiento promedio, se obtuvo en unas de las parcelas testigo del experimento con 10.963 t/ha, habiendo muy poca diferencia entre los tratamientos con mayor rendimiento. Pero estadísticamente se consideran iguales, ya que no hay una diferencia significativa. El peor rendimiento obtenido, fue mediante la utilización del producto SERVIAGRO al 25%-75% con 6.588 t/ha.

Rendimiento del cultivo de sorgo

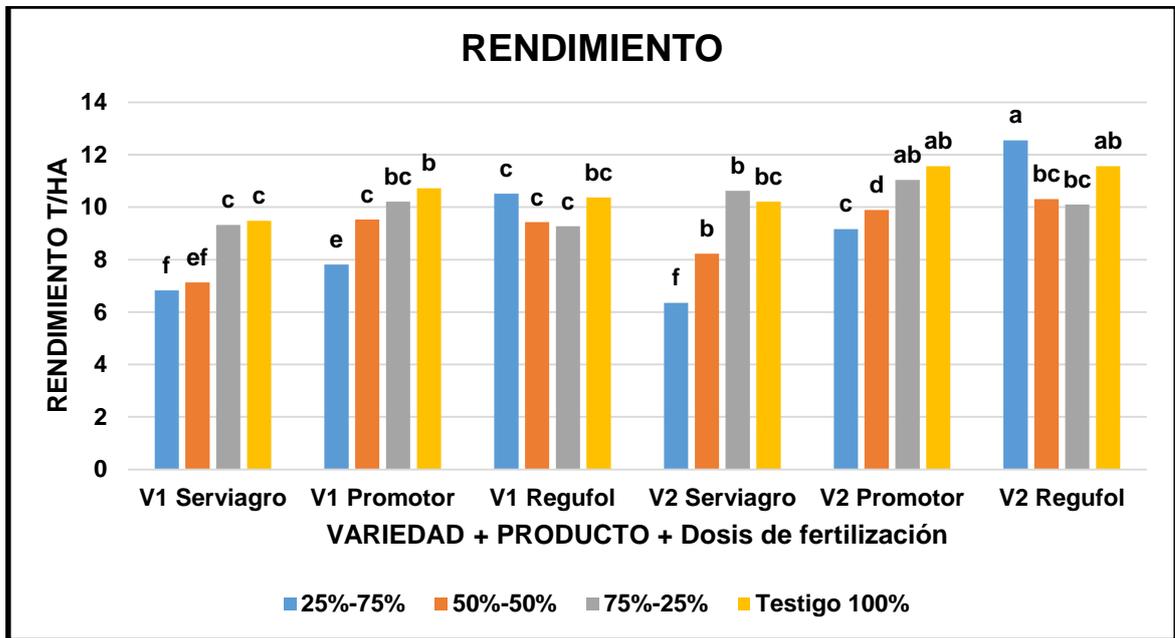


FIGURA 15. Rendimientos en ton/ha obtenidos en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

Como se observa en la gráfica anterior, en el experimento la variedad DAS 4430 fue la que obtuvo el rendimiento más alto con la utilización del producto REGUFOL con la dosis 25%-75% con 12.552 t/ha colocándose en el primer grupo estadístico, seguido por la variedad DAS 4430 con dos tratamientos TESTIGO obteniendo 11.562 t/ha y con el producto PROMOTOR utilizando el tratamiento 75%-25% con un rendimiento de 11.041 t/ha. Por otra parte se puede mencionar que la variedad NIQUEL obtuvo su mayor rendimiento con un tratamiento TESTIGO obteniendo un rendimiento de 10.728 t/ha. Con los datos de la gráfica, podemos observar que los peores rendimientos obtenidos en el experimento fueron; en la variedad NIQUEL con la utilización del producto SERVIAGRO con la dosis 25%-75% obteniendo 6.822 t/ha y en la variedad DAS 4430 con la utilización de SERVIAGRO con la dosis 25%-75% donde se obtuvo 6.354 t/ha.

El rendimiento mayor que se obtuvo en el experimento fue mediante la utilización de REGUFOL. El REGUFOL es un fertilizante regulador de crecimiento, cuya fórmula está constituida a base de hormonas, aminoácidos libres, micronutrientes quelatados y vitaminas de fácil asimilación por las plantas lo cual permite que se incremente el proceso de fotosíntesis, el crecimiento y desarrollo vegetal, favoreciendo el rendimiento del cultivo.

Uno de los mejores segundos rendimientos fue utilizando el producto PROMOTOR, es un estimulante y promotor de intercambios catiónicos que permiten la máxima asimilación de nutrientes a través de la quelatación de los elementos básicos, así como cambios en las propiedades físicas del suelo, que permiten una mayor disponibilidad de los nutrientes y su aprovechamiento en todas las etapas de desarrollo de la planta.

Los reguladores de crecimiento se definen como compuestos orgánicos diferentes de los nutrientes, que en pequeñas cantidades fomentan, inhiben o modifican de alguna otra forma cualquier proceso fisiológico (Weaver 1990).

Mientras que Hernández (1981), menciona que el regulador es un compuesto químico, capaz de intervenir en el metabolismo que actúa en muy pequeñas concentraciones para activar o reprimir algún procedimiento de desarrollo. Los cuales pueden ser naturales si los produce la planta o pueden ser sintéticos.

Altura de planta

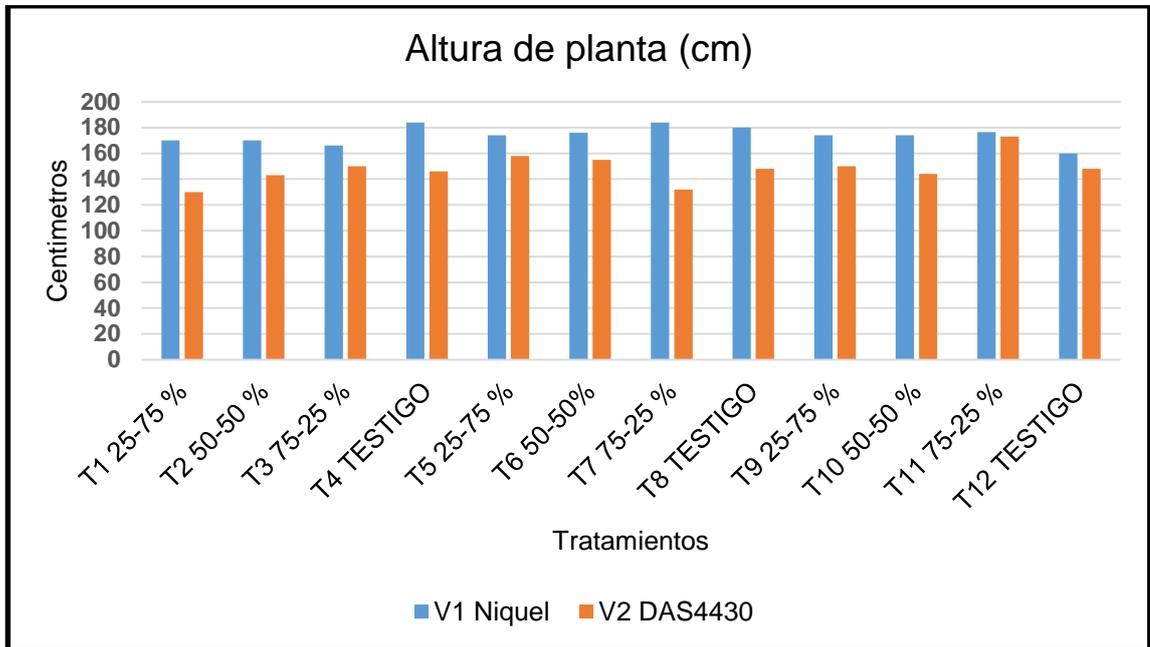


FIGURA 16. Altura de planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

En cuanto a la altura de la planta nos muestra que en la variedad 1, los tratamientos que presentaron mayor altura de la planta fueron el T4 y el T7 con 184 cm de largo, estos se colocaron por arriba de los demás tratamientos utilizados en esta variedad. Lo que nos dice que es posible obtener una mayor o igual altura de planta utilizando un 75% Fertilizante solido – 25% fertilizante foliar (Promotor) comparándolo con el testigo.

En la variedad 2 el tratamiento con la mayor altura de planta fue el T11 con 173 cm de largo, este tratamiento se colocó como el tratamiento con el mayor crecimiento de la planta. En esta variedad se obtuvieron mejores resultados en cuanto altura de la planta utilizando REGUFOL al 25%, superando al testigo.

Comparando ambas variedades, la variedad 1 es la que presento la mayor altura de planta con 184 cm de largo utilizando los T4 y T7.

Numero de hojas.

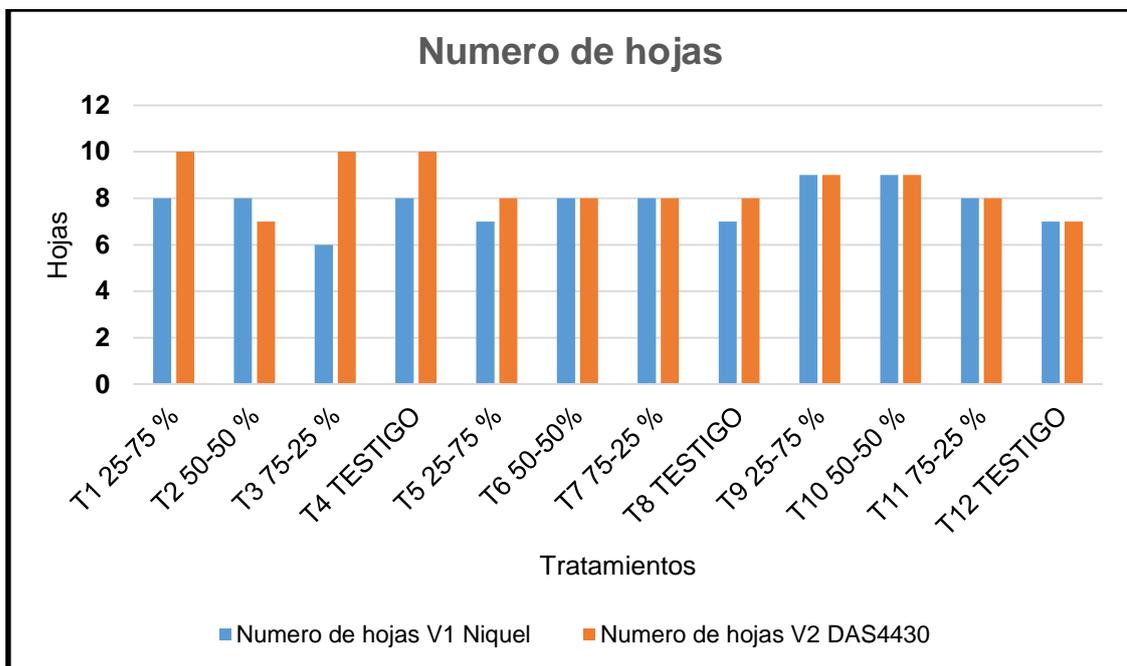


FIGURA 17. Numero de hojas en la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

Como podemos observar en la gráfica anterior, en cuanto al número de hojas que se tuvieron por variedad, podemos ver que en la variedad NIQUEL el mayor número de hojas se obtuvo con los T9 y T10 con 9 hojas por planta. Con la utilización de REGUFOL a la dosis 25%-75% y 50%-50% se obtuvo una hoja más en la planta que con los tratamientos testigos.

En la variedad DAS 4430 los tratamientos con un mayor número de hojas en la planta fueron los T1, T3 y T4 con 10 hojas por planta. Con la utilización SERVIAGRO con la dosis 25%-75% y 75%-25% y con un tratamiento TESTIGO se obtuvieron un numero de hojas mayor al promedio presentado por las plantas que fue de 8 hojas.

Comparando ambas variedades en la gráfica, nos podemos dar cuenta que la variedad DAS 4430 presenta un mayor número de hojas con 10 hojas por planta en los tratamientos T1, T3 y T4

Grosor de tallo.

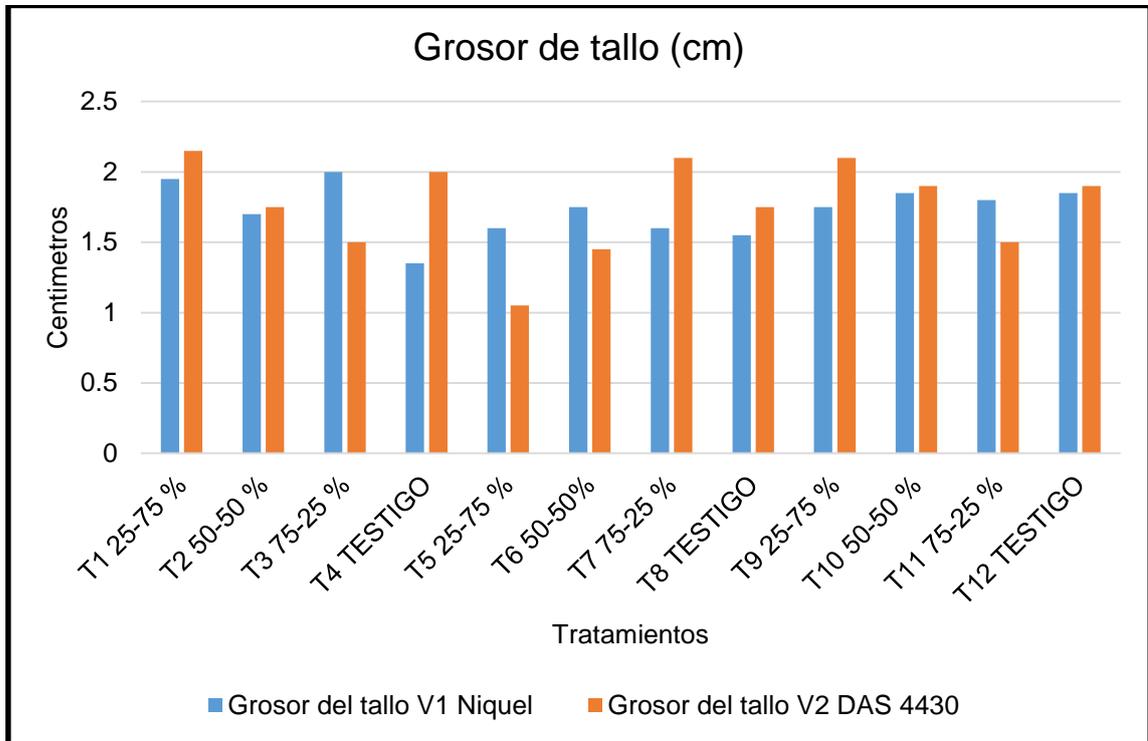


FIGURA 18. Grosor de tallo de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

En cuanto al grosor del tallo de la planta según la gráfica anterior, en la variedad NIQUEL su diámetro más grande fue mediante el T3 con 2 cm de diámetro en el tallo de la planta. Con la utilización del producto SERVIAGRO a la dosis 75%-25% se superó a los tratamientos TESTIGOS los cuales presentaba un promedio de 1.5 cm de diámetro por planta.

En cuanto a la variedad DAS 4430 el diámetro de tallo más grande fue mediante los T1 y T7 con 2.1 cm de diámetro. Con la utilización de SERVIAGRO al 25%-75% y PROMOTOR 75%-25% se superó a los tratamientos testigos.

Comparando las dos variedades evaluadas en este trabajo, podemos darnos cuenta que la variedad DAS 4430 fue la que obtuvo un mayor grosor en el tallo de la planta.

Grosor de raíz

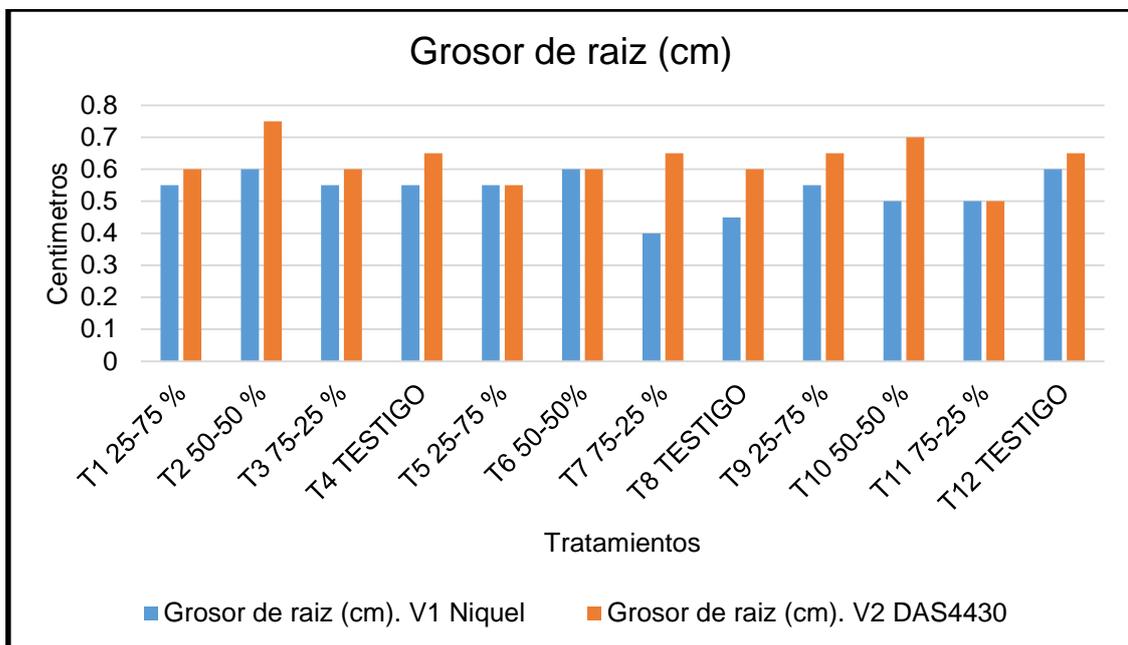


FIGURA 19. Grosor de raíz de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

Con los datos mostrados en la gráfica anterior, podemos observar que en la variedad NIQUEL el mayor diámetro de raíz que se obtuvo fue mediante los tratamientos T2, T6 y T12 los cuales obtuvieron 0.6 cm de diámetro en las raíces. Con la utilización de SERVIAGRO al 50%-50%, PROMOTOR al 50%-50% y con un tratamiento testigo se superó la media del experimento de 0.5 cm de diámetro.

En la variedad DAS 4430 el mayor diámetro que se obtuvo fue en el tratamiento T2 con 0.75 cm de diámetro. Utilizando SERVIAGRO al 50%-50% se supera al promedio de diámetro presentado por los testigos con 0.6 cm.

Al comparar ambas variedades, nos damos cuenta que la variedad DAS 4430 es la que presenta el mayor diámetro de raíz superando con 0.15 cm al diámetro mayor obtenido por la variedad NIQUEL.

Numero de raíces de anclaje.

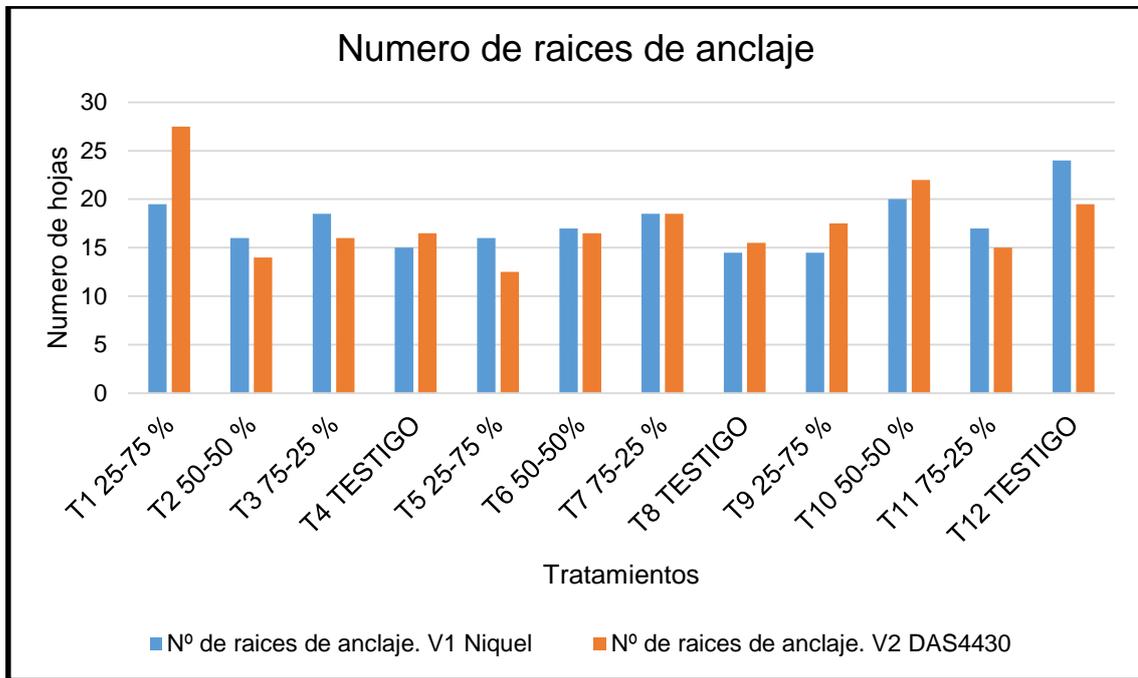


FIGURA 20. Numero de raíces de anclaje de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

Tomando como base los datos de la gráfica anterior, en la variedad NIQUE el mayor número de raíces de anclaje se obtuvo mediante un tratamiento TESTIGO con 24 raíces de anclaje.

En la variedad DAS 4430 el mayor número de raíces de anclaje se ubicó en el tratamiento T1 con 27.5 raíces de anclaje. Con la utilización de SERVIAGRO al 25%-75% se superó a los tratamientos TESTIGOS los cuales tuvieron un promedio de 17 raíces de anclaje.

Comparando ambas variedades, la que mayor número de raíces presenta es la DAS 4430 con el T1, superando con 3 raíces más que al NIQUEL.

Numero de raíces adventicias.

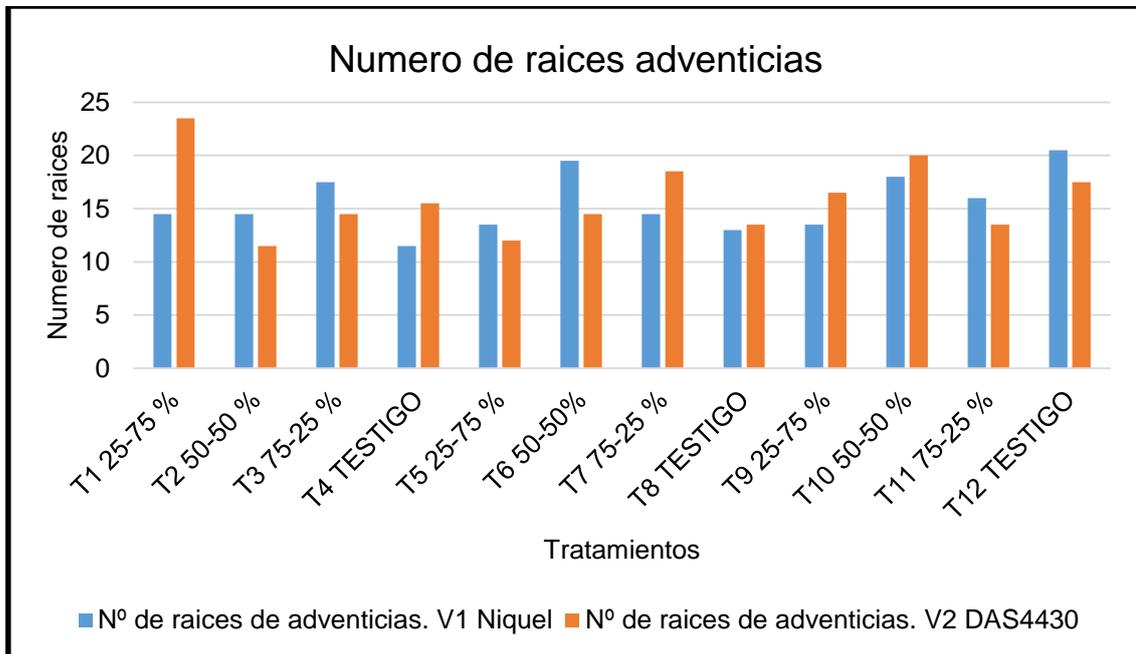


FIGURA 21. Numero de raíces adventicias de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

Como se observa en la gráfica anterior, la variedad NIQUEL obtuvo el mayor número de raíces adventicias mediante un tratamiento TESTIGO con 20.5 raíces adventicias.

En la variedad DAS 4430, el mayor número de raíces adventicias que se obtuvieron fue en el T1 con 23.5 raíces adventicias. Con la utilización de SERVIAGRO se superó a los tratamientos testigos los cuales presentan un promedio de 15 raíces adventicias.

Al comparar ambas variedades, nos damos cuenta que la variedad con mayor número de raíces adventicias fue la variedad DAS 4430 la cual supero con 3 raíces a la variedad NIQUEL.

Longitud de raíces de anclaje.

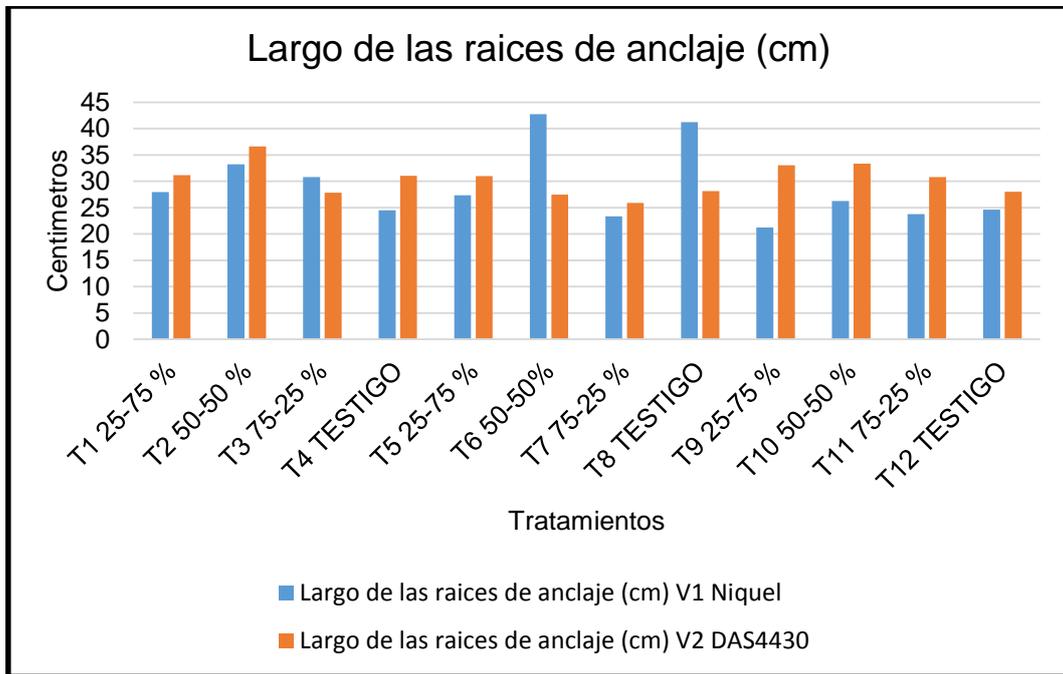


FIGURA 22. Largo de las raíces de anclaje de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

En base a los datos de la gráfica anterior, en la variedad NIQUEL presenta la mayor longitud de la raíz de anclaje en un tratamiento TESTIGO con 41.25 cm de largo.

En la variedad DAS 4430 la longitud de raíz más larga que se obtuvo fue mediante el T2 con 36.6 cm de longitud. Utilizando SERVIAGRO al 50%-50% se superó a los tratamientos testigos los cuales presentaban un promedio de 28 cm de largo.

Al comparar ambas variedades, se observa claramente en la gráfica que la variedad NIQUEL fue la que presentó una mayor longitud en las raíces de anclaje.

Longitud de la panoja.

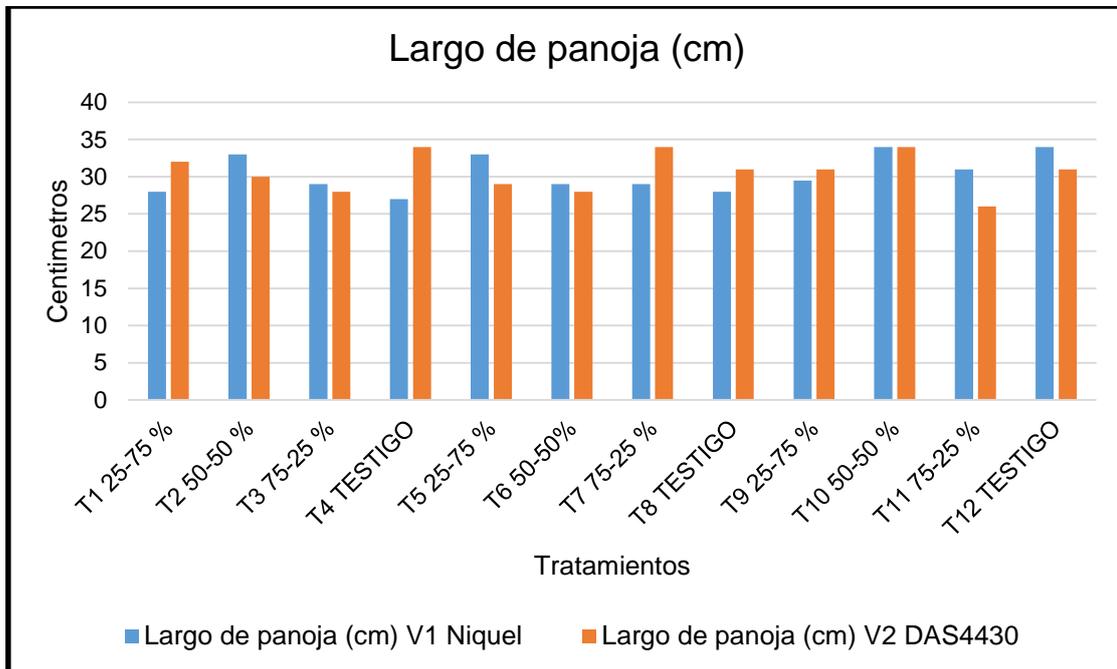


FIGURA 23. Largo de panoja de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

El largo de la panoja según los datos de la gráfica anterior, la variedad NIQUEL presenta la mayor longitud de panoja en el T10 y en un tratamiento testigo con 34 cm de largo de panoja. Utilizando REGUFOL al 50%-50% se puede obtener una longitud de la panoja igual al testigo.

En la variedad DAS 4430 la mayor longitud de panoja se presentó en los T7, T10 y en un tratamiento TESTIGO con 34 cm de longitud en la panoja. Utilizando PROMOTOR al 75%-25% y REGUFOL al 50%-50% se puede obtener una longitud igual al testigo.

En la comparación de ambas variedades de sorgo podemos observar que aquí en la mayor longitud de panoja no hay diferencias, ya que ambas presentan 34 cm de largo en la panoja más grande.

Peso de panoja.

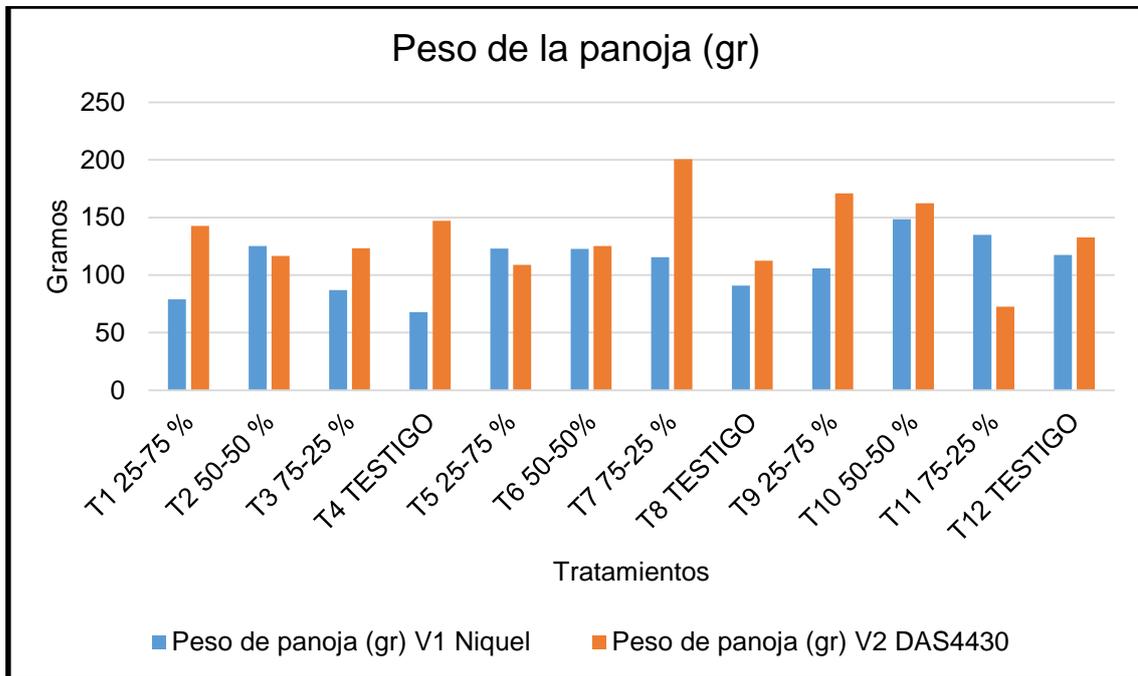


FIGURA 24. Peso de panoja de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

En la variedad NIQUEL el mayor peso de panoja según la gráfica anterior se obtuvo en el T10 con 148.42 gr. Con la utilización de REGUFOL al 50%-50% es posible superar a los tratamientos testigos los cuales presentaron un peso de panoja promedio de 92 gr.

En cuanto a la variedad DAS 4430 el mayor peso de panoja fue mediante el T7 con 200.47 gr. Al utilizar PROMOTOR al 75%-25% es posible superar a testigo.

Al hacer la comparación de ambas variedades, la variedad DAS 4430 presenta e peso mayor de panoja con 200.47 gr dejando una diferencia de 52.05 gr con la panoja más pesada de la variedad NIQUEL.

Peso del tallo.

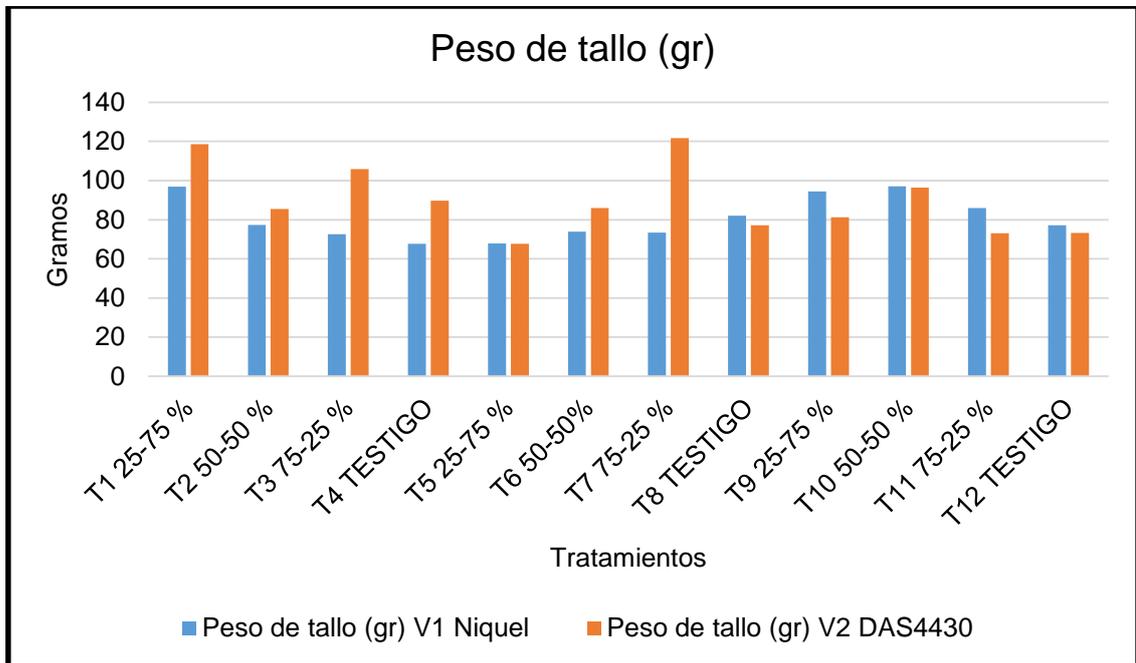


FIGURA 25. Peso de tallo de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

Mediante los datos presentados en la gráfica anterior, se observa que en la variedad NIQUEL el mayor peso de tallo se presenta en el T10 con 97.04 gr. Al utilizar REGUFOL al 50%-50% se superó al peso de tallo que presentan los tratamientos testigos con un peso promedio de 75.66 gr.

En la variedad DAS 4430 se observa que en T7 se presenta el mayor peso de tallo con 121.745 gr. Al utilizar PROMOTOR al 75%-25% se superó a los tratamientos testigos en cuanto al peso de tallo.

Al realizar la comparación de cuál es la variedad que presenta el mayor peso de tallo, se observa que la variedad DAS 4430 presenta un mayor peso en tallo, dejando una diferencia de 24.7 gr con el peso mayor de tallo que se obtuvo en la variedad NIQUEL.

Peso de raíz.

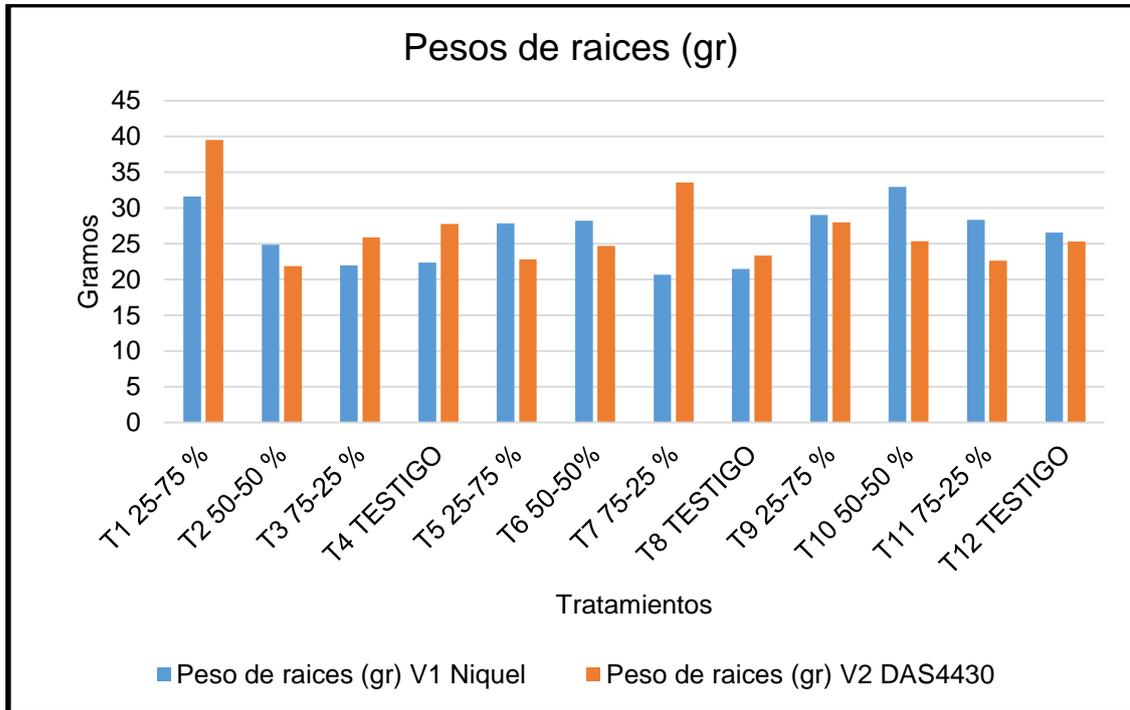


FIGURA 26. Peso de raíces de la planta dependiendo la dosis de fertilización utilizadas en el experimento realizado en Santa Cruz de la Soledad, Chapala, Jalisco 2013.

Como se observa en la gráfica anterior, la variedad NIQUEL presenta el mayor peso de raíces en el T10 con 32.97 gr. Al utilizar REGUFOL al 50%-50% se superó a los tratamientos TESTIGO los cuales presentaban un peso promedio de raíces de 23.44 gr.

En la variedad 4430 el mayor peso de raíces se presentó en el T1 con 39.53 gr. Al utilizar REGUFOL al 25%-75% se supera al peso de raíces que se obtuvieron en los tratamientos TESTIGO.

Al realizar la comparación de ambas variedades, observamos que el mayor peso de raíces se encuentra ubicado en la variedad DAS 4430 en el T10 dejando una diferencia de 6.56 gr con el mejor peso de la variedad NIQUEL.

V. CONCLUSIONES.

Con base a los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye:

- Del estudio realizado, la variedad DAS 4430 con la utilización del producto REGUFOL con la dosis 25%-75% es la que presenta el mayor rendimiento con 12.552 ton/ha superando a los tratamientos TESTIGO donde el más alto rendimiento que obtuvieron estos tratamientos fue de 11.562 ton/ha.
- Con la utilización de la fertilización foliar se pueden obtener excelentes rendimientos en la producción de sorgo de grano dulce, ya que al aplicar a la planta los nutrientes en forma foliar, esta los asimila de una manera más rápida y una utilización mejor, corrigiendo las deficiencias que la planta pueda presentar y el suelo no es capaz de satisfacerla.
- Los resultados obtenidos nos sugiere que es posible reducir la fertilización de fondo a un porcentaje del 25% basándose a la dosis testigo utilizada en el experimento, por lo que es aceptada la hipótesis plantada.
- El rendimiento varía dependiendo la aplicación de las diferentes dosis y de los diferentes productos.
- Cabe mencionar que el mejor rendimiento obtenido en la presente investigación fue mediante la utilización de una cantidad mayor de fertilizante foliar y una cantidad menor de fertilizantes sólidos, la cual cubrió las necesidades nutricionales de la planta adecuadamente.
- De dos variedades de sorgo evaluadas, la variedad DAS 4430 fue la mejor en rendimiento.
- Este trabajo realizado es de suma importancia en la actualidad, ya que al disminuir la dosis de fertilización de fondo, el productor podría hacer una inversión menor al cultivo obteniendo mayores ganancias gracias a la aplicación de nuevas tecnologías que nos permiten una producción más factible en estos tiempos.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre** M.J 1984. El cultivo del sorgo y sus principales plagas de importancia económica en México. Tesis de licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Aitken** J. B, Senn T. L. 1995. Seaweed products as fertilizer and conditioner for horticultural, Crops, bot mar.
- Albañana** I.L. 1984. El sorgo cultivo y aprovechamiento. Editorial AEDOS. Barcelona, España.
- Arce** R.E. 2012. Reducción de la fertilización de fondo a través de utilización de fertilizante foliar en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.). Tesis de licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Bennett** W. 1986. Producción moderna de sorgo granífero. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Contreras** H.J.G. 2001. Métodos para detectar *Sphacelia sorgui* McRae en semilla de sorgo. Tesis de maestría UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Domínguez** G.F. 2004. Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Espinosa** J. 1995. Fertilización balanceada de cultivos. Instituto de la Potasa y el fosforo. Shyres 2260. Quito, Ecuador.
- García** A.M. 1967. Enfermedades de las plantas en la república mexicana. Editorial Limusa-Wiley, S.A. México. D.F.
- García** F. A. 1980. Fertilización agrícola. Segunda edición. Editorial AEDOS. México, DF.

House L. R 1982. El sorgo: Guía de mejoramiento genético. Editorial Gaceta S.A. México D.F.

INEGI. *Censo de Población y Vivienda, 2010*

Koh P.J.V. 2002. Determinación de la incidencia y severidad del ergot de sorgo (*Sphacelia sorgui*) en el ejido derramadero municipio de Saltillo, Coahuila. Tesis de licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Maiti R. 1986. Morfología, crecimiento y desarrollo del sorgo. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo Leon.

Méndez M.H.A. 2012. La fertilización foliar como un mecanismo de la disminución de las dosis de fertilización en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum L.*). Tesis de licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

Monrry A.N 1999. Análisis de rentabilidad del cultivo de sorgo para grano (*Sorghum bicolor L.Moench*) bajo condiciones de temporal del Mpio. De San Fernando Tamaulipas Ciclo (O-I) 1996-1997. Tesis de licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Narro F.E.A 1995. Física de suelos con enfoque agrícola. Trillas. México.

Ortiz B. V y Ortiz S. 1990. Edafología. 7º Ed. UACH. México.

Pitner J.B 1955. Cultivo del sorgo. Universidad de Texas.

Ramírez R.J.F. 2012. Evaluación de la aplicación de enzimas por medio de la fertilización foliar en el desarrollo de tres genotipos de frijol (*Phaseolus vulgare L.*). Tesis de licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Robles S. 1990 producción de granos y forrajes. Editorial LIMUSA. México, D.F.

Rodríguez A.J.M 2005. Métodos de investigación pecuaria. Editorial Trillas. México. D.F.

Rodríguez S. F 1982. Fertilizaciones, nutrición vegetal. Primera edición. AGT Editor, S.A. México, D.F.

Rosales R.S.A 1996. La fertilización foliar y la concentración de micronutrientes en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Sánchez M.J. 1994. Control de la floración con fertilizantes foliares en la producción de semilla híbrida de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis de maestría UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Jalisco. 1988. Los municipios de Jalisco. Colección: Enciclopedia de los Municipios de México. México, D.F.

Tocagni H. 1982. El sorgo. Editorial Albatros. Buenos Aires. Argentina.

Toledo J. J.A. 1998. Ergot del sorgo. Monografía de licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Willard H.G 1974. Manual de fertilizantes. 2º Ed. Editorial LIMUSA, S.A. México, D.F.

CONSULTAS ELECTRONICAS.

<http://www.fao.org/docrep/t0818s/t0818s04.htm>

<http://www.fao.org/docrep/w1808s/w1808s0g.htm#TopOfPage>

<http://www.fao.org/docrep/w1808s/w1808s04.htm>

<http://www.fao.org/docrep/t0818s/t0818s05.htm>

[http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/MonografiaSorgo\(jun11\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/MonografiaSorgo(jun11).pdf)

<http://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/municipios/chapala>

<http://www.oeidrus-jalisco.gob.mx/index.php>

http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/GRANOS.pdf

<http://www.siap.gob.mx/sorgo-grano/>

<http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/234/ca234-22.pdf>

<http://www.chihuahua.gob.mx/attach2/sdr/uploads/File/sorgo.pdf>

<http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit125.pdf>

VII. ANEXOS

Tabla A1. Comparación de medias del factor "A" (Variedades) del rendimiento promedio obtenido.

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR "A"	
FACTOR "A"	
NIQUEL	9,218
DAS 4430	10,134

Tabla A2. Comparación de medias del factor "B" (Productos) del rendimiento promedio obtenido.

TABLA DE MEDIAS DL FACTOR "B"	
FACTOR "B"	
Serviagro	8,521
Promotor	9,993
Regufol	10,513

Tabla A3. Comparación de medias del factor "C" (Dosis de fertilización) del rendimiento promedio obtenido.

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR "C"	
FACTOR "C"	
25%-75%	8,871
50%-50%	9,088
75%-25%	10,095
Testigo 100%	10,650

Tabla A4. Comparación de medias mediante la interacción de los factores “AB” (Variedad-Producto) del rendimiento promedio obtenido.

TABLAS DE MEDIAS DEL FATCOR "AB"			
FACTOR "A"	FACTOR "B"		
	Serviagro	Promotor	Regufof
NIQUEL	8.1890	9.5700	9.895
DAS 4430	8.8530	10.41	11.132

Tabla A5. Comparación de medias mediante la interacción de los factores “AC” (Variedad-Dosis de fertilización) del rendimiento promedio obtenido.

TABLAS DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS "AC"				
FACTOR A	FACTOR C			
	25%-75%	50%-50%	75%-25%	Testigo 100%
NIQUEL	8,350	8,697	9,600	10,190
DAS 4430	9,357	9,478	10,589	11,110

Tabla A6. Comparación de medias mediante la interacción de los factores “BC” (Productos-Dosis de fertilización) del rendimiento promedio obtenido.

Tablas de medias de tratamientos "BC"				
Factor B	Factor C			
	25%-75%	50%-50%	75%-25%	Testigo 100%
Serviagro	6,588	7,681	9,973	9,843
Promotor	8,489	9,713	10,624	11,145
Regufof	11,536	9,869	9,687	10,963

Tabla A7. Comparación de medias mediante la interacción de los factores “ABC” (Variedad-Productos-Dosis de fertilización) del rendimiento promedio obtenido.

Tablas de medias de tratamientos "ABC"				
FACTORES A-B	FACTOR C			
	25%-75%	50%-50%	75%-25%	Testigo 100%
V1 Serviagro	6,822	7,134	9,322	9,479
V1 Promotor	7,812	9,531	10,208	10,728
V1 Regufof	10,520	9,426	9,270	10,364
V2 Serviagro	6,354	8,229	10,624	10,208
V2 Promotor	9,166	9,895	11,041	11,562
V2 Regufof	12,552	10,312	10,103	11,562

Tabla A8. Pesos (gr) obtenidos por la espiga.

Peso de espiga (gr)		
TRATAMIENTO	V1 Niquel	V2 DAS4430
T1 25-75 %	22.24	25.46
T2 50-50 %	22.8	23.34
T3 75-25 %	22.44	27.01
T4 TESTIGO	21.73	21.96
T5 25-75 %	21.5	20.41
T6 50-50%	21.58	21.09
T7 75-25 %	23.11	23.7
T8 TESTIGO	30.55	21.6
T9 25-75 %	24.97	22.19
T10 50-50 %	22.19	23.12
T11 75-25 %	21.87	24.02
T12 TESTIGO	22.48	22.02

Tabla A9. Pesos (gr) obtenidos por la panoja.

Peso de panoja (gr)		
TRATAMIENTO	V1 Niquel	V2 DAS4430
T1 25-75 %	78.81	142.75
T2 50-50 %	125.21	116.67
T3 75-25 %	86.9	123.19
T4 TESTIGO	67.86	147.18
T5 25-75 %	122.98	108.78
T6 50-50%	122.57	125.24
T7 75-25 %	115.39	200.47
T8 TESTIGO	90.84	112.44
T9 25-75 %	105.91	171.04
T10 50-50 %	148.42	162.32
T11 75-25 %	134.93	72.65
T12 TESTIGO	117.39	132.8

Tabla A10. Pesos (gr) obtenidos por el tallo.

Peso de tallo (gr)		
TRATAMIENTO	V1 Niquel	V2 DAS4430
T1 25-75 %	96.84	118.615
T2 50-50 %	77.335	85.465
T3 75-25 %	72.6	105.86
T4 TESTIGO	67.71	89.745
T5 25-75 %	67.845	67.715
T6 50-50%	73.875	85.98
T7 75-25 %	73.375	121.745
T8 TESTIGO	82.105	77.16
T9 25-75 %	94.49	81.285
T10 50-50 %	97.045	96.48
T11 75-25 %	85.95	73.12
T12 TESTIGO	77.215	73.28

Tabla A11. Pesos (gr) obtenidos por el tallo.

Peso de raíces (gr)		
TRATAMIENTO	V1 Niquel	V2 DAS4430
T1 25-75 %	31.64	39.535
T2 50-50 %	24.89	21.895
T3 75-25 %	22	25.89
T4 TESTIGO	22.375	27.78
T5 25-75 %	27.88	22.83
T6 50-50%	28.235	24.71
T7 75-25 %	20.685	33.585
T8 TESTIGO	21.47	23.385
T9 25-75 %	29.04	28.03
T10 50-50 %	32.975	25.365
T11 75-25 %	28.37	22.655
T12 TESTIGO	26.595	25.35

Tabla A12. Número de hojas por tallo.

Numero de hojas		
TRATAMIENTO	V1 Niquel	V2 DAS4430
T1 25-75 %	8	10
T2 50-50 %	8	7
T3 75-25 %	6	10
T4 TESTIGO	8	10
T5 25-75 %	7	8
T6 50-50%	8	8
T7 75-25 %	8	8
T8 TESTIGO	7	8
T9 25-75 %	9	9
T10 50-50 %	9	9
T11 75-25 %	8	8
T12 TESTIGO	7	7

Tabla A13. Largo (cm) de la panoja.

Largo de panoja (cm)		
TRATAMIENTO	V1 Niquel	V2 DAS4430
T1 25-75 %	28	32
T2 50-50 %	33	30
T3 75-25 %	29	28
T4 TESTIGO	27	34
T5 25-75 %	33	29
T6 50-50%	29	28
T7 75-25 %	29	34
T8 TESTIGO	28	31
T9 25-75 %	29.5	31
T10 50-50 %	34	34
T11 75-25 %	31	26
T12 TESTIGO	34	31

Tabla A14. Alturas (cm) de la planta.

Altura de planta (cm)		
TRATAMIENTO	V1 Niquel	V2 DAS4430
T1 25-75 %	170	130
T2 50-50 %	170	143
T3 75-25 %	166	150
T4 TESTIGO	184	146
T5 25-75 %	174	158
T6 50-50%	176	155
T7 75-25 %	184	132
T8 TESTIGO	180	148
T9 25-75 %	174	150
T10 50-50 %	174	144
T11 75-25 %	176.5	173
T12 TESTIGO	160	148

Tabla A15. Largo (cm) de raíces de anclaje por planta.

Largo de las raíces de anclaje (cm)		
TRATAMIENTO	V1 Niquel	V2 DAS4430
T1 25-75 %	27.95	31.2
T2 50-50 %	33.25	36.6
T3 75-25 %	30.8	27.85
T4 TESTIGO	24.5	31.05
T5 25-75 %	27.35	31
T6 50-50%	42.75	27.5
T7 75-25 %	23.35	25.9
T8 TESTIGO	41.25	28.15
T9 25-75 %	21.25	33.05
T10 50-50 %	26.25	33.35
T11 75-25 %	23.75	30.8
T12 TESTIGO	24.65	28.05

Tabla A16. Número de raíces adventicias por planta.

Nº de raíces de adventicias.		
TRATAMIENTO	V1 Niquel	V2 DAS4430
T1 25-75 %	14.5	23.5
T2 50-50 %	14.5	11.5
T3 75-25 %	17.5	14.5
T4 TESTIGO	11.5	15.5
T5 25-75 %	13.5	12
T6 50-50%	19.5	14.5
T7 75-25 %	14.5	18.5
T8 TESTIGO	13	13.5
T9 25-75 %	13.5	16.5
T10 50-50 %	18	20
T11 75-25 %	16	13.5
T12 TESTIGO	20.5	17.5

Tabla A17. Grosor (cm) de raíz.

Grosor de raíz (cm).		
TRATAMIENTO	V1 Niquel	V2 DAS4430
T1 25-75 %	0.55	0.6
T2 50-50 %	0.6	0.75
T3 75-25 %	0.55	0.6
T4 TESTIGO	0.55	0.65
T5 25-75 %	0.55	0.55
T6 50-50%	0.6	0.6
T7 75-25 %	0.4	0.65
T8 TESTIGO	0.45	0.6
T9 25-75 %	0.55	0.65
T10 50-50 %	0.5	0.7
T11 75-25 %	0.5	0.5
T12 TESTIGO	0.6	0.65

Tabla A18. Número de raíces de anclaje por planta.

Nº de raíces de anclaje.		
TRATAMIENTO	V1 Niquel	V2 DAS4430
T1 25-75 %	19.5	27.5
T2 50-50 %	16	14
T3 75-25 %	18.5	16
T4 TESTIGO	15	16.5
T5 25-75 %	16	12.5
T6 50-50%	17	16.5
T7 75-25 %	18.5	18.5
T8 TESTIGO	14.5	15.5
T9 25-75 %	14.5	17.5
T10 50-50 %	20	22
T11 75-25 %	17	15
T12 TESTIGO	24	19.5

Tabla A19. Grosor (cm) de tallo.

Grosor del tallo		
TRATAMIENTO	V1 Niquel	V2 DAS 4430
T1 25-75 %	1.95	2.15
T2 50-50 %	1.7	1.75
T3 75-25 %	2	1.5
T4 TESTIGO	1.35	2
T5 25-75 %	1.6	1.05
T6 50-50%	1.75	1.45
T7 75-25 %	1.6	2.1
T8 TESTIGO	1.55	1.75
T9 25-75 %	1.75	2.1
T10 50-50 %	1.85	1.9
T11 75-25 %	1.8	1.5
T12 TESTIGO	1.85	1.9

Tabla A20. Rendimientos de la variedad NIQUEL.

		SORGO DULCE "NIQUEL" ASGROW				
			KG/ 6.4 M2	KG/HA	TON/HA	
V1 NIQUEL	SERVIAGRO		R1	5	7812.5	7.8125
		T1 25-75%	R2	4.2	6562.5	6.5625
			R3	3.9	6093.75	6.09375
			R1	4.3	6718.75	6.71875
		T2 50-50%	R2	4.7	7343.75	7.34375
			R3	4.7	7343.75	7.34375
			R1	5	7812.5	7.8125
		T3 75-25%	R2	6.1	9531.25	9.53125
			R3	6.8	10625	10.625
			R1	6.4	10000	10
		TESTIGO	R2	4.9	7656.25	7.65625
			R3	6.9	10781.25	10.78125
	PROMOTOR		R1	4.4	6875	6.875
		T1 25-75%	R2	4.1	6406.25	6.40625
			R3	6.5	10156.25	10.15625
			R1	4.5	7031.25	7.03125
		T2 50-50%	R2	6.6	10312.5	10.3125
			R3	7.2	11250	11.25
			R1	6	9375	9.375
		T3 75-25%	R2	7.9	12343.75	12.34375
			R3	5.7	8906.25	8.90625
			R1	6.9	10781.25	10.78125
		TESTIGO	R2	7.8	12187.5	12.1875
			R3	5.9	9218.75	9.21875
	REGUFOL		R1	7.1	11093.75	11.09375
		T1 25-75%	R2	4.6	7187.5	7.1875
			R3	8.5	13281.25	13.28125
			R1	6.5	10156.25	10.15625
		T2 50-50%	R2	5.4	8437.5	8.4375
			R3	6.2	9687.5	9.6875
		R1	5.6	8750	8.75	
T3 75-25%		R2	5.9	9218.75	9.21875	
		R3	6.3	9843.75	9.84375	
		R1	6.9	10781.25	10.78125	
TESTIGO		R2	6.3	9843.75	9.84375	
		R3	6.7	10468.75	10.46875	

Tabla A21. Rendimientos de la variedad NIQUEL.

SORGO DULCE "DAS 4430" DOW AGROSCIENCES						
			KG/ 6.4 M2	KG/HA	TON/HA	
V2 DAS 4430	SERVIAGRO		R1	4.2	6562.5	6.5625
		T1 25-75%	R2	4	6250	6.25
			R3	4	6250	6.25
			R1	5.7	8906.25	8.90625
		T2 50-50%	R2	4.5	7031.25	7.03125
			R3	5.6	8750	8.75
			R1	7	10937.5	10.9375
		T3 75-25%	R2	6.5	10156.25	10.15625
			R3	6.9	10781.25	10.78125
			R1	6.4	10000	10
		TESTIGO	R2	6.3	9843.75	9.84375
			R3	6.9	10781.25	10.78125
	PROMOTOR		R1	5.5	8593.75	8.59375
		T1 25-75%	R2	5.1	7968.75	7.96875
			R3	7	10937.5	10.9375
			R1	5.4	8437.5	8.4375
		T2 50-50%	R2	6.6	10312.5	10.3125
			R3	7	10937.5	10.9375
			R1	6.9	10781.25	10.78125
		T3 75-25%	R2	6.8	10625	10.625
			R3	7.5	11718.75	11.71875
			R1	7.4	11562.5	11.5625
		TESTIGO	R2	6.9	10781.25	10.78125
			R3	7.9	12343.75	12.34375
	REGUFOL		R1	8	12500	12.5
		T1 25-75%	R2	7.6	11875	11.875
			R3	8.5	13281.25	13.28125
			R1	6.3	9843.75	9.84375
		T2 50-50%	R2	6.4	10000	10
			R3	7.1	11093.75	11.09375
			R1	6.2	9687.5	9.6875
		T3 75-25%	R2	6.2	9687.5	9.6875
			R3	7	10937.5	10.9375
		R1	7.3	11406.25	11.40625	
TESTIGO		R2	7.2	11250	11.25	
		R3	7.7	12031.25	12.03125	