

60810

Aspectos tecnológicos para la producción de Sorgo granífero. (*Sorghum bicolor*) L. Moench



IA. Carlos Ernesto Molina Gómez
IA. Hugo Alfonso Delgado Rojas



Ministerio de Agricultura
y Desarrollo Rural



Fondo Importado de Cereales

Aspectos tecnológicos para
la producción de Sorgo granífero.
(*Sorghum bicolor*) L. Moench



IA. Carlos Ernesto Molina Gómez
IA. Hugo Alfonso Delgado Rojas

Contenido

Contenido

1.	Introducción.	5
2.	Historia del cultivo del sorgo.	6
3.	Distribución geográfica de la producción del sorgo.	8
4.	Clasificación taxonómica.	12
5.	El sorgo y sus usos.	14
6.	Utilización y procesamiento del cultivo de sorgo.	16
7.	Aspectos morfológicos.	26
8.	Aspectos ecofisiológicos del cultivo.	31
9.	Fases de crecimiento y etapas de desarrollo.	36
10.1.	Manejo agronómico del cultivo	47
10.2.	Fertilización.	52
10.3.	Aspectos relacionados con la siembra.	65
10.4.	Manejo de malezas.	74
10.5.	Manejo de insectos plagas.	83
10.6.	Enfermedades del sorgo y recomendaciones de control.	98
10.7.	Requerimientos hídricos de cultivos de sorgo y los métodos de riego.	105
10.8.	Causas y determinación de pérdidas en la recolección mecánica de sorgo.	110
10.9.	Comercialización.	116
11.	Coeficientes técnicos.	122
	Bibliografía	123



1. Introducción

El cultivo del sorgo es el cuarto cereal sembrado en el mundo después del arroz, trigo y maíz. En Colombia los agricultores de varias regiones cálidas han encontrado en este cultivo una rotación dentro de los sistemas de producción predominantes en El Valle del Alto Magdalena, Valle del Cauca y la Costa Atlántica

Con los recursos del Fondo Nacional Cerealista administrado por La Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, FENALCE, se han desarrollado actividades de investigación, capacitación y transferencia de tecnología dirigida a agricultores y asistentes técnicos durante un poco más de cuatro décadas con el objeto de mejorar la producción y la rentabilidad del cultivo del sorgo, llegando en algunas regiones a rendimientos iguales a las mejores zonas productoras del mundo. La presente publicación es financiada con recursos del Fondo de Importación de Cereales y Leguminosas

Ante los retos actuales de la internacionalización de la economía y de los tratados bilaterales y multilaterales se hace necesario mejorar las eficiencias, técnicas y administrativas para lograr costos de producción por tonelada iguales o inferiores a los de la competencia internacional.

Este manual pretende hacer énfasis en las actividades técnicas que puedan ser utilizadas por productores y técnicos como material de consulta para realizar de forma eficiente las diferentes prácticas culturales en la producción de sorgo

Los autores, Ingenieros Agrónomos de amplia experiencia vinculados a FENALCE, han realizado una exhaustiva revisión de información nacional e internacional relacionada con el cultivo del sorgo, buscando ofrecer de una forma ordenada y sucinta los aspectos relevantes para la planeación, producción y comercialización de este cereal.



2. Historia del cultivo del sorgo

Científicamente no se ha podido determinar con precisión en que época comenzó el sorgo a ser una planta cultivada, sin embargo algunas evidencias permiten establecer que este cereal fue uno de los primeros domesticados por el hombre. En la tumba del Faraón de Egipto Amenemhet (XII Dinastía) existen grabados en los que pueden apreciarse plantas de sorgo. En las ruinas de Nínive, ciudad de la antigua Asiria se han encontrado grabados que muestran campos de sorgo. Estos y otros datos han dado alguna certeza para afirmar que ya por el año 2.200 antes de Cristo, el sorgo era una especie conocida y plantada por el hombre; siendo en los siglos III y IV de nuestra era un cultivo importante en China y en la India.

Existen otras teorías que indican que el sorgo pudo ser originario de África Central (Etiopía o Sudán), pues allí es donde se encuentra la mayor diversidad genética; la cual disminuye hacia el norte de África y Asia. Sin embargo, hay quienes afirman que hay pruebas contundentes de que el sorgo surgió independiente tanto en África como en la India.

Esta planta como cultivo doméstico, llegó a Europa procedente de la India en el siglo I antes de Cristo, pero nunca se extendió en este continente. No se sabe cuándo se introdujo el sorgo por primera vez en América, pero se supone con bases muy creíbles, que este llegó en los barcos que transportaron esclavos procedentes de África, con el nombre de maíz de Guinea. Es introducida por los esclavos negros a las Antillas, son ellos los que realizan su posterior diseminación por los países de la cuenca del Caribe y muy posiblemente entra a Colombia por Cartagena de Indias. Con el nombre de Millo, se disemina por las poblaciones costeras a comienzos del siglo XVI. En 1957 se introducen los primeros materiales híbridos y ya en 1960 se reportan 2.800 Has sembradas con sorgo.

Los sorgos primitivos presentaban condiciones morfológicas muy poco deseables para la producción de grano, pues eran de porte alto, de período vegetativo largo, se volcaban con facilidad y eran muy difíciles de cosechar. La primera selección fue realizada empíricamente por los productores teniendo como base los tipos Kafir y Milo, argumentando para ello, como consideración principal, su buena tolerancia a la sequía. Con el desarrollo de la genética, el fitomejoramiento y la introducción de la mecanización en la agricultura, se hicieron selecciones a partir de los materiales originales, obteniendo tipos más precoces y de porte relativamente bajo. Como referencia importante, en el mejoramiento del sorgo de grano, se tiene el trabajo realizado por John B. Seiglinger de Oklahoma, quien combinó los tipos de sorgo existentes, con lo que



hizo posible obtener poblaciones de plantas aptas para la cosecha mecanizada. A partir de allí y con el subsiguiente desarrollo de las variedades precoces, resistentes a enfermedades e insectos y el mejoramiento de

las prácticas agronómicas de producción, se estableció definitivamente el sorgo granífero como un importante cultivo en la agricultura mecanizada del mundo.

A pesar de constituir la introducción de las nuevas variedades un magnífico logro en el avance del cultivo, el paso trascendental para su futuro desarrollo lo lograron en Texas Quinby y Stephens, quienes en el año de 1950 obtuvieron los primeros híbridos de sorgo, que se siguieron desarrollando profusamente hasta encontrar en la actualidad genotipos cuyos rendimientos superan los 13.400 Kg./ha.



3. Distribución geográfica de la producción del sorgo.



3.1 Mundo.

En los últimos veinte años (Tabla No.1), el área sembrada en el mundo ha variado entre 40 y 50 millones de hectáreas sembradas con producciones entre 54 y 77 millones de toneladas y rendimientos entre 1,292 y 1,537 Ton/Ha. La producción y los rendimientos están afectados por las condiciones climáticas en donde se desarrolla este cultivo especialmente en la India y en países del continente Africano.

3.2 Países Mayores Productores del Mundo

Tabla No. 1 Producción Mundial del Sorgo (1985-2004)

Año	Área Ha.	Producción Toneladas	Rendimiento (Ton/Ha)
1985	50.394.865	77.342.548	1,535
1986	48.387.190	68.911.099	1,424
1987	45.461.246	65.006.252	1,430
1988	45.629.395	62.899.652	1,378
1989	44.220.115	58.745.749	1,328
1990	41.142.202	56.548.145	1,374
1991	42.545.598	55.601.897	1,307
1992	45.895.817	70.493.435	1,536
1993	41.922.275	56.880.578	1,357
1994	43.537.137	59.943.288	1,377
1995	42.136.513	54.425.161	1,292
1996	46.484.536	71.444.902	1,537
1997	44.529.912	59.430.383	1,335
1998	42.666.682	61.240.476	1,435
1999	41.246.716	59.859.019	1,451
2000	40.660.715	55.781.000	1,372
2001	43.749.851	59.756.668	1,366
2002	41.726.631	54.001.633	1,294
2003	45.224.336	59.503.160	1,316
2004	43.374.557	58.762.435	1,355

Fuente: FAO-FAOSTAT 2005

En la Tabla No. 2 se muestran las áreas, producciones y rendimientos de los países más importantes en cuanto a superficies sembradas, los cuales representan el 87% de las áreas mundiales, notándose la importancia que para los países africanos tiene este cultivo, ya que la mayor parte de la producción es dedicada para el consumo humano. En Asia, India es el país con mayor área sembrada de sorgo en el mundo, seguida de lejos por China. Estados Unidos, México y Brasil en América, son los más destacados, por sus mejores rendimientos promedios, superiores a los otros países considerados como grandes productores.

Tabla No. 2 Área sembrada Mayores países productores (2004)

País	Área Has.	Producción Toneladas	Rendimiento (Ton/Ha)
India	9.400.000	7.530.000	0,801
Nigeria	7.073.000	8.028.000	1,135
Sudán	6.000.000	2.600.000	0,433
Estados Unidos	2.637.360	11.554.970	4,381
Niger	2.300.000	580.000	0,252
México	1.909.090	6.300.000	3,300
Burkina Faso	1.800.000	1.481.212	0,926
Etiopía	1.335.830	1.784.000	1,335
Mali	1.000.000	650.000	0,650
Omán	990.000	2.950.000	2,980
Brazil	919.000	2.138.754	2,327
Bangladesh	810.000	1.000.000	1,235
Chad	800.000	560.000	0,700
China	784.500	3.110.000	3,964

Fuente: FAO-FAOSTAT 2005

3.3 América

En este continente, Norteamérica (Estados Unidos y México), es la región en donde más se siembra, seguida por Suramérica con Brasil, Argentina y Venezuela como los más importantes. En Centroamérica se destacan Salvador y Guatemala. Tabla No. 3

Tabla No. 3 Principales productores de sorgo en América (2004).

País	Área Has.	Producción Toneladas	Rendimiento (Ton/Ha)
Argentina	475.000	2.160.000	4,547
Belize	3.650	8.146	2,232
Bolivia	54.980	151.080	2,748
Brazil	919.000	2.138.754	2,327
Colombia	82.828	285.390	3,446
Cuba	500	150	0,300
Ecuador	7.100	10.500	1,479
El Salvador	92.327	147.631	1,599
Estados Unidos	2.637.360	11.554.970	4,381
Guatemala	42.500	52.153	1,227
México	1.909.090	6.300.000	3,300
Panamá	1.703	5.000	2,936
Paraguay	34.460	42.160	1,223
Perú	65	135	2,077
Uruguay	17.978	69.682	3,876
Venezuela	293.576	612.450	2,086

Fuente: FAO-FAOSTAT 2005

3.4 Colombia Histórico

Desde 1960 se registran áreas sembradas de sorgo en Colombia, pero es a mediados de los años sesenta donde se consolida la

producción de este cereal en zonas como Tolima y Valle del Cauca. En la Tabla No. 4 Se registran las cifras correspondientes a superficie sembrada, rendimiento y producción de las últimas dos décadas. Fue en 1982 en donde se alcanzó la mayor área sembrada (299,700 Has) y en 1990 cuando se alcanzó la mayor producción (762.000 Ton.). Por este mismo año y ante el cambio

del modelo de desarrollo, se inicia una sustitución acelerada de maíz amarillo por sorgo, como principal fuente de energía, en la formulación de alimentos balanceados para la avicultura. Este modelo abarata las importaciones de los granos mediante rebajas arancelarias del 30%, lo que implica una reducción y estancamiento de los precios internos, desestimulando las

Tabla No. 4. Área, Producción y Rendimiento del cultivo del sorgo en Colombia. (1985-2004)

AÑO	SORGO		
	Has.	t/h	Tons.
1985	229.534	2,503	574.410
1986	222.890	2,721	606.460
1987	272.066	2,690	731.943
1988	263.481	2,826	744.625
1989	228.312	3,089	705.219
1990	251.624	3,031	762.672
1991	248.087	2,978	738.890
1992	239.197	3,034	725.734
1993	201.807	3,080	621.575
1994	218.896	3,070	672.000
1995	169.623	3,067	520.168
1996	133.116	3,187	424.273
1997	111.580	3,016	336.509
1998	64.960	3,127	203.110
1999	68.715	3,299	226.693
2000	57.902	3,222	186.561
2001	75.031	3,209	240.740
2002	69.480	3,237	224.882
2003	85.796	3,457	296.593
2004	76.067	3,535	268.893

Fuente: FENALCE 2005

siembras de este cultivo en todo el país, de tal forma que actualmente solo se siembra al 30% del área que había en 1990,

3.5 Regiones productoras de sorgo en Colombia.

Son las zonas planas y cálidas en Colombia donde actualmente se siembra sorgo, destacándose el Valle alto del Magdalena

(Tolima, Huila y Sur occidente de Cundinamara), la Costa Atlántica, Valle del Cauca y el Sur del Cesar. El Departamento del Tolima es el mayor productor y el Valle del Cauca es el que presenta los mejores rendimientos promedios (Tabla No. 5). La localización actual del cultivo del sorgo está estrechamente relacionada con la cercanía geográfica con los centros de consumo agroindustriales.

Tabla No. 5 Área, Rendimiento y Producción de Sorgo en los principales departamentos productores de sorgo en Colombia (2004).

Departamento	Superficie	Rend	Producción
	Has	Ton/Ha	Ton.
Tolima	23.000	3.942	90.665
Valle	7.700	4.775	36.776
Sucre	9.590	3.377	32.381
Cesar Sur	9.000	2.667	24.000
Bolivar- Magdalena	5.000	3.660	18.300
Huila	5.300	3.291	17.440
Cundinamarca	3.400	3.800	12.920
Cesar Norte	3.981	2.869	11.420
Guajira	4.742	2.236	10.602
Atlántico	1.800	3.500	6.300
Santander	1.600	3.000	4.800
Cauca	500	4.000	2.000
Cordoba	200	4.000	800
Norte de Santander	250	2.000	500

Fuente: FENALCE 2005



4. Clasificación taxonómica.

Linneus en 1753, describió las tres especies de sorgo cultivado como *Holcus sorghum*, *H. saccharatus* y *H. bicolor*. Posteriormente, Doggett en 1973, afirmó que las diferentes razas cultivadas de sorgo pertenecen a la especie *Sorghum bicolor* (L) Moench cuya base evolutiva proviene del género *Sorghum*. En 1978 de Wet, reconoce cinco secciones de este género y de estas la sección *Sorghum*, la divide en tres especies: *S. halepense*, *S. propinquum* y *S. bicolor* (L) Moench. Esta última especie fue dividida en tres subespecies: *drummondii*, *arundinaceum* y *bicolor*. En ese mismo año, de Wet con Harlam, teniendo en cuenta la forma del grano, las glumas y la panícula de los sorgos, de la subespecie *bicolor*, los clasificaron en cinco razas básicas (Tabla No. 6) a las que denominaron: Bicolor, Guinea, Caudatum, Kafir y Durra. Ellas se convirtieron de gran utilidad para los fitomejoradores

Tabla No. 6. Principales características de las razas básicas.

RAZA	FORMA DEL GRANO	PANÍCULAS	GLUMAS
Bicolor	Largo, Aovado	Semicompactas	Cubren el grano
Guinea	Aplazado	Grandes y abiertas	Más largas que el grano.
Kafir	Elíptico aplanado	Erectas, alargadas, semicompactas.	Más cortas que el grano
Durra	Aplanado	Compactas	Anchas, mas cortas que el grano.
Caudatum	Cóncavo redondo y	Semicompacta	Menos de la mitad del grano



siendo la base de la gran diversidad de híbridos que hoy se siembran en el mundo.

Su clasificación taxonómica completa es la siguiente:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae

Género: Sorghum

Especie: Bicolor

Nombre científico: Sorghum bicolor (L.)

Moench.





5. El sorgo y sus usos.

De acuerdo a su uso los sorgos se pueden clasificar en: sorgos para grano, sorgos para miel, sorgos forrajeros, escoberos y para propósitos especiales.

5.1 Sorgos para grano.

Los sorgos para granos se cultivan primordialmente para este fin, aunque algunas variedades puedan utilizarse como forraje o ensilaje. Estos sorgos se caracterizan por sus granos relativamente grandes con glumas que se separan del grano con facilidad. Los tallos varían de secos a moderadamente jugosos y de no dulce a ligeramente dulce. En general, los granos son blancos, amarillos, rojos, anaranjados, cafés o castaños. Estos últimos parecen ser resistentes a pájaros por presentar pericarpio y testa con pigmentos de taninos o similares. (FAO, 1991).

5.2 Sorgos para miel o Sorgos dulces.

Los sorgos para miel tienen tallos altos jugosos y dulces. Son apropiados para utilizarse como ensilaje, forraje y heno o para la producción de miel para jarabe. Las espigas varían de abiertas a compactas. Las semillas son blancas o coloreadas, más pequeñas que la de los tipos graníferos, con frecuencia son amargas, no apetecibles y presentan difícil desprendimiento de las glumas cuando se trillan. En épocas recientes se han obtenido variedades mediante cruzamientos entre sorgos dulces y Kafir las cuales producen jugos dulces y semillas parecidas a las del Kafir.

5.3 Sorgos forrajeros o herbáceos.

Se caracterizan por presentar tallos tiernos, hojas angostas, macollas numerosas, abundantes espiguillas y semillas pequeñas, en

comparación con los graníferos y dulces. Las espiguillas tienen glumas largas que encierran por completo a los granos. Casi todos estos sorgos tienen panojas laxas y abiertas. Entre los sorgos forrajeros se distinguen principalmente el pasto Sudán y el Johnson.

El pasto Sudán es una gramínea anual con tallos delgados, espigas abiertas y gran capacidad de macollamiento. Se utiliza para pasto, heno y ensilaje. Se introdujo a los Estados Unidos del Sudán (África) en 1909 y de allí se dispersó al resto de América.

El pasto Johnson o sorgo de alepo, como también suele llamarse, es muy parecido al pasto Sudán. Se diferencia porque el Johnson es una gramínea perenne, se propaga por rizomas rastreos llegando a constituir una maleza que crea problemas por su difícil control. También se distingue del pasto Sudán porque sus espiguillas son más pequeñas y decíduas. Otra distinción es que el pasto completa su floración antes de la salida del sol, el Johnson, en cambio, comienza a florecer después.

5.4 Sorgos escoberos.

Estos se utilizan para la fabricación de escobas. Se

caracterizan por presentar raquis muy corto y ramificaciones muy largas. Los granos son pequeños y casi encerrados en glumas largas y elipsoides. Sus tallos son secos no azucarados, tienen corteza dura. Parece que los sorgos escoberos tuvieron su origen en África, aun cuando se han cultivado en Europa durante varios siglos. A Benjamín Franklin se le atribuye la iniciación del cultivo de estos sorgos en los Estados Unidos a partir de una semilla que se separó de una escoba importada.

5.5 Sorgos para propósitos especiales.

Se han obtenido variedades para propósitos especiales. Las variedades con endospermo céreo se han utilizado para la fabricación de adhesivos, papel para pegar textiles, goma para estampillas y sobres y como un sustituto de productos alimenticios, como la tapioca. Hay grupos de variedades que tienen semillas corneas que se revientan como maíz palomero. Se han obtenido variedades de sorgo reventón, especialmente para la obtención de crispeta o palomitas.



6. Utilización y procesamiento del cultivo de sorgo.

El sorgo es un cultivo muy versátil desde el punto de vista de su utilización siendo actualmente usado para destinos muy variados. (FAO, 1991).

6.1. Alimentación Humana

En América Latina y el Caribe este cultivo posee escasa importancia como alimento para consumo humano en comparación con la observada en los países de África y algunos de Asia. Aproximadamente, el 53% del sorgo producido en el mundo es usado para alimentación humana, en África este porcentaje alcanza el 85%. Sin embargo, en muchos países del mundo existe un interés creciente en el uso del mismo para el desarrollo de los productos alimenticios para el hombre. Actualmente se están realizando trabajos pendientes a aumentar el conocimiento disponible sobre la utilización y el procesamiento de este cereal.

Dos tendencias han sido consideradas en la utilización del sorgo en la alimentación humana. Una de ellas se basa en la ampliación de su uso en las preparaciones tradicionales o autóctonas, la otra, en el procesamiento del grano de sorgo para producir productos diferentes a los autóctonos.

En la Tabla No. 7 se presentan ocho procesos básicos que se aplican en la utilización del sorgo para la elaboración de alimentos autóctonos:

Dentro de cada una de las categorías se observa un amplio grado de

Tabla No. 7 Métodos y Preparaciones con Base a Sorgo

METODO O PROCESO	PREPARACIONES	LUGAR DE CONSUMO
Pan sin levadura	Roti, tortilla	India, México. A. Central
Pan con levadura	Injera, kiswa, Dosai	Etiopía, Sudan, India, Mali, Upper Volta
Atol espeso	To, Tumo, Ugali, Bogobe, Sankati	Tanzania, Nigeria, India
Atol con vapor	Couscous, Momoto, Fideos	Africa Occidental
Sorgo hervido	Soru	Mali
Snack	Sorgo reventón	India
Bebidas alcohólicas	Burkutu, Busa, Ting	Africa, India, Sudan del Sur
Bebidas no alcohólicas	Obushera, Abrey	Africa, India

variación en los productos dependiendo de las diferencias dentro de los procesos: uso de grano entero o descortinado, masa fermentada o no, medio de cocción ácido, alcalino o neutro, ect.

En países como México Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua este cereal es usado en la preparación de alimentos, principalmente tortillas, usando esencialmente el mismo método que el aplicado para la elaboración de las tortillas preparadas con maíz.

En Sudamérica la harina de sorgo es mezclada con harina de trigo. Dicha harina es usada en la elaboración de productos

alimenticios como pan francés, pan de forma, bizcochos, pastas, tortas y pizzas. Diversos estudios de evaluación realizados sobre calidad tecnológica y nivel de aceptación por los consumidores han mostrado que la harina sorgo-trigo puede sustituir la harina de trigo en la elaboración de diversos productos sin afectar significativamente su calidad. Las proporciones de sustitución de trigo por sorgo, pueden variar de 15 a 50% dependiendo del producto elaborado.

En El Salvador se han realizado trabajos de evaluación de galletas con diferentes relaciones de mezclas de harina de maíz o sorgo, con harina de trigo. Cada una de las muestras fue sometida a análisis

químicos y organolépticos. Los resultados mostraron que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de sorgo o maíz, en las formulaciones 50:50 y 75:25% no presentaba diferencias significativas, en contenido de proteína, hierro y fósforo, con respecto al testigo elaborado con 100% de harina de trigo. Debido a su sabor las galletas con 25% de sorgo fueron las que tuvieron un mayor nivel de aceptación (Herrera y Palomo, 1985).

La harina de sorgo puede ser obtenida a través del procesamiento casero del cereal. No se han observado inconvenientes en la transformación del grano en harina utilizando métodos tradicionales como el pilón o moliéndolo en molino manual.

Dichos métodos produjeron productos finales con buena aceptación por el consumidor.

6.2. Alimentación animal

El sorgo tiene una composición química bastante similar a la del maíz siendo utilizado para sustituirlo como fuente de energía en raciones animales. En la Tabla No. 8, se muestran valores medios del análisis químicos de distintas variedades de sorgo granífero y maíz obtenidos por la Universidad Federal de Viçosa, Brasil. Este cereal posee un mayor contenido proteico y un menor contenido de grasas que el maíz. Los demás nutrientes de estos dos granos tienen valores bastante similares.

Tabla No. 8. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MAÍZ Y DEL SORGO DE BAJO Y ALTO TANINO (BASE MATERIA NATURAL)

	MAÍZ	SORGO BAJO TANINO	SORGO ALTO TANINO
	%	%	%
Materia Seca	87.5	87.4	86.70
Proteína bruta	8.51	8.82	8.90
Grasa	3.28	1.90	2.14
Fibra bruta	1.78	2.20	2.31
Extracto nonitrogenado	72.08	72.37	70.35
Materia mineral	1.85	2.11	3.00
Calcio	0.020	0.026	0.025
Fósforo total	0.27	0.25	0.22
Fósforo disponible	0.09	0.08	0.07

6.2.1 Raciones para bovinos

Este cereal ha sido utilizado exitosamente en la sustitución de diferentes granos en las raciones para bovinos, lográndose el balance proteico de las mismas mediante la adición de fuentes naturales de proteínas y de urea. Como en la mayoría de los granos, sus contenidos de calcio y micronutrientes son bajos, por lo que necesitan ser complementados adecuadamente. A pesar de poseer buen nivel de fósforo ha sido necesario adicionar casi siempre una fuente de ese elemento para satisfacer los requerimientos de los animales. Dentro de los micronutrientes ha sido preciso tomar precauciones con el nivel de cobalto.

Antes de ser incorporados a las raciones bovinas los granos de sorgo deben ser procesados. Los rumiantes mastican el alimento apenas lo suficiente para ensalivar y deglutir. Cuando los granos son sumi-



nistrados enteros, gran parte aparecen en las heces. Los mismos son densos, duros y cubiertos por una cáscara cerosa lo que dificulta la digestión en el rumen. Los ovinos digieren mejor el sorgo que los bovinos.

El procesamiento que ha resultado más simple y más barato ha sido el de molino grueso o desintegración de los granos. La molienda fina además de requerir un mayor gasto de tiempo y energía reduce el consumo del producto. Otro inconveniente del molido fino ha sido la predisposición que presenta a la formación de una suspensión pulverulenta que dificulta el manejo del producto.

La peletización del sorgo molido reduce las pérdidas por suspensión pulverulenta, tiene la ventaja adicional de que pueden ser incorporados, además, a la ración ingredientes ricos en proteínas, minerales y vitaminas. El resultado económico de este procedimiento depende de los costos de peletización.

Otra forma de procesamiento es el remojo del grano en agua antes de ser suministrado a los animales. Esto torna los granos más palatables y generalmente aumenta su consumo. En regiones de clima cálido se debe tener en cuenta el riesgo de fermentación por el uso de dicho procedimiento.

Diferentes métodos de procesamiento son usados en países desarrollados los cuales necesitan de maquinaria más compleja para el tratamiento de granos y no siempre compensan los costos extras de procesamiento. El sorgo es una muy buena fuente de energía para ser utilizada en raciones para ganado lechero principalmente en vacas de alta producción.

SORGO FORRAJERO

El sorgo es también utilizado como cultivo forrajero. Se han determinado varias clases de sorgo forrajero, entre ellos se incluyen el sorgo azucarado, sorgo Sudán y sorgos de doble propósito. Adicionalmente existen otras formas de utilización del sorgo forrajero que se pueden clasificar así:

- A) Pastoreo
- B) Ensilaje

C) Henificación

A) Los sorgos forrajeros usados en general en el pastoreo directo incluyen los sudanes e híbridos Sudán, híbrido sorgo forrajero - Sudán, híbridos sorgo granífero-Sudán, sorgo azucarado y sorgo de doble propósito. Los resultados sobre la capacidad de producción de forraje de sorgo en relación a la frecuencia e intensidad de uso se presentan en la Tabla No. 9. En dichos experimentos fueron obtenidos rendimientos entre 8 y 10 toneladas de materia seca por hectárea con base a frecuencias de corte cada vez que a la planta alcanzaba los 60 cm. de altura dejando residuos de 2.5 cm. El número de cortes necesarios fluctúa entre 2 y 4, dependiendo de las condiciones ambientales.

Tabla No. 9. Producción de Forraje de Sorgo con Riego. (Ton.m/ Seca /ha) en Relación a Frecuencia e intensidad de uso Est. Exp. Quilamapu (Inia), Chile

FRECUENCIA Alt.m/ corte cm.	INTENSIDAD Alt del residuo,cm	NÚMERO DE USOS	PRODUCCIÓN Acumulada
30	2.5	4	5.64
	5.0	4	4.56
	10.0	3	4.37
45	2.5	3	6.45
	5.0	3	5.54
	10.0	3	5.42
60	2.5	3	10.03
	5.0	3	8.63
	10.0	3	8.00

Los sorgos bajo ciertas condiciones climáticas pueden llegar a acumular ácido cianhídrico hasta niveles tóxicos para el ganado. Este ácido tiende a acumularse más fácilmente en plantas jóvenes. Esta característica de acuerdo a Gorz et al, esta controlada por un par de genes mayores. A continuación se describen algunas de las medidas de manejo recomendadas para evitar dicha intoxicación:

- Iniciar el pastoreo cuando las plantas alcanzan aproximadamente 60 cm. de altura.
- Los rebrotes deben alcanzar la misma altura anterior.
- Los animales llevados al pastoreo deben ser previamente alimentados con concentrados ricos en granos, pues el almidón disminuye las posibilidades

de formación del ácido.

- El sorgo ensilado o curado para heno no presenta riesgos.
- B) Dada la alta producción de forraje que se obtiene por unidad de superficie, ha sido posible utilizarlo, como forraje, conservado en forma de ensilaje. El período más adecuado para realizar el corte para ensilaje es el que se extiende desde la emisión de la panoja hasta el estado de grano lechoso. En dicho período la planta entera presenta adecuado contenido de humedad lo que facilita los procesos de compactación y fermentación posterior.
- C) Cuando el objetivo es utilizar el sorgo para heno, el cultivo deber ser cortado cuando las panojas comienzan a asomar entre las vainas de las



hojas. Este es el período en que existe el mejor equilibrio entre el volumen de materia verde y el valor nutritivo.

6.2.2. Utilización de sorgo en raciones de cerdos

Este cultivo se ha constituido en una alternativa muy importante en la elaboración de raciones para cerdos en América Latina y el Caribe (cuando es utilizado en la alimentación de los no rumiantes diferentes aspectos deben ser tenidos en cuenta). Los cereales son incorporados en las raciones principalmente como fuente energética, pero ellos también suplen porción de las

proteínas necesarias. Se ha comprobado que el cereal suministra entre el 30 a 50% de la proteína de la ración y a veces más, por lo tanto es importante considerar su calidad proteica, es decir la cantidad y balance de aminoácidos esenciales. En la Tabla No. 10 se presentan los valores medios del contenido de aminoácidos del sorgo y el maíz.

Los aminoácidos más importantes a ser considerados en el cálculo de raciones de aves y cerdos son lisina, triptofano, metionina y cisteina. La información obtenida muestra que la metionina y la lisina se presentan menos disponibles en el

Tabla No. 10. Contenido de aminoácidos del maíz y del sorgo (Base materia natural)

	MAIZ %	SORGO %
Metionina	0.17	0.15
Metionina + Cistina	0.35	0.32
Lisina	0.23	0.21
Triptofano	0.08	0.09
Treonina	0.34	0.32
Arginina	0.44	0.36
Glicina	0.36	0.32
Glicina + Serina	0.80	0.79
Isoleucina	0.32	0.42
Valina	0.40	0.50
Leucina	1.17	1.30
Histidina	0.22	0.22
Fenilalanina	0.45	0.48
Fenilalanina + Tirosina	0.82	0.87

sorgo que en el maíz, mientras que el sorgo contiene una cantidad significativamente mayor de triptofano. Estas características deben ser especialmente consideradas en la alimentación de los monogástricos.

Los progresos en los conocimientos alcanzados sobre nutrición, han permitido que las raciones de los manogástricos sean balanceadas perfectamente con base a su composición de aminoácidos. La producción industrial con precios cada vez más bajos de aminoácidos como lisina y metionina permiten su utilización en la suplementación de raciones. Otro camino a seguir es el uso de variedades de sorgo de alta lisina.



Los niveles altos de tanino en el grano de sorgo interfieren en el metabolismo de la metionina en monogástricos.

Investigaciones realizadas han mostrado que la adición de metionina o el uso de niveles de proteína mas elevados superan este efecto negativo del sorgo en las raciones. Se considera que esto se debe probablemente al hecho de que en esta forma se suministra un exceso de metionina con relación a la capacidad de interferencias de los taninos.

Otra manera de superar esta limitante es detoxificar el sorgo que contiene taninos. El uso de un tratamiento alcalino con amoníaco parece tener posibilidades especialmente para la alimentación de animales.

6.2.3 Utilización de sorgo en raciones de aves

La avicultura ha sido uno de los mayores consumidores de sorgo para ser usado como ingrediente en raciones. Al ser también monogástricos, las aves están sujetas a similares tipos de restricciones para el uso de raciones que los cerdos. Se ha podido observar que para raciones de tipo inicial de pollos de engorde y aves de postura, el sorgo de bajo tanino puede sustituir al maíz totalmente con una ligera reducción de la conversión alimentaria. En raciones para ponedoras y reproductoras y ración para pollos de engorde la sustitución puede llegar a 50% sin ningún efecto adverso.



Por encima de esos valores, el nivel de pigmentación de la piel del pollo, peso y color de la yema de los huevos son afectados negativamente. El sorgo de alto contenido de toxinas puede sustituir hasta 25% del maíz (Tabla No. II.) en las raciones en las mismas circunstancias.

De acuerdo a los valores de energía metabolizable, de la disponibilidad de aminoácidos y de la conversión alimenticia de las aves alimentadas con raciones conteniendo sorgo, es posible calcular un índice comparativo del valor nutricional para aves de los sorgos de alto y bajo tanino en relación al maíz. Para cerdos y aves el sorgo utilizado en las raciones concentradas es sometido a molido medio constituyéndose en la forma más práctica de uso.

6.3. USOS INDUSTRIALES

Dependiendo del grado de industrialización a que es sometido el sorgo, ha sido posible lograr una amplia gama de subproductos.

Tabla No. II. Recomendaciones sobre niveles de sustitución de maíz por sorgo en raciones de aves y cerdos

ESPECIES	AVES		CERDOS	
	SORGO BAJO TANINO	SORGO ALTO TANINO	SORGO BAJO TANINO	SORGO ALTO TANINO
% Sustitución de maíz	50	25	100	50
% aproximado de sorgo en la ración	35	18	78	39

FUENTE: Rostagno (1983) Op Cit Rostagno (1986)

Entre ellos se encuentran las harinas, cerveza, cera, aceite comestible, escobas, alcohol.

El sorgo escoba de porte alto con tallos finos posee una panícula con características especiales que lo tornan adecuado para la fabricación de escobas.

El sorgo sacarino ha sido cultivado con diferentes propósitos entre los que se incluye el de suministrar la materia prima para la producción de alcohol complementando la caña de azúcar, principalmente en el periodo entre las zafras. Para su procesamiento se puede utilizar la misma infraestructura que para la caña de azúcar, adaptándose muy bien al uso de microdestilerías. A través de la implantación de pequeñas unidades de producción de alcohol, EMBRAPA ha establecido una estrategia de apoyo para difundir la utilización de este cultivo (EMBRAPA, 1989). El valor biológico de su bagazo es superior al de la caña de



azúcar con 50% menos de lignina y más carbohidratos lo que resulta de gran valor para la alimentación animal. Actualmente se está trabajando para desarrollar cultivadores con buena adaptación a diferentes regiones, con resistencias a enfermedades y plagas y alta producción de azúcares fermentables. Este cultivo ha sido usado también como endulzante industrial principalmente en países desarrollados (Giacomini dos Santos y Bressani, 1986).

El futuro desarrollo del cultivo de sorgo depende en gran medida del aumento de la utilización del mismo lo cual está condicionado a la combinación de dos aspectos fundamentales. Por un lado la creación de sistemas innovativos de procesamiento y por el otro al desarrollo de variedades con características que potencialicen aun más su valor nutritivo.





7. Aspectos morfológicos.

7.1. RAÍZ.

La radícula sencilla, es la responsable del establecimiento de la plántula y es de corta duración. El sistema radical adventicio fibroso se desarrolla de los nudos más bajos del tallo. La profundidad de enraizamiento es generalmente de 1 a 1.5 m. con 80% de las raíces en los primeros 30 cm. (Maiti citado por Paul. 1990). Los pelos absorbentes pueden ser el doble en número que en el maíz. Las raíces de soporte pueden crecer de primordios radicales, pero no son efectivas en la absorción de agua y nutrientes (House.1985). Además, el sistema radical puede soportar cultivos de soca de las yemas adventicias en la base del tallo principal.

7.2. TALLO.

El sorgo es generalmente un planta con un solo tallo, pero varía mucho en su capacidad de ahijamiento dependiendo de la variedad. La altura varía de 45 cm. A más de 4 m. La altura también depende de las longitudes del entrenudo, pedúnculo y la panícula y todos estos factores están bajo control genético separado (Doggett, 1988).

Los tallos tienen entre 7 y 24 nudos, son erectos y sólidos con



una corteza dura y médula más suave. Los haces vasculares son mas numerosos, duros y pequeños hacia la periferia del tallo donde formas casi un anillo sólido. Las células del parénquima entre los haces interiores, tiene paredes delgadas; pero aquellas entre las periféricas son pequeñas, con paredes gruesas y lignificadas. Las células del parénquima de los entrenudos de muchas variedades contiene almidón. Esta acumulación difusa de almidón puede ser extensa especialmente en los sorgos dulces (Wall y Ross, 1970). La médula es jugosa o seca, dulce o insípida. Se forma una yema en cada nudo excepto en el nudo Terminal. Las yemas son alternas y las inferiores pueden formar hijos axiliares, mientras que las superiores pueden desarrollarse como ramas laterales especialmente si se daña el ápice de crecimiento. Los hijos en los tipos cortos son generalmente más largos que el tallo principal. Inmediatamente encima de la unión entre la vaina de la hoja en cada nudo hay una banda de raíces primordiales, arreglada en 1 a 3 anillos concéntricos alrededor del nudo, y de la cual se desarrollan raíces de soporte. Hay una red de haces vasculares del tallo hasta la hoja en la unión del nudo (House, 1985)

La caña o tallo está formada por una serie de nudos e internudos alternantes. El tallo es delgado a muy vigoroso y su longitud varía

entre 0.5 m a 4 m. El tallo es más grueso cerca de la base, volviéndose más angosto en el extremo superior.

En cuanto a su consistencia, el tallo es sólido, con una corteza o tejido exterior duro y una médula suave. En general, los haces vasculares se esparcen a través del tallo hacia el área periférica, en donde están tan estrechamente asociados que casi forman un anillo sólido. Los haces vasculares en la porción central del tallo son mas largos que los de las periferia. Los haces centrales se ramifican hacia las nervaduras de las hojas, mientras que los haces periféricos se ramifican para formar las nervaduras más pequeñas en la lámina de las hojas.

La médula puede ser dulce o insípida, jugosa o seca. En tallos viejos la médula puede rajarse, especialmente si está seca.

Los nudos de la planta aparecen como un anillo en la base de la lámina de la hoja; el nudo es el punto en el cual la hoja se une al tallo; y es también el punto en el cual se desarrollan las raíces (de sostén), en este punto existe una anastomosis compleja de haces vasculares desde el tallo hasta las hojas. Se forma una yema en cada nudo, excepto en aquel en el cual se une la hoja de bandera. Estas yemas en nudos sucesivos, se desarrollan en lados alternantes del tallo,

en algunas ocasiones estas yemas crecen para formar las ramificaciones auxiliares. Los hijos basales cuando ocurren, se forman en el primer nudo.

7.3. PEDÚNCULO.

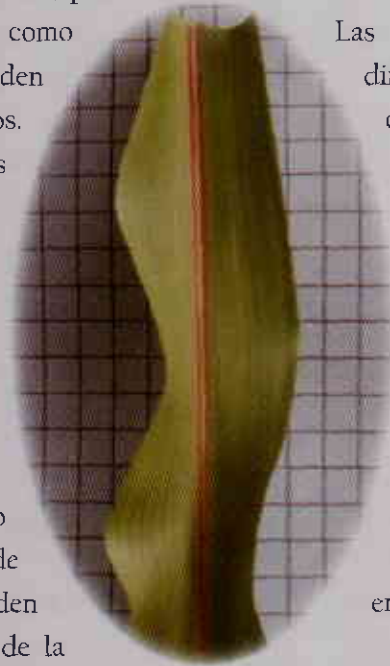
El entrenudo más alto que lleva la inflorescencia es el pedúnculo y es siempre el más largo. Una buena ejerción hace que los granos queden fuera de la vaina de la hoja bandera, así se reduce el daño por plagas y enfermedades en la parte inferior de la panícula. La longitud del pedúnculo o ejerción, está controlada genéticamente, pero los factores ambientales como la deficiencia de agua, pueden ejercer efectos pronunciados. Poblaciones bajas o altas hacen que la longitud de la ejerción sea más corta o más alta respectivamente.

7.4. HOJAS.

Están distribuidas en diversas formas a lo largo del tallo de la planta de sorgo; en algunos tipos pueden estar concentradas cerca de la base, mientras que en otros están distribuidas más o menos uniformemente. Las hojas nacen a diferentes ángulos del

tallo y varían desde casi verticales hasta semihorizontales.

Por la posición que adquiere, la lámina de la hoja puede ser derecha o puede curvarse suavemente formando un arco. En cuanto a la punta de la hoja puede caer hacia abajo. También las hojas varían en longitud, siendo comúnmente más cortas y más pequeñas en la parte superior (a la hoja superior se le llama hoja de bandera); las hojas en la sección mediana inferior pueden ser tan largas o ligeramente más largas que las de la base y llegan a medir hasta un metro; su ancho varían entre 10 y 15 centímetros.



Las plantas de sorgo se diferencian unas de otras en cuanto al número de hojas: en plantas bien adaptadas hay comúnmente de 14 a 16 hojas, pero especies menos adaptadas pueden tener hasta 30 hojas.

El embrión en la semilla tiene generalmente de 5 a 6 hojas embrionarias, encontrándose un número mayor en las semillas más maduras.

Una semilla de sorgo necesita, para alcanzar su madurez fisiológica alrededor de 30 días y para este tiempo tiene 6 o 7 ho

jas embrionarias y toma entre 4 y 5 días el formar una hoja en el embrión y en el meristemo (punto de crecimiento vegetativo).

Las hojas nacen alternas en dos hileras a lo largo del tallo y consisten principalmente de una vaina foliar y una hoja laminada o limbo. Por lo general, las vainas unidas a los nudos más bajos cubren los nudos que están arriba, pero las vainas de más arriba en la planta no se extienden hacia el nudo que les sigue. Con respecto a la vaina podemos señalar que está cubierta frecuentemente por un material ceroso, a veces muy pronunciado

Finalmente, las hojas son anchas en la base y disminuyen gradualmente hacia arriba hasta el ápice; son glabras, excepto en la parte interior arriba de la lígula y sobre el lado de afuera cerca de la unión con la vaina. Los márgenes de la hoja son lisos o dentados, especialmente en la mitad superior. La nervadura central es prominente, de color verduzco o blanca, aplanada o ligeramente cóncava en la superficie superior y convexa en la inferior. Las hojas son más gruesas en la base que en la punta y más gruesas a lo largo de la nervadura central que en los márgenes. Cuando se daña la hoja, la mancha dañada se vuelve color

pajizo, roja o púrpura oscuro (casi negro) dependiendo del color de la planta.

7.5. ORGANOS REPRODUCTIVOS

La inflorescencia es una panícula de racimos con un raquis central. La panícula inmadura es forzada hacia arriba dentro de la vaina más alta después de que la última hoja (hoja bandera) se haya expandido, distendiéndola a su paso.

La ejerción de la panícula es importante para la cosecha mecanizada y para la tolerancia a plagas y enfermedades. La panícula es corta o larga, suelta, abierta, compacta o semicompacta; puede tener entre 4 a 50 cm. de largo, entre 2 a 20 cm. de ancho y llevar entre 400 a 8000 granos.

El raquis puede ser largo o corto, grueso o delgado, estriado, acanalado, peludo o glabro y con varias ramas en cada nudo, puede tener ramas secundarias y terciarias que llevan racimos de espiguillas. Cada racimo tiene una o varias espiguillas en pares, una sésil (C) y la otra pedicelada (X). Las espiguillas terminales ocurren en tríadas, dos de las cuales son pediceladas y estériles. La longitud del caquis, ramas y la proximidad entre éstas, determinan la forma de la pan



ícula (Doggett, 1988; Neushul, 1974; Cobley y Steele, 1976; Purselove, 1972; House, 1985, citados por Paul 1990).

7.5.1. Las espiguillas pediceladas.

Estas son normalmente lanceoladas y mucho más anchas que las sésiles. Sus pedicelos pueden ser cortos o largos (0.5 a 3 mm). La espiguilla consiste en dos glumas, las cuales encierran dos florecillas, la superior masculina con una lema que encierra tres anteras y la inferior estéril y representada únicamente por una lema. (Doggett, 1988; Wall y Ross, 1970; House 1985).

7.5.2. Las espiguillas sésiles.

La espiguilla sésil (3 a 10 mm de longitud) tiene dos glumas (superior e inferior) las cuales en la madurez pueden rodear al

grano ajustadamente o estar abiertas. Las glumas son de color verde en la floración, pero cambian a crema, amarillo, rojo, café, morado o negro en la madurez. Son peludas o glabras, duras o firmes en algunas variedades; quebradizas y delgadas como el papel en otras.

La glumas encierran dos florecillas, la superior perfecta y la inferior estéril y con una lema solamente, la cual encierra parcialmente e la florecilla fértil. Esta tiene una palea delgada y una lema con arista. Hay también dos lodículos adyacentes a la lema fértil en la base de la florecilla. Los estambres son tres, con anteras versátiles de cuatro lóculos cada una capaces de contener alrededor de 5000 granos de polen, y un ovario de una sola célula con dos largos estilos que terminan en estigmas plumosos. (Doggett, 1988; House 1985).

8. Aspectos ecofisiológicos del cultivo.

El sorgo es una especie originaria de los trópicos de África y Asia donde crece en suelos y zonas cálidas, condiciones ideales para su desarrollo. Es un cultivo extraordinariamente tolerante a la sequía, se desarrolla bien en condiciones de clima cálido y con lluvias moderadas pero bien distribuidas. En nuestro país se produce este cereal desde los 0 a los 1.200 metros de altura sobre el nivel del mar (msnm), pero la mejor altura para su cultivo está entre 0 y 1.000 msnm.

Los conceptos de la fisiología de la producción sirven para entender el rendimiento del grano que se expresa en el crecimiento del cultivo, utilizando la energía solar para sintetizar el dióxido de carbono (CO_2), el agua, las fuentes de nutrición mineral, la biomasa que es distribuida entre el grano y las otras partes de la planta. La tasa de duración de este proceso es afectado por factores climáticos y del manejo del cultivo. Los rendimientos de grano declinan con el decrecimiento de la latitud



y varios factores son responsables de este efecto, incluyendo el rendimiento potencial sobre una producción total de la biomasa, mala adaptación genética, stress ambiental, prácticas culturales, factores bióticos, suelo y la interacción entre ellas. (Díaz 1990).

La biomasa se reduce por la presencia de insectos plagas, malezas competitivas y enfermedades.

8.1. TEMPERATURA

El rendimiento es afectado por la combinación de altas temperaturas y bajas radiaciones en los ambientes de la zona tórrida. Consecuentemente, la producción total de la biomasa es restringida debido a un desarrollo rápido de

la fonología de la planta, las altas tasas de respiración, la reducción de la fotosíntesis bajo un régimen de temperaturas altas, los días cortos y las condiciones de nubosidad. Las temperaturas entre 27-30°C / 22-25°C (día / noche) arrojan rendimientos máximos de grano y de biomasa y con temperaturas mayores de 30°C / mayores de 28°C

(día / noche) los rendimientos decrecen. La temperatura óptima para incrementar el rendimiento esta entre 21-24°C / 16-19°C (día / noche).

El sorgo se desarrolla muy bien cuando las temperaturas son altas, adaptándose muy bien en Colombia en regiones con temperaturas entre 21°C y 30°C. Las bajas temperaturas se traducen en plantas bajas, retraso en la floración, generación de mazorcas y bajos rendimientos. Temperaturas por encima de los 35°C aceleran la emisión

de la panoja, causan el aborto de las florecillas y por lo tanto influyen desfavorablemente en la producción de grano. Investigaciones realizadas afirman que temperaturas muy altas después de la anthesis durante 6 a 9

días, reducen grandemente el peso final de los granos. (Díaz 1990).

8.2. RADIACIÓN

La radiación depende de las horas de brillo solar y la nubosidad. Muchas regiones productoras de sorgo en Colombia se caracterizan por presentar días más cortos que



en las regiones de altas latitudes durante el ciclo del cultivo. La fotosíntesis es reducida, pero tiene un menor efecto sobre el rendimiento cuando se presenta durante la Fase de Crecimiento Vegetativa (FC-1), y un mayor efecto durante la Fase de Crecimiento Reproductiva (FC-2), mostrando alta sensibilidad en la Fase de Crecimiento, de Maduración o de llenado de grano (FC-3). Sin embargo, la reducción de la radiación siempre afecta el crecimiento del cultivo en proporción directa aunque el efecto de rendimiento de grano puede ser reducido. Las tasas más altas de fotosíntesis neta y del crecimiento del cultivo están asociadas con una mayor inclinación de las hojas, una dispersión más uniforme, un menor tamaño de las hojas y valores bajos del coeficiente de extensión. En las radiaciones entre $20-23 \text{ MJ}^{-2}\text{dia}^{-1}$ se obtienen los máximos rendimientos y la producción decrece con radiaciones entre $14-18 \text{ MJ}^{-2}\text{dia}^{-1}$. La planta de sorgo tiene mecanismo fotosintético C4 (ó sin fotorespiración), por lo cual tiene altas tasas fotosintéticas, alto punto de saturación lumínica para fotosíntesis y alta eficiencia en el uso del agua.

8.3. AGUA

Las limitaciones moderadas de agua durante la Fase de Crecimiento Vegetativo (FC-1) afectan menos que en la Fase de Crecimiento Reproductivo (FC-2) donde

causan reducciones en el rendimiento del grano por una disminución de su tamaño. Cuando hay déficit de agua en la Fase de llenado de grano (FC-3) presenta un secamiento en las hojas inferiores.

El requerimiento de agua para el sorgo varía entre 450 a 500 mm., durante todo su ciclo, dependiendo del tipo de suelo, topografía de lote, del genotipo elegido y las condiciones ambientales reinantes. Por lo tanto, regiones que presenten precipitaciones que van desde los 700 a 1.000 mm/año son aptas para adelantar este cultivo.

Las mayores exigencias en agua comienzan unos 30 días después de la emergencia y continúan constantes hasta el llenado total de los granos, siendo las etapas más críticas las de embuchamiento (prefloración) y panojamiento (inicio floración), puesto que deficiencias hídricas en estos momentos producen importantes mermas en los rendimientos.

8.4. HUMEDAD ATMOSFÉRICA

En algunas regiones donde se produce el sorgo la humedad ambiental relativa supera el 70% lo que propicia condiciones ideales para el establecimiento de algunas especies de hongos que pueden causar graves enfermedades, dependiendo de la severidad del

ataque. Por lo tanto, es conveniente sembrar el cultivo de tal manera que las épocas de maduración, secado de grano y cosecha, coincidan con períodos de verano.

8.5. SUELOS.

El sorgo se puede desarrollar bien en una amplia gama de suelos, desde los arenosos hasta los arcillosos. Los mayores rendimientos se obtienen en suelos de textura franca y sus afines: franco arcilloso, franco limosos y franco arenosos, bien drenados y libres de inundaciones ya que condiciones demasiado húmedas limitan notablemente su producción.



El sorgo posee un amplio rango de adaptación tanto a la acidez como a la alcalinidad de los suelos. Crece bien en lotes cuyo pH oscila entre 5,5 y 8,5; sin embargo, el pH ideal está entre 5,5 y 6,5. Las raíces del sorgo no crecen bajo concentraciones de aluminio superiores a $0,113 \text{ umol L}^{-1}$ en la

solución del suelo, pero existen diferencias genotípicas substanciales.

8.6. NUTRICIÓN

Los avances científicos en la nutrición de la planta y la fertilización han revolucionado la producción del cultivo. El 50% de los altos rendimientos del sorgo granífero, sin mencionar el mejoramiento del genotipo, pueden ser atribuidos a los fertilizantes. Los bajos rendimientos en las regiones sorgueras del país son debido a una baja nutrición de la planta. La planta de sorgo puede sintetizar todos las sustancias que requiere, incluyendo aminoácidos, auxinas,

hormonas y vitaminas; suministrándole los 16 elementos esenciales con el dióxido de carbono (CO_2) y el agua (H_2O). Es una planta autotrófica, que puede sintetizar todos los constituyentes necesarios para el crecimiento de los elementos básicos, también es fotolitotrófica, en la cual los com-

ponentes esenciales para el crecimiento son sintetizados en la presencia de la luz con los elementos inorgánicos del suelo. La deficiencia o el exceso de cualquier elemento esencial individual usualmente afecta las concentraciones de otros elementos y causan un estress afectando más a las raíces que las hojas.

Las raíces de las plantas toman los nutrientes a través de la solución del suelo o por un contacto de intercambio en forma iónica que pueden ser activo o pasivo. Al final de la fase crecimiento reproductivo (FC- 2), la planta de sorgo ha absorbido ya el 70, 60 y 80% de sus requerimientos de Nitrógeno (N), Fósforo (P_2O_5) y Potasio (K_2O) respectivamente. La mayor tasa de absorción de potasio (K_2O) se presenta durante el llenado de los granos debido probablemente a la alta actividad metabólica de los granos en esta fase.

8.7. COMPONENTES DE REDIMIEN TO.

Los componentes del rendimiento en sorgo se basan en el número de plantas por m^2 , más exactamente en panículas por m^2 , el número de granos por panícula y el peso promedio de los granos, dentro de estos tres componentes, el primero puede ser fácilmente modificado por el hombre.

Estudios realizados en el Valle del Cauca con el sorgo Funk's HW 1758, en promedio para una población de 500,000 plantas/Ha, el número de granos por panícula fue de 1047 y el peso de 1000 granos fue de 29 gramos. (Clavijo, 1994)



9. Fases de crecimiento y etapas de desarrollo.

FASES DE CRECIMIENTO.

Aspectos morfológicos

El periodo de desarrollo del sorgo consta de tres fases de crecimiento: la vegetativa, la reproductiva y el periodo del llenado del grano. Dentro de cada fase existen varias etapas las cuales han sido objeto de diferentes subdivisiones, para este documento seguiremos la descrita por Vanderlip del Departamento de agronomía de la Estación Experimental de Agricultura del Estado de Kansas. La fase vegetativa (etapa de crecimiento FC1) se caracteriza por la germinación, desarrollo de la plántula, crecimiento de las hojas y el establecimiento de una porción significativa del sistema radical completo. La segunda fase (FC2) empieza cuando en el meristemo apical empieza a diferenciarse un meristemo floral que continúa con el desarrollo de la inflorescencia y termina cuando tiene lugar la antesis; durante esta fase, hay una elongación rápida de los entrenudos del tallo y expansión de las hojas. La tercera fase (FC3), se caracteriza por el desarrollo y la madurez del grano y la senescencia de las hojas. Los eventos que suceden en cada fase y etapa han sido adaptados con base a la descripción realizada por Paul (1990) en el libro Agronomía del sorgo.

9.1. FASE DE CRECIMIENTO I. FC1 (Germinación y desarrollo de la plántula)

Comprende los estados de imbibición, emergencia de la radícula y hoja en la punta del coleóptilo, emergencia y crecimiento temprano de las hojas y el tallo.

9.1.1. ETAPA 0



Cuando se coloca la semilla en un medio húmedo, la absorción del agua puede empezar inmediatamente o bien puede haber una fase de retraso de varias horas, especialmente si el contenido de humedad de la semilla es menor de 10%. Durante la imbibición hay inicialmente una absorción rápida de agua por la semilla, acelerando la actividad metabólica. Durante aproximadamente las primeras 24 horas, el crecimiento por extensión y división depende totalmente del aprovechamiento de los aminoácidos, grasas y carbohidratos solubles, almacenados en el embrión. Una cantidad significativa de giberelina es secretada por la región del escutelo del embrión, provocando una serie de reacciones de síntesis, dando como resultado el crecimiento del embrión por la división y alargamiento de sus células. El volumen de la semilla aumenta por la imbibición un 40% en las primeras 24 horas

Al hincharse la semilla el tegumento se rompe, emergiendo la radícula y el pequeño coleóptilo. Al alargarse el coleóptilo, las raíces laterales empiezan a brotar de la raíz primaria

Si la temperatura del suelo es adecuada (20 a 30° C), el coleóptilo aparece por primera vez arriba del suelo tres a cuatro días después del inicio de la imbibición. El coleóptilo es impulsado hacia arriba a través de la superficie del suelo por la elongación del primer entrenudo (mesocólito) y emerge la primera hoja

9.1.2. ETAPA 1. Tres Hojas (V3).

Con la emergencia de la primera hoja arriba del suelo, la planta es influenciada por la luz ocasionando la supresión del crecimiento del mesocólito, hipocólito y el epicólito; estimulándose la formación de la clorofila. El área de la primera hoja es directamente proporcional al peso seco de la semilla de la cual se desarrolló. A medida que la plantula empieza a crecer, se desarrollan más hojas, quedándose el coleóptilo como una funda en la base de la plántula. En el mesocólito se forma un nudo en la base del coleóptilo justo debajo del nivel del suelo.



El sistema radical seminal, producto del desarrollo de la radícula, soporta la plántula durante las primeras semanas del establecimiento. Poco después de la emergencia (dentro de 7 a 10 días) se inicia el sistema radical adventicio a razón de alrededor de una raíz cada día que se desarrolla de las yemas en los nudos bajo el suelo. Una vez que empiezan a desarrollarse las raíces adventicias, el mesocótilo empieza a morir, la absorción de nutrientes del suelo se incrementa y la fotosíntesis empieza a apoyar el rápido desarrollo de los tejidos encima y por debajo el suelo; gradualmente la planta empieza a depender del sistema radical principal.

9.1.3. ETAPA 2. Cinco hojas (v5)

Las hojas empiezan su vida como una serie de primordios en los lados del meristemo apical y su desarrollo empieza por la división celular acompañada de la diferenciación en varios tejidos. Después de desplegarse la hoja, la división celular disminuye hasta que aquella esté de 0.25 a 0.75 de su tamaño final; en seguida, una oleada de expansión y división celular causan un incremento rápido en el tamaño de la hoja. El aumento en el número de células, la longitud, el área y el peso fresco de la hoja, es exponencial y altamente dependiente de los factores ambientales. El ápice meristemático (punto

de crecimiento) se queda por debajo de la superficie del suelo hasta 20 a 25 días después de la germinación. La hoja más baja, con su punta redonda, muere y se desprende.



Durante esta etapa de crecimiento, se incrementa la tasa de absorción de NPK. Las tensiones causadas por la competencia de la luz y la falta de nutrientes y agua, junto con plagas y enfermedades, pueden mermar el rendimiento drásticamente.

9.1.4. ETAPA 3. Diferenciación

Alrededor de 30 días después del comienzo de la imbibición, se forma el inicio floral (diferenciación del punto de crecimiento 1 a 30 cm) arriba del suelo, cuando la planta tiene entre 35 y 40 cm. de altura (House, 1985; Paul, 1990). La iniciación floral indica el fin del crecimiento vegetativo debido a la actividad meristemática.

Empieza entonces "el gran periodo de

crecimiento" que consiste, en su mayor parte, en el agrandamiento de las células. Durante este periodo se acumula la materia seca a una tasa casi constante hasta la madurez.



La profundidad de enrizamiento puede alcanzar 120 a 150 cm., con una extensión lateral de 20 a 45 cm. al final de FC1.

9.2. FASE DE CRECIMIENTO 2 FC2 (iniciación de la panícula, incrementos exponenciales en el área foliar, extensión radical y acumulación de materia seca, antes).

El crecimiento primario del tallo es el resultado de las células producidas inicialmente por el meristemo apical. Primero hay diferenciación de procambio, luego del floema y finalmente del xilema. Más tarde, las células se expanden extensamente a lo largo de su eje principal, ocasionando el crecimiento de los entrenudos y consecuentemente en una mayor altura del tallo. En el sorgo, como en la mayoría de los cereales, no hay virtualmente elongación del tallo hasta

después de la iniciación de la panícula; es entonces, cuando los 4 a 5 entrenudos superiores crecen intensamente durante FC2.

Durante este periodo de crecimiento, ocurre una ramificación extensa del sistema radical adventicio, empezando cerca de la superficie del suelo (Krieg, 1983).

Se puede dividir el desarrollo de la panícula en dos fases: la iniciación de las ramas y el desarrollo de las espiguillas.

Los inicios de las ramas primarias de la panícula son en espirales y acrópetas desde la base y requieren de 5 a 6 días para completarse. Al inicio del desarrollo de la espiguilla, el último primordio de ramas se divide en dos partes, que constituyen los primordios de los dos pares de espiguillas. Dos protuberancias (primordios de las glumas) aparecen en los primordios de las espiguillas. Las partes de las florecillas se diferencian acrópetalmente, apareciendo primero la lema, seguida por la palea y los lodículos; los primordios de los estambres aparecen al principio como papilas redondas que encierran el resto del primordio de la florecilla. Las espiguillas en la parte superior de la panícula se desarrollan primero que en las ramas inferiores.

Al inicio de FC2 alrededor de una tercera parte del área total se ha desarrollado y la planta está ahora suficientemente grande para competir con malezas durante el resto de su ciclo de crecimiento. Se alargan los entrenudos y se expanden las láminas de las hojas rápidamente. Durante esta fase de crecimiento lineal de FC2, la radiación, la temperatura ambiental, la humedad del suelo y el nivel de nitrógeno, influyen las tasas de división y elongación y como consecuencia afectan el ritmo de incremento como también la capacidad de la superficie fotosintética (Hay y Walter, 1989).

9.2.1 ETAPA 4. Hoja bandera

Alrededor de 35 a 40 días después de la germinación, el 80% del área foliar se ha desarrollado y la intercepción de luz se acerca al máximo. El crecimiento y absorción de nutrientes continúan a una tasa rápida mientras se está desarrollando la panícula; mueren dos o más hojas inferiores y más del 40% del potasio ya está absorbido. La última hoja aparece en el verticilo.



9.2.2 ETAPA 5. Embuchamiento.

En un lapso de 40 a 50 días, todas las hojas están totalmente expandidas, hay máxima intercepción de luz y la planta inicia la etapa de embuchamiento, lo cual



ocurre ente 6 a 10 días antes de la floración. Hasta este momento el primordio floral se ha desarrollado en una panícula completa de racimos y la única manera en que el ambiente puede influenciar el número de semillas es mediante el aborto de florecillas o la interferencia con la polinización y la fecundación. De esta manera se ha determinado el tamaño potencial de la panoja. La elongación del tallo llegó a su fin y el pedúnculo pronto se extenderá rápidamente para causar la ejerción de la panoja. El sistema radical ahora está completamente establecido y

60 a 70% del peso seco total de la planta se ha acumulado

9.2.3. ETAPA 6. Antesis (media floración)

Al alcanzarse el 50% la de floración, aproximadamente la mitad de la materia seca total se ha producido y la absorción de nutrientes ha alcanzado casi 70,60, y 80% de las cantidades totales de N, P y K, respectivamente. El peso de las hojas es máximo en este momento, mientras que el máximo de la caña ocurre alrededor de cinco días más tarde.

La inflorescencia del sorgo usualmente empieza con la dehiscencia de las anteras y salida del polen cuando el pedúnculo ha terminado su elongación. La primera flor que se abre es la terminal o la segunda de la rama más alta en la panícula, la floración continúa hacia abajo de una manera bastante regular, en general, las flores en un plano horizontal a través de la panícula se abren al mismo tiempo. Las espiguillas pediceladas (masculinas) florecen de 2 a 4 días después de las sésiles (femeninas) en la misma rama. Todas las flores en la panícula terminan de abrirse en un lapso de 6 a 15 días (6 a 9 generalmente) dependiendo de la variedad, el tamaño de panoja, la temperatura, la humedad, y otros factores. De esta manea, el máximo de florecimiento ocurre

alrededor de la mitad del periodo de floración. El polen está disponible durante un periodo de aproximadamente dos semanas, debido a que todas las panojas en el campo no florecen al mismo tiempo. Las flores abren generalmente entre las 10 p.m. y las 08:30 a.m., la mayoría haciendolo justamente a la salida del sol. Las flores se abren en aproximadamente 10 minutos debido a la presión aplicada por los dos lodículos que pueden hincharse al doble de su tamaño normal. Conforme se desenvuelven las glumas, las tres anteras y las dos estigmas emergen o las primeras pueden salir antes de que se abran las glumas. Las anteras pueden preceder a los estigmas o viceversa, dependiendo de la variedad. Los filamentos se extienden rápidamente hasta ocho veces su longitud original alcanzando 10 a 15 mm, las anteras se tornan pendientes y la dehiscencia ocurre con muy pocas de las flores estaminadas esparciendo polen. La alta temperatura y humedad de la atmósfera o, bajas temperaturas y tiempos húmedos pueden retrasar la dehiscencia. Las flores permanecen abiertas entre 15 minutos a 4 horas, durante el periodo de apertura (10 p.m. a 08:30 a.m.). Las glumas se cierran lentamente y no se abren otra vez, aunque las anteras vacías y los estigmas quedan fuera todavía (excepto en los tipos con gluma largas). Una sola panícula puede producir hasta 6×10^7 granos de polen los



cuales son viables solamente durante 3 a 6 horas. Los estigmas permanecen receptivos entre 1 ó 2 días antes de la floración y alrededor de ocho días después, si no han sido polinizados. No obstante, el tiempo más apropiado para la polinización es dentro de las 72 horas posteriores a la apertura de las flores (Doggett, 1988; wall y Ross, 1970; Purseglove, 1972; House, 1985).



Termina la FC2 cuando la inflorescencia se desarrolla rápidamente a punto del 50% de floración, lo cual sucede ente 55 a 70 días en climas cálidos. Cualquier tipo de estrés durante FC2 puede tener efectos marcados sobre el rendimiento por reducciones en el tamaño de la planta, especialmente del área foliar y del número de semillas por panoja (Krieg, citado por Paul 1990).

9.3 ETAPA DE CRECIMIENTO 3 FC3 (Polinización, Fertilización, desarrollo y maduración del grano) Etapas 7, 8 y 9.

La polinización puede proceder de tres estambres de la misma flor, de otras flores en la misma inflorescencia o de otras inflorescencias. Los estigmas expuestos antes de la dehiscencia de las anteras, están sujetos a polinización de otra inflorescencia de otra planta, lo que esta influenciando por la dirección del viento y el tipo de panícula, estando las abiertas más expuestas al cruzamiento que las compactas. El cruzamiento es más pronunciado en la parte superior de la panícula, por el orden de la floración. El sorgo es primordialmente autofecundado; pero el cruzamiento es usualmente de 2 a 10%. Algunos tipos de sorgo son cleistógamos por qué las glumas no se abren, permitiendo la autofecundación de la flor cerrada. El polen germina inmediatamente si cae sobre un estigma receptivo y la fertilización tiene lugar alrededor de dos horas después, pero la luz es necesaria para la germinación y el polen esparcido durante la noche no germina sino hasta el amanecer.

Se puede evitar el cruzamiento cubriendo las inflorescencias; mientras el cruzamiento se puede efectuar emasculando una porción de la panícula, cubriéndola en una

bolsa, espolvoreándola con polen del padre escogido y cubriéndola de nuevo hasta después de la producción del fruto.

El sorgo es una planta de días cortos y se acelera la floración con días cortos y noches largas. Los tipos fotoinsensibles permiten la adaptación geográfica de las variedades (Doggett, 1988).

En las plantas con la androesterilidad citoplasmática, no se producen las anteras o los granos de polen están arrugados o no son viables. También se producen unas panojas parcialmente fértiles con algunos granos de polen viables, que causan problemas en la producción de híbridos (Wall y Ross, 1970).



El rendimiento final de grano, es una función de la duración de este período y de

la tasa de acumulación de materia seca en el grano en desarrollo (Eastin et al., 1973). El cigoto o huevo fertilizado que producirá el embrión, no se desarrolla inmediatamente después de la fertilización sino que entra en un período de latencia de 6 a 22 h. El endosperma primario, sin embargo, no tiene un período de latencia y los procesos generales de crecimiento continúan en el saco embrionario y en otras partes del óvulo. El ovario empieza a alargarse por la división y expansión de las células, incrementando su tamaño hasta 50% durante las primeras 24h. Después de ocho días el endosperma ha reemplazado casi todo el tejido nuclear y el cariósido alcanza su volumen máximo alrededor de 12 a 20 días después de la polinización. Posteriormente, el desarrollo principal en el cariósido es un incremento en el tamaño del embrión y la acumulación de almidón en el endosperma.

9.3.1. ETAPA 7. Grano lechoso

La acumulación de almidón es aparente 4 a 5 días después de la antesis, empezando la deposición en la región de la corona en las células del endosperma que están más maduras; y progresando rápidamente hacia abajo y hacia fuera. La tasa de acumulación de materia seca en los granos es aproximadamente lineal durante todo el período de crecimiento, excepto

por un período de llenado después de la fertilización y antes de la madurez fisiológica (Peacock y Wilson, 1984). La duración del período de llenado en sorgo puede ser aproximadamente 14 días (Eastin, 1972); esto significa, alrededor de 40% de la duración efectiva del llenado de los granos. Durante este período de llenado, los granos permanecen en un estado semilíquido conocido como la "Fase lechosa".



Los requerimientos de asimilados por la panícula durante el período de llenado son bajos y existe una tendencia hacia la acumulación de reservas en el tallo y las hojas (Evans y Wardlaw, 1976). Hacia la segunda mitad del período de

llenado, el grano empieza a aumentar de peso rápidamente conforme se acumula materia seca de la fotosíntesis en las hojas y la panícula y como resultado de un movimiento substancial de productos asimilados y almacenados antes de la antesis en las vainas de las hojas (Peacock y Wilson, 1984; Hay y Walter, 1989). Estos productos asimilados pueden constituir hasta 12% del peso final de los granos (Fischer y Wilson, 1971) especialmente si prevalecen las condiciones de estrés como el sombreado y la sequía (Krieg, 1983). Aproximadamente 90% del rendimiento de grano se debe a la fotosíntesis en la panícula y las cuatro hojas superiores (Fischer y Wilson, 1971). Durante la etapa lechosa, las raíces empiezan a mostrar senescencia (Vanderlip y Reeves, 1974). Las células centrales del mesófilo acumulan rápidamente almidón hasta casi 21 días después de la fertilización, cuando el grano alcanza el tamaño máximo

9.3.2 ETAPA 8 Grano pastoso

Alrededor de 70 días después de la germinación, el grano entra a la etapa de masa suave (pastoso), pero sólo cerca de 10% de su materia seca se ha acumulado porque el crecimiento hasta este momento ha sido principalmente un incremento en volumen



Durante los próximos 20 días, la acumulación de materia seca es muy rápida. Los genotipos con un período largo en estado pastosos, generalmente rinden más (Eastin, 1972). Hacia el final de la etapa pastosa el grano tiene al rededor de 40% de su máximo peso seco. La senescencia avanza en el sistema radical y el peso del tallo disminuye un poco

Entre 80 y 85 días después de la germinación (etapa de masa dura), ya se ha acumulado aproximadamente 75% del peso final del grano, el peso del tallo alcanza un mínimo, ha ocurrido más pérdida de hojas y la absorción de nutrientes está esencialmente completa

9.3.3. ETAPA 9. Madurez fisiológica

Alrededor de los 90 días, la planta alcanza la madurez fisiológica (peso máximo de materia seca) y el grano tiene aproximadamente

30% de humedad. La madurez se manifiesta por la aparición de una capa negra (acumulación de pectina en las células del floema) en la región hilar, que tapa los haces vasculares y termina el movimiento de productos asimilados hacia el grano. La madurez sigue la secuencia de florescencia, de arriba hacia abajo de la panícula. Después de la madurez fisiológica, las hojas funcionales que quedan se mantienen verdes o bien mueren. Cuando los granos empiezan a secarse, puede haber desecación y desprendimiento de cuatro o cinco de las hojas inferiores presentando diferencias varietales en la tasa de senectud del resto de las hojas (House, 1985). Si las condiciones de humedad y temperatura son favorables, algunas yemas axilares pueden empezar a crecer en algunos nudos.



El período de antesis hasta la madurez (FC3), varía de 31 a 56 días y existe una correlación positiva entre la longitud de este periodo y el rendimiento de grano. La tasa de crecimiento de grano durante FC3 es de alrededor de $19.1 \text{ gm}^{-2} \text{ día}^{-1}$. Eastin (1972) también encontró que en Nebraska, los rendimientos más altos estuvieron asociados con periodos más cortos de la etapa vegetativa y períodos más largos de la de llenado de grano.

En este ambiente (semejante al de los valles altos de México) unos días extra de llenado de grano son muy importantes para el rendimiento, porque el crecimiento del grano es normalmente interrumpido por las heladas. Sin embargo, en Texas (temperatura mas alta) el rendimiento de sorgo muestra una tendencia a incrementarse con un periodo mas largo hasta la antesis. El argumento es que se

requiere de una etapa vegetativa larga y adecuada para que se establezca el sistema radical, los hijos, el follaje y los sitios de espiguillas potenciales, los cuales juntos contribuyen eventualmente a la capacidad de acumulación del grano. En los valles altos de México, Paul y Rodríguez (1985) encontraron que una diferencia de 23 días libres de helada entre los dos ambientes, causó una diferencia en rendimiento de 3.7 t ha^{-1} de la variedad VA 110.

Se puede cosechar en cualquier momento después de la madurez fisiológica.

Durante el período de secado (20 a 25 días después de madurez fisiológica), la semilla pierde alrededor de 10% de su peso seco debido a la respiración, alcanzando alrededor de 15% de humedad (el contenido de humedad preferido para cosechar el grano) aproximadamente 120 días desde la siembra.



10. Manejo agronómico del cultivo

Manejo agronómico del cultivo

10.1. MANEJO DE SUELOS

La labranza puede ser definida como la manipulación química, física o biológica del suelo para optimizar la germinación, la emergencia de las plántulas y el establecimiento del cultivo. Hoy día, esta definición incluye todas las operaciones involucradas en la producción de un cultivo, tales como el corte o triturado de los residuos, la siembra, la aplicación de pesticidas y fertilizantes y la cosecha, aun cuando el suelo no sea labrado, lo cual tendrá una marcada influencia en la condición del mismo. (Siemens y Dickey, citados por Violic 2002).

Los efectos adversos del suelo compactado sobre el crecimiento de las plantas han sido reconocidos desde hace ya varios siglos. La compactación también limita el crecimiento de las plantas y los rendimientos afectando la infiltración de agua, la aireación, las enfermedades de las plantas y el rendimiento. Las zonas compactadas drásticamente afectan la tasa de infiltración de agua, y en consecuencia, el almacenamiento de agua en el suelo para su uso subsiguiente por las plantas (Unger y Kaspar, 1984). La compactación aumenta el riesgo de erosión porque el suelo pierde la estructura adecuada para su resistencia. Cuando hay más escorrentía, el riesgo de inundación aumenta ya que las capas compactadas limitan la infiltración de agua al subsuelo, reduciendo además la capacidad de retención de agua del suelo y consecuentemente generando insuficiencia temporal de agua para los cultivos (FAO, 1982).

10.1.1 Tipos de Labranza

10.1.1.1 Labranza Convencional

Es el sistema utilizado en las zonas planas de agricultura comercial, consistente en una preparación con un pase de arado de disco de 26" a una profundidad de 25 cm., seguido de dos pases de rastra pesada y de dos a tres pases de rastrillo pulidor, hasta dejar un perfil de desterronamiento del suelo apto para la siembra. (Molina,2002)

Cuando se ha cultivado arroz de riego, se debe aprovechar la humedad residual que mantiene el suelo inmediatamente después de la cosecha, para incorporar el tamo al subsuelo mediante el arado de disco. Al inicio de lluvias del siguiente semestre agrícola, se recomienda realizar la labranza secundaria con rastra pesada y próxima a la siembra usar el rastrillo pulidor; de esta manera se garantiza un tratamiento conservacionista del suelo.

Existen otras modalidades de labranza convencional utilizando el sistema de rastro arada en el cual se prepara descartando el arado de disco y usando de 2 ó 3 pases de rastras pesada y de 2 ó 3 pases de rastrillo pulidor. Este excesivo uso de la maquinaria a una misma profundidad en suelos franco arenosos como en los que se encuentran

algunas zonas productoras de sorgo, ha generado problemas de compactación, pulverización, encostramiento superficial e inestabilidad de los agregados al agua, los cuales son transportados en suspensión cuando se produce escorrentía superficial.

Para aminorar el impacto de esta degradación física del suelo debido a la mecanización se recomienda:

- ⊙ Reducir las labores de mecanización, haciéndolas más oportunas y eficientes.
- ⊙ Descartar el uso de maquinaria cuando el suelo se encuentre seco o con contenidos de humedad iguales o superiores a la capacidad de campo.
- ⊙ Incorporar los residuos de cosecha para que actúen como mejoradores de las propiedades físicas del suelo.
- ⊙ Alternar por los menos cada dos años el sistema de labranza convencional con los de labranza profunda usando arado de cincel; esto con el objetivo de reducir la compactación, mejorar la aireación y la retención de humedad en el subsuelo.

10.1.1.2. Labranza Profunda (Vertical)

Es aplicable a suelos con limitaciones físicas en profundidad (compactados o con capas duras e impermeables cerca de la

superficie), generalmente se utiliza el arado de cincel cuya profundidad de acción debe definirse previamente evaluando en una calicata las características físicas del perfil.

En el departamento del Tolima, una de las modalidades probadas con éxito en cultivos de algodón, ajonjolí y sorgo sembrados en suelos con textura franco-arenosa, es la labranza profunda reducida; la cual combina el uso del arado de cincel con la quema química de malezas emergidas días antes de la siembra del cultivo.

Esta modalidad conlleva los siguientes pasos:

- ⊙ Corte de los residuos de la cosecha anterior mediante el uso de guadañadora o desbrozadora de residuos.
- ⊙ Rayado profundo usando arado cincel. El contenido de humedad del suelo debe ser inferior a la capacidad de campo. La distancia entre cinceles debe corresponder a las distancias de siembra de cultivo próximo a sembrar.
- ⊙ Esperar el inicio de lluvias o aplicar un riego pesado con el objeto de eliminar las grietas gruesas dejadas por el cincel, disgregar terrones gruesos, y promover al mismo tiempo

la emergencia de malezas.

- ⊙ Quema química de malezas cuando tenga 12 cm. de altura.
- ⊙ Riego de pre-siembra en caso de no llover.
- ⊙ Siembra del cultivo sobre las líneas dejadas por el arado de cincel. Para que esta coincidencia ocurra es necesario utilizar pautas en el arado cincel y calibrar debidamente las distancias de siembra.
- ⊙ Los tipos de cincel usados para la labranza profunda son el cincel fijo o rígido y el cincel vibratorio o flexible. La diferencia entre estos dos implementos radica en que usando arado de cincel rígido la capacidad de penetración en el perfil del suelo y la potencia requerida son mayores.

Paralelamente a los resultados agronómicos (Tabla No. 13), se ha evaluado el efecto en las propiedades físicas del suelo después de utilizar labranza profunda. Castro (1996), reporta que usando labranza profunda existe reducción en el grado de compactación del suelo puesto que se incrementa la porosidad total y consecuentemente la densidad aparente disminuye.

Tabla No. 13 Efecto de la labranza profunda sobre la producción de cultivos en suelos franco arenosos con limitantes de profundidad.

Sistema de labranza	Algodón	Ajonjolí	Sorgo	Soya
	Espinal	Espinal	Espinal	Espinal
Convencional	2179	758	3120	1948
Profunda (Cinzel + quemado químico)	2760	1015	4064	2055
Diferencia (Kg/ha)	581**	257**	944**	107 NS
DMS 0.01	412	126	369	386

**Diferencia altamente significativa; NS: Diferencia no significativa

El mejoramiento promovido a través de estas características influyó a nivel superficial, dando origen a suelos menos compactados y con mayor difusividad de aire. En la práctica este fenómeno repercutió en la germinación, la cual fue más rápida, vigorosa y uniforme en los tratamientos de labranza con cinzel.

En cuanto al parámetro de infiltración (Tabla No. 14), los mayores cambios se produjeron cuando se preparó con cinzel un mismo lote durante tres semestres consecutivos. En este caso el suelo pudo pasar de una infiltración original moderada a una rápida, lo cual pudo influir negativamente al producirse un mayor consumo y pérdida de agua por percolación. En contraste lotes que recibieron por primera vez el arado de cinzel experimentaron inmediatamente

después de esta labor un moderado incremento en la infiltración. Esta característica benefició el desarrollo del cultivo por el paso de un mayor volumen de agua a través del perfil del suelo. Sin embargo, debido a un fenómeno físico de empaquetamiento o reacomodamiento de partículas o agregados, este efecto comenzó a disminuir al término del semestre agrícola, cuando el suelo volvió a presentar infiltraciones similares a las originales. Al repetir en el semestre siguiente la labor del cinzel, comienza la tendencia definitiva del incremento en la infiltración. (Castro 1996)

No es recomendable para las clases de suelos anotados, el uso continuo del cinzel (semestre a semestre), ya que su efecto no es muy duradero. Por tanto se sugiere evaluar por lo menos anualmente el estado físico

Tabla No. 14. Cambios en la tasa de infiltración por uso continuado del cincel en un suelo arenoso compactado del abanico del Espinal.

Epocas de evaluación	Labranza convencional		Labranza con cincel	
	mm/h	Calificación	mm/h	Calificación
Suelo original	32.3	Moderada	32.3	Moderada
Después de labranza	29.5	Moderada	44.0	Moderada
Final 1° Sem.agrícola	25.3	Moderada	26.9	Moderada
Final 2° Sem.agrícola	26.0	Moderada	39.0	Moderada
Final 3° Sem.agrícola	34.1	Moderada	70.5	Moderada

del suelo, para decidir cuando se justifica técnicamente repetir o no el uso del cincel. El aspecto más relevante de los cambios físicos inducidos al suelo por labranza profunda, se reflejó en un mayor almacenamiento de humedad en el subsuelo.

10.1.1.3. SIEMBRA DIRECTA

Es un tipo de labranza de conservación que tiene éxito en suelos sin problemas en las propiedades físicas. Es recomendada en suelos con buena estructura, profundos, friables en húmedo, bien drenados y con alto contenido de materia orgánica. La labranza cero podría dar malos resultados en suelos pesados con mal drenaje o en suelos compactados con bajos contenidos de materia orgánica.

El sistema consiste en quemar químicamente la maleza y los restos del cultivo

anterior. Usando una sembradora especialmente diseñada para labranza cero la semilla es depositada en el surco. El único laboreo del suelo se hace con los discos cortadores de la sembradora que abren una ranura delgada para la semilla. El rastrojo resultante se deja en la superficie para que actúe como mulch.

El desconocimiento de las características físicas del suelo, hacen tomar decisiones sobre labranzas del suelo que en la mayoría de las veces pueden tener efectos negativos hacia los cultivos y hacia el suelo. El diagnóstico previo a la labranza permitirá escoger los sistemas e implementos para realizarla óptimamente. La labranza en muchos de los suelos dedicados al cultivo del sorgo y maíz debe ser del tipo constructivo o regenerativo de propiedades físicas perdidas o en proceso de degradación.



10. 2. Fertilización.

La aplicación de fertilizantes es una práctica usada por la mayoría de los productores agrícolas a nivel mundial. A pesar de ello, se observan bajas eficiencias por inadecuados manejos, por el desconocimiento de los suelos y/o fertilizantes. El sorgo es un cultivo que responde muy bien a la fertilización, siempre y cuando se tengan en cuenta las disponibilidades de los nutrimentos en el suelo, los requerimientos de los nutrimentos por la planta, la naturaleza o tipo del fertilizante, la interacción del fertilizante con el suelo, la época de aplicación y el método o sistema de aplicación; todo esto dentro de un marco económico que este relacionado con la oferta ambiental y el potencial genético del genotipo utilizado.

El diagnóstico de suelos y tejidos siguen siendo las mejores herramientas para implementar planes de fertilización en nuestro medio ya que los sistemas de agricultura de precisión, mejor definida como agricultura por sitio específico aún no se implementan en nuestro medio. Espinosa (2002) manifiesta que estos métodos utilizan los sistemas de posicionamiento global, los sistemas de información geográficos y los modelos de simulación para elevar los rendimientos y la eficiencia de los insumos utilizados al determinar en forma exacta la variabilidad espacial de las condiciones del suelo y de los requerimientos del cultivo.

Para mejorar la eficiencia en el muestreo del suelo, este debe ser efectuado técnicamente, delimitando áreas de muestreo, tomando un número suficiente de submuestras que garanticen por lo menos un nivel de exactitud del 15% y una precisión del 80%. En nuestro medio esto se podría lograr tomando 25 submuestras en predios entre 10 y 40 Has. En suelos donde el fósforo es considerado como limitante

se debe intensificar el muestreo en un 10%. Las condiciones de asepsia y manipulación de la muestra precedente al mezclado de las submuestras deben ser rigurosas para así obtener información confiable a cerca del suelo a sembrar.

10.2.1. Métodos de análisis químico e interpretación de resultados de los análisis de suelo para los principales nutrimentos, en las condiciones colombianas.

10.2.1.1 MATERIA ORGÁNICA: Para estimar su contenido se utiliza el método de Walkley y Black de combustión húmeda, el cual provoca la oxidación de la materia

de carbono inorgánico. Todos los laboratorios utilizaron el método descrito para la determinación. (Molina, 2002)

10.2.1.2. BASES CAMBIABLES: La determinación de las bases de cambio (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ y Al^{+++}) se basa en la extracción con acetato de amonio 1N y pH 7.0. La posterior cuantificación de cada elemento se logra por espectrofotometría de absorción atómica. Este método es general y utilizado por todos los laboratorios. A pesar de ello, actualmente se discute la eficiencia de este método en la extracción de Calcio, pues tiende a sobrevalorar la forma intercambiable de este elemento. La Tabla No.

Tabla No. 15 Interpretación de contenidos de Bases de Cambio y Materia orgánica.

Nivel	MO	K	Ca	Mg	Na	Al
	%	cmol $(^{+})\text{Kd}^{-1}$ ó me/100g				
Bajo	< 1,5	< 0,20	<3.0	<1.5	<0.1	<1
Medio	1,5-3,0	0,20 - 0,40	3.0-6.0	1.5-2.5	0.1-0.5	1.0-2.5
Alto	>3,0	> 0, 40	>6.0	>2.5	>0.5	>2.5

orgánica con el calor de reacción generado al mezclar ácido sulfúrico concentrado y solución diluida de dicromato de potasio. El exceso de oxidante es titulado con $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. Con este procedimiento se recupera 70 a 80% del carbono orgánico total y solo se detecta una pequeña fracción

15 consigna la interpretación para contenidos bajos medios y altos para la materia orgánica y cationes cambiables.

10.2.1.3 FÓSFORO Se emplean en general dos métodos : El método de Bray II para medir el índice de fósforo, basado en la

mezcla de ácido clorhídrico 0.1 y fluoruro de amonio 0.03 N para remover las formas de fósforo fácilmente solubles en medio ácido, gran parte de los fosfatos de calcio y una parte de fosfato de aluminio y hierro. El ión fluoruro tiene la propiedad de formar complejos con el hierro y aluminio liberando el fósforo retenido en el suelo por estos iones trivalentes. Otro método usado por algunos laboratorios es el Método de Olsen, el cual utiliza como extractante el Bicarbonato de sodio (NaHCO_3) 0.5M y pH 8.5.

10.2.1.4 AZUFRE: Para evaluar su contenido, se usa como solución extractora, fosfato de calcio 0.008 N, la cual se basa en la fuerza de atracción del complejo de cambio por el fosfato; así en la solución extractora el fosfato desplaza al sulfato de los sitios de adsorción forzándolo a pasar a la solución. Otro método se realiza determinando el azufre encontrado en forma soluble en el Extracto de Saturación y valorado

turbidimetricamente. En la Tabla No. 16 se presenta la interpretación para contenidos bajos medios y altos para fósforo y azufre.

10.2.1.5. MICROELEMENTOS: Se utilizan los siguientes métodos:

Doble Acido, también conocido como el Método de Carolina del Norte: Los elementos menores Cu, Zn, Mn y Fe, se extraen con soluciones ácidas de HCL 0.05 N y H_2SO_4 0.025 N. Su determinación se realiza por espectrofotometría de absorción atómica.

DTPA: Utilizado para extraer los elementos menores Cu, Zn, Mn y Fe. Solución extractora con base en ácido Diethyllenefriamino pentaacetic, ajustado a pH 7.3. Una vez extraídos los elementos son valorados por espectrofotometría de absorción atómica.

OLSEN MODIFICADO. La solución extractante está basada en NaHCO_3 0.5N + EDTA 0.01N a pH 8.5, + superfloc, también es utilizada para la extracción de Cu, Zn, Mn y Fe. La determinación cuantitativa de cada elemento se realiza por espectrofotometría de absorción atómica. En la Tabla No. 17 se presenta la interpretación para contenidos bajos medios y altos para Cobre, Hierro Zinc y Manganeso para los métodos descritos.

Tabla No. 16. Interpretación de contenido de Fósforo y Azufre, por niveles y por diferentes métodos.

Nivel	BRAY II	OLSEN	Extrac Sat	FMC
	P		S	
	ppm			
Bajo	< 15	< 12	< 15	< 5
Medio	15 - 30	12-35	15 - 20	5-10
Alto	>30	>35	>20	>10

Tabla No. 17. Interpretación para elementos menores catiónicos en suelos, por diferentes métodos de extracción.

Nivel	Cu	Fe	Zn	Mn
	ppm			
Doble Acido				
Bajo	<1.0	<15	<2.0	<10
Medio	1.0-2.0	15-30	2.0-4.0	10-20
Alto	>2.0	>30	>4.0	>20
DTPA				
Bajo	<1.0	<10	<1.5	<5
Medio	1.0-3.0	10-20	1.5-3.0	5-10
Alto	>3.0	>20	>3.0	>10
OLSEN MODIFICADO				
Bajo	<1.0	<20	<1.5	<5
Medio	1.0-2.0	20-40	1.5-3.0	5-10
Alto	>2.0	>40	>3.0	>10

Para determinaciones de Boro se cuenta con soluciones extractantes, en las que se utilizan el agua caliente y el fosfato monocalcico con posterior valoración calorimétrica. En la Tabla No. 18 se presenta la interpretación para contenidos bajos medios y altos para Boro.

Otra técnica de diagnóstico es el análisis de tejidos, en cual la materia seca proveniente de las muestras es mineralizada por la acción de la digestión efectuada con ácidos fuertes

(nitríco y perclórico) o por calcinación para el caso de algunos elementos. El nitrógeno es determinado por la metodología de Kjeldahl y sus variantes (Molina 2002).

Tabla No. 18. Interpretación para Boro en suelos.

Nivel	Agua Caliente	FMC
	ppm	
Bajo	<0.15	<0.30
Medio	0.15-0.40	0.30-0.40
Alto	>0.40	>0.4

En la tabla No. 19 se establecen los niveles de suficiencia de los principales elementos de acuerdo a distintas etapas de desarrollo (Stichler, 2000). La parte de la planta muestreada difiere dependiendo de la etapa de desarrollo, así en la etapa de crecimiento vegetativo se muestrean plántulas completas; para la etapa reproductiva la hoja recientemente llegada a su madurez (cuello visible) y debajo del verticilo (cogollo); para muestreos en etapa

Tabla No. 19. Niveles de suficiencia en tejidos, de acuerdo a las etapas de crecimiento y referido a los principales macro, meso y micro nutrientes.

Etapa de Desarrollo	N	P	K	Mg	S	Fe	Zn	Cu
	%					ppm		
Crecimiento Vegetativo	3.9	0.2-0.5	2.0	0.2-0.6	0.24	75-400	12-150	4-20
Crecimiento Reproductivo	3.0-4.0	0.2-0.4	2.0	0.2-0.5	-	75-200	12-100	2-15
Floración	2.5-4.0	0.2-0.35	1.4	0.2-0.5	-	65-100	12-100	2-7

de floración y posteriores se debe tomar la hoja que se encuentra debajo de la hoja bandera.

De igual forma las relaciones que deben existir dentro de la planta por parte de los nutrientes son importantes para un normal desarrollo y expresión del rendimiento. Algunas relaciones importantes se presentan en la Tabla No. 20 (Espinoza, 2000).

Tabla No. 20. Relaciones deseables en la planta de sorgo a nivel de tejidos.

Relación	Proporción
N/K	0,8-1,6
N/P	8-12
N/S	10-20
K/Mg	8-16
Fe/Mn	2-6

10. 2.2 Requerimientos nutricionales del cultivo del sorgo.

El cultivo del sorgo para lograr rendimientos altos demanda una buena cantidad de algunos nutrientes: N>K>P>Ca,Mg>S. Sin embargo una alta proporción de lo extraído por el cultivo es devuelto al suelo en sus residuos luego de ser cosechado el grano. Esta situación amerita un buen acondicionamiento y uso de estos residuos para el mantenimiento de la fertilidad y sostenibilidad del suelo. La tabla No. 21 muestra las extracciones reportadas por dos autores y la distribución de la misma en el grano y los tamos residuales (Stichler, 2000; Guerrero 1990).

Tabla No. 21.Extracción de nutrientes por partes de la planta, según Stichler y Guerrero.

Rto Ton/Ha	Fuente	Parte Planta	Kg/Ha							gr/Ha		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S	Cu	Mn	Zn	
6,3	Stichler	Grano	94	47	25	13	2	9	10	70	80	
		Tamo	106	22	120	19	21	15	20	120	160	
		Total	200	69	145	32	23	24	30	190	240	
6,0	Guerrero	Grano	141	57	55	16	23	21	-	-	-	
		Tamo	69	23	115	21	27	11	-	-	-	
		Total	210	80	170	37	50	32	-	-	-	
Rto Ton/Ha	Fuente	Parte Planta	%							%		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S	Cu	Mn	Zn	
6,3	Stichler	Grano	47	68	17	41	9	38	33	37	33	
		Tamo	53	32	83	59	91	63	67	63	67	
		Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
6,0	Guerrero	Grano	67	71	32	43	46	-	-	-	-	
		Tamo	33	29	68	57	54	-	-	-	-	
		Total	100	100	100	100	100	0	-	-	-	

Siete a diez después de la emergencia se inicia la absorción de los nutrientes por parte del sistema radicular. Durante las diferentes etapas de desarrollo la planta tiene absorción diferencial, pero la mayor absorción se inicia en la etapa de crecimiento reproductivo hasta llenado de grano. En la tabla No. 22, se consigna las extracciones por etapas de desarrollo, porcentaje del

total absorbido y extracción total de N, P y K para un cultivo de sorgo con rendimiento de 8400 Kg/Ha. (Espinoza 2000)

10.2.3 Recomendación de Fertilizantes para el cultivo del sorgo

La tabla No. 23 muestra las recomendaciones generales para la fertilización del cultivo

Tabla No. 22. Extracción de nutrientes por etapas de desarrollo.

Etapa Desarrollo	DDE(*)	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		Kg/Ha	%Total	Kg/Ha	%Total	Kg/Ha	%Total
Crecimiento Vegetativo	0-20	10	5	2	3	20	7
Crecimiento Reproductivo	21-40	68	33	20	23	115	40
Floración	41-60	67	32	31	35	95	33
Llenado de grano	61-85	30	15	24	26	44	15
Madurez Fisiológica	86-95	31	15	12	14	15	5
Total	Cosecha	207		90		289	

(*) Dias aproximados desde la emergencia.

Tabla No. 23. Recomendaciones Generales para la fertilización de acuerdo a la disponibilidad de los principales nutrientes.

Elemento o Forma Convencional	Disponibilidad Elementos-Dosis		
	Bajo	Medio	Alto
	Kg/Ha. Elemento		
N	150	90 - 120	75
P ₂ O ₅	50 - 60	30 - 50	0 - 30
K ₂ O	60 - 80	30 - 60	0 - 30
S	30	15-30	0-15
CaO	100	50-100	0-50
MgO	30-40	15-30	0-15
B	0.5 - 1.2	0 - 0.5	0
Cu	2-5	0 - 2	0
Fe	10-30	0 - 10	0
Zn	5-10	0 - 5	0
Mn	5-10	0 - 5	0

del sorgo de acuerdo a los resultados de los análisis de suelos y caracterizados de acuerdo a su disponibilidad. Se recomienda utilizar el valor más alto dentro de cada rango cuando se utilice riego suplementario o en regiones en donde la cantidad y distribución de las lluvias tengan un buen comportamiento. (Molina 2002)

10.2.4 Épocas de aplicación y Métodos de aplicación.

10.2.4.1 Fertilizantes nitrogenados.

La alta movilidad de nitrógeno en el suelo ocasiona que el fertilizante nitrogenado esté sujeto a pérdidas que pueden ser considerables. La solubilidad de los fertilizantes nitrogenados es muy alta, lo cual los hace particularmente susceptibles a las pérdidas por lixiviación en el agua de drenaje. Además, las pérdidas de nitrógeno por volatilización pueden ser considerables a partir de urea aplicada al voleo.

Por lo anterior, las normas generales, aunque no invariables, para decidir sobre la época de aplicación de fertilizantes nitrogenados, son las siguientes:

a) No se deben aplicar antes de la siembra, por cuanto durante el periodo en que no hay cultivo el nitrógeno estará

sujeto a pérdidas y serán las malezas las que aprovechan el fertilizante.

b) La dosis total de N debe repartirse en más de una aplicación a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo. Sobre el número de aplicaciones no hay regla general, pueden ser 2 ó 3, dependiendo de los factores del suelo, clima y fertilizante. La forma como evolucione el desarrollo del cultivo es otra importante consideración a tener muy en cuenta.

c) Una parte del nitrógeno puede aplicarse en el momento de la siembra, pero en suelos muy permeables, livianos y con baja capacidad de retención de agua, sería preferible que la primera aplicación del fertilizante nitrogenado se haga después de la germinación y del control de malezas.

10.2.4.2. Fertilizantes fosfatados.

Tradicionalmente se ha considerado que el fósforo, debido a que es inmóvil, puede y debe aplicarse la totalidad de la dosis en el momento de la siembra o, en algunos casos, antes de la siembra, épocas en las cuales es factible enterrar el fertilizante y localizarlo allí en el lugar donde estarán posteriormente las raíces del cultivo.

De otra parte, se ha establecido que es fundamental que exista una buena disponibilidad del elemento en los primeros estados de desarrollo del cultivo con el fin de promover un buen desarrollo del sistema radicular.

La aplicación de fósforo en la post-siembra, después de la germinación ha sido tradicionalmente cuestionada, por la dificultad que tendría el fósforo para entrar en contacto con la raíz, si la aplicación es superficial.

Las fuentes fosfatadas de baja solubilidad no deben aplicarse ya que requieren demasiado tiempo para reaccionar con el suelo y liberar fósforo disponible para ser asimilado por las plantas.

La mejor forma de aplicar P al suelo, para suplir las necesidades del nutriente en las fases iniciales de un cultivo, es usando el fertilizante fosfatado (fuente de alta solubilidad) al momento de la siembra, colocándolo al lado de las semillas (aplicaciones de arranque); aunque este efecto es variable en suelos con alto contenido de P, donde la aplicación en banda profunda de P con el N producen excelentes resultados.

10.24.3 Fertilizantes potásicos

En el caso del potasio, el criterio que generalmente se acepta es que una sola aplicación al momento de la siembra es suficiente, pero se ha encontrado que en suelos livianos bien drenados y con baja capacidad de intercambio catiónico es conveniente fraccionar la dosis total de fertilizante. De otra parte, los fertilizantes potásicos o los portadores de potasio en los fertilizantes compuestos, son altamente solubles y el elemento es móvil en el suelo, lo cual supone que pueda ser aplicado eficazmente después de la siembra, cuando el cultivo ya ha germinado o está en estados iniciales de desarrollo.

Los criterios expuestos sobre el momento de la aplicación del fósforo y potasio tienen plena vigencia en lo relativo a la época de aplicación de fertilizantes compuestos NPK, especialmente en el caso de los abonos en donde el fósforo tiene características de alta solubilidad.

10.2.4.4 Elementos secundarios y menores

En suelos no ácidos las correcciones de deficiencias de Calcio y Magnesio pueden ser realizadas con fuentes de alta solubilidad

aprovechando las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados (Nitratos de Calcio o Nitratos de Magnesio). Otra fuente soluble de Magnesio puede ser el sulfato de magnesio. Aplicados en los primeros estados de desarrollo.

La deficiencia de los elementos menores pueden ser corregidas tanto con fuentes edáficas como con aplicaciones foliares (generalmente 2 ó 3 aplicaciones).

10.2.5 Función de los elementos nutricionales en la nutrición y síntomas de la deficiencia en plantas de sorgo.

Para que los nutrientes sean utilizados por la planta, deben ser liberados de la fase sólida del suelo hacia la solución (fase líquida) del suelo y llegar a la superficie de la raíz. La forma disponible es aquella que está en condiciones de ser absorbida por la planta. En dicho proceso influyen muchos facto-

res: estado desarrollo del sistema radicular, tiempo de crecimiento, frecuentemente las condiciones climáticas y disponibilidad de otros elementos. Las principales formas disponibles de los nutrimentos esenciales se describen a continuación:

10.2.5.1 NITROGENO: El nitrógeno es relativamente inerte, pero puede reaccionar con otros compuestos convirtiéndose en productos asimilables para la planta. Estas formas pueden ser obtenidas por absorción del suelo a manera de nitratos y amonio o por reducción del nitrógeno atmosférico estableciendo asociaciones simbióticas con bacterias. Una vez absorbido por la planta es reducido a amonio y seguidamente incorporado a esqueletos carbonados para la síntesis de aminoácidos. Los síntomas de deficiencia se presentan generalmente como una clorosis en las hojas inferiores de la planta, continuando con un amarillamiento de la punta de la hoja hacia el tallo



en forma de "V"; y un secamiento iniciando en la punta de las hojas más viejas y avanzando a lo largo de nervadura principal; también se observan tallos delgados.

10.2.5.2 FÓSFORO: Se encuentra en los nucleoproteidos adenosin fosfato (ADP), o adenosin tri-fosfato (ATP), siendo muy importante en diversas actividades de la planta, pues participa en la mitosis y en el metabolismo. Su deficiencia se caracteriza por presentar la planta un color verde oscuro de las hojas más viejas con tonos rojos o morados en las puntas y bordes, el tallo también puede tomar las coloraciones rojizas.



10.2.5.3 POTASIO Es absorbido como ión Potasio cuya función principal es regular la presión osmótica dentro de las células, fomentar la fotosíntesis y en la formación de azúcares. La deficiencia se caracteriza por presentar inicialmente una clorosis en las puntas y bordes de las hojas más viejas seguida por secamiento y necrosamiento

de los bordes; tallos con entrenudos más cortos, las hojas nuevas pueden mostrar clorosis intervenales similar a la deficiencia de hierro.



10.2.5.4 CALCIO: Este elemento se considera poco móvil, cumple con varias funciones pues se requiere en la pared celular para mantener las membranas en las sub-estructura nucleares y como base equivalente para los aniones orgánicos e inorgánicos de las células. Las plantas de sorgo con deficiencia de este elemento presentan las puntas de las hojas jóvenes pegajosas y cuando se secan, se pegan unas con otras; a medida que la planta crece las puntas de las hojas pueden quedar entrelazadas.



10.2.5.5 MAGNESIO: El magnesio es constituyente de la clorofila y activador de reacciones que llevan a la fosforilación, siendo uno de los cationes intercambiables



más abundantes en la solución del suelo. En sorgo su deficiencia se manifiesta porque las hojas más viejas presentan colores amarillentos intervenales dando un aspecto de rayado dado que las nervaduras permanecen verdes; este síntoma posteriormente avanza hacia las hojas más jóvenes.

10.2.5.6. AZUFRE El azufre se encuentra en el suelo en forma asimilable, como sulfato, luego de ser absorbido por la planta es incorporado al tejido vegetal; forma parte de aminoácidos esenciales, vitaminas y es activador de algunas enzimas.

Cuando es deficiente, las hojas nuevas y recién formadas presentan una coloración amarillo o verde pálido. Contrario a la deficiencia de nitrógeno, los síntomas ocurren en las hojas nuevas, indicando que los tejidos más viejos no contribuyen en el

suministro de azufre a los tejidos nuevos, los cuales dependen del nutriente que es absorbido por las raíces.



10.2.5.7 HIERRO Las funciones del hierro en las plantas son múltiples e importantes. Intervienen en las reacciones de oxidación-reducción, gracias a su cambio de valencia; se encuentra en algunas enzimas importantes para la fotosíntesis (reacciones oxidoreductoras), en la fijación de nitrógeno



y reducción de nitratos. Además participa de forma especial en la respiración y en el metabolismo de proteínas. Su deficiencia se caracteriza por clorosis en toda la extensión de la lámina foliar, permaneciendo verdes apenas las nervuras. En suelos con excesos de carbonatos se presenta albinismo y muerte de las plántulas.

10.2.5.8 ZINC. En la planta este elemento tiene un cierto número de funciones como cofactor de enzimas (anhidrasa carbónica); en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas y en el metabolismo de las auxinas.

Su deficiencia se asocia con machas blancas o amarillentas entre la nervura central y los bordes de las hojas, que posteriormente pueden ser necrosadas o tomar colores rojizos; las hojas nuevas que se forman en el verticilo o cogollo presentan unas zonas de color amarillo pálido. Se observan entrenudos cortos.



10.2.5.9 COBRE. A nivel vegetal el 70% del cobre se encuentra en los cloroplastos interviniendo en la fotosíntesis. Además es constituyente de numerosas enzimas, citocromo, y plastocianina entre otras.



También participa en el metabolismo de paredes celulares en la fijación del nitrógeno y en la degradación de proteínas. Los síntomas de deficiencia en sorgo se manifiestan por amarillamiento de las hojas, que cuando comienzan a desenrollarse las puntas se curvan (cogollo curvado) y se observan necrosamientos; las hojas son amarillentas y muestran rayados semejantes a la deficiencia de hierro; los márgenes de las hojas se necrosan. El tallo es anormalmente blando y se dobla.



10.2.5.10 MANGANESO. Su importancia radica en la activación de diversas enzimas, actúa en la síntesis de clorofila y proteínas, e interviene en la fotosíntesis y reducción de nitratos. Su carencia se manifiesta por una clorosis intervenal en las hojas más jóvenes; en casos severos aparecen áreas sin tejido

o tejidos blancos. El área clorótica puede morir y desprenderse.

10.2.5.11 BORO. En las plantas es importante en el crecimiento meristemático, la migración de los glúcidos y los productos asimilados. También participa en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas. Su deficiencia en sorgo se manifiesta mostrando manchas alargadas acuosas o transparentes que después quedan blancas o secas en las hojas nuevas, el punto de crecimiento muere; hay baja polinización y cuando las espigas se alcanzan a desarrollar muestran líneas anchas cerca de la base de los granos.





10.3. Aspectos relacionados con la siembra.

10.3.1 POBLACIÓN DE PLANTAS

Este tema ha sido debatido en todos los países que siembran sorgo en virtud a los diversos usos del cereal, las condiciones ambientales, la disponibilidad o no de riego, fertilidad del suelo y la variedad o híbrido sembrada. Además se debe tener en cuenta la calidad de la semilla, tamaño, peso de la misma y el sistema de siembra. Es por ello que la siembra del sorgo utiliza tasas de siembra entre 6 a 25 Kg/Ha.

En general se deben sembrar las menores densidades con genotipos de ciclos largos, de porte alto, en zonas de baja disponibilidad hídrica, sistemas convencionales de siembra y amplias distancias entre surcos. Las mayores densidades se pueden utilizar en caso de genotipos con ciclos cortos a intermedios, de porte bajo, en siembras directas y siembras convencionales con distancias entre surcos menores de 50 cm. para lograr una rápida cobertura y menor competencia de malezas.

En los países de la zona templada con genotipos adaptados a esas latitudes, en siembras convencionales usan entre 7 y 9 Kg de semilla por hectárea con poblaciones a cosecha entre 85.000 a 170.000 plantas. En nuestro medio las tasas de siembra varían entre 12 y 25 Kg/Ha, con poblaciones finales entre 180.000 y 300.000 plantas.



La falta de sembradoras de precisión son causantes en buena parte de las altas tasas de siembra en Colombia y los agricultores que disponen de estos equipos utilizan 12 a 14 Kg. /Ha. Por ser alto el costo de la semilla de híbridos en las zonas productoras (4 – 4,5 US\$/Kg. de semilla), es necesario mejorar el sistemas de siembra de precisión para mejorar la competitividad del cultivo.

El incremento de población de plantas en sorgo induce los siguientes cambios fenotípicos a la población:

- ⊙ Aumenta la altura de la planta
- ⊙ Aumenta la excreción de la panícula.
- ⊙ Disminuye el tamaño de la panícula.
- ⊙ Disminuye el número de granos por panícula.
- ⊙ Disminuye el peso de los granos por panícula.

Sin embargo, existe una compensación considerable entre los componentes del rendimiento en sorgo, lo que resulta en el mantenimiento del rendimiento dentro de ciertos límites.

10.3.2 Genotipos.

A lo largo del desarrollo del cultivo del sorgo en Colombia se han registrado cerca de 100

genotipos de sorgo. Hasta finales de los años setenta predominaron las variedades como material de siembra. Torregrosa (1979) señala que para los semestres 1978 A a 1979 A, con ICA Nataima se sembró el 51% del área y el resto se sembró con 10 híbridos. Hoy, la situación es diferente y los productores siembran materiales híbridos en el 80%-85% del área. Las empresas pioneras en la producción de variedades e importación/producción de híbridos de sorgo fueron Semivalle (Pioneer), Proacol, (Dekalb), Colsemillas (Northrug King) y Purina (Asgrow), posteriormente ingresaron compañías Cresemillas, Cyba Geigy (hoy Syngenta), Agritsa, Semillas El Aceituno, Procesar, Semillas Andree, Semillas de Occidente, Semillas del Huila, Semillas del Tolima, semillas El Zorro y semillas del Zulia.



La oferta de genotipos actualmente no es muy amplia pero suficiente y a continuación se describen las características de algunos de ellos:

ICI-730: Genotipo de porte bajo, de floración temprana (50-54 días), tamaño medio las panojas (10-20 cm.), alta excerción, panoja semiabierta grano color bronce.

ICI-744: Genotipo de porte medio, de floración temprana (52-56 días), tamaño medio las panojas (10-20 cm.), alta excerción, panoja semiabierta grano color bronce.

Funk's Gold: Genotipo de porte bajo, de floración temprana (50-54 días), tamaño medio las panojas (10-20 cm.), baja excerción, panoja abierta grano color bronce.

Bronco: Genotipo de porte bajo, de floración temprana (50-54 días), tamaño medio las panojas (10-20 cm.), de excerción media, panoja abierta grano color bronce.

Makanudo: Porte alto, de floración tardía (60-65 días), tamaño grande de panojas (25-30 cm.), de excerción alta, panoja semiabierta, grano color bronce oscuro.

Alkón: Genotipo de porte alto, de floración tardía (63-66 días), tamaño grande de panojas (25-30 cm.), alta excerción, panoja abierta grano color bronce.

Pioneer 82G55 Genotipo de porte medio, de floración tardía (58-63 días), tamaño

grande las panojas (20-28 cm.), alta excerción, panoja semiabierta grano rojo opaco.

Colosal: Porte bajo, floración tardía (58-62 días), tamaño grande de la panoja (28-32 cm.), excerción media, panoja semiabierta y grano color bronce.

ICA Nataíma: Porte medio, floración media (53-55 días), tamaño pequeño de la panoja de tipo semiabierta, excerción media y color del grano café claro.

Icaíma: Porte medio, floración tardía (54-57 días), panoja grande (26-29 cm.) y, semiabierta, excerción media y color del grano rojo intenso.

10.3.3 Tamaño de la semilla.

Las variedades e híbridos ofrecidos a los productores varían de tamaño y por ende de peso. Es así, como existen genotipos con semillas grandes que pueden tener 20.000 semillas/kg., mientras que las de semillas pequeñas pueden tener hasta 45.000 semillas/kg. Este valor debe ser conocido por el técnico o agricultor para poder realizar una adecuada calibración de las sembradoras. La Tabla No. 24 muestra los valores obtenidos por Fenalce de muestras comerciales en el semestre 2005

B de los principales híbridos y variedades sembrados, así como de algunos híbridos en desarrollo.

Las sembradoras para arroz permiten hacer siembras en múltiplos de 17 cm. (34 y 51 cm.). Las distancias más usadas son aquellas en las cuales las separaciones de los surcos

Tabla No. 24. Índice de 1000 semillas y semillas por kilogramo de los principales genotipos de sorgo sembrados en Colombia.

Genotipo	Peso 1000 semillas (gramos)	No semillas Kg.
Funk's Gold	29,9	33.445
Bronko	29,9	33.445
ICI 730	37,7	26.525
ICI 744	34,5	28.986
Icaima	21,8	45.872
Ica Nataima	24,0	41.667
Colosal	28,3	35.336
Pioneer 83G88	31,7	31.546
Pioneer 82G55	33,4	29.940
Makanudo	36,7	27.248
Alkon	33,1	30.211
SRX 805	26,7	37.453
SRX 808	35,8	27.933
SRX 809	39,1	25.575
SRX 812	38,1	26.247
HPR 8	27,1	36.900
HPR 015	32,1	31.153
HPR 995	31,9	31.348

10.3.4 Distancia entre surcos.

La escogencia de las distancias de siembra depende en muchas ocasiones del tipo de sembradora a utilizar, facilidad para ejecución de labores posteriores tales como, el control de malezas mecánico, la fertilización y el riego.

son de 45, 50 y 60 cm. Unos pocos agricultores siembran a 70 cm. entre surcos, con el objeto de hacer surcos en caballones, para facilitar el riego sor surcos. Investigaciones realizadas indican que surcos separados entre 45 y 60 cm., no presentan diferencias en rendimiento, cuando los otros factores permanecieron constantes.

La distancia entre surcos seleccionada, es importante para establecer la distribución de la semilla (semillas/metro) y por lo tanto, la calibración de la sembradora.

10.3.5 Cálculos para calibrar sembradoras.

Lo comentado anteriormente se puede resumir en dos ecuaciones que facilitan las calibraciones para una buena siembra, al obtener el número de semillas por metro de surco y la cantidad de semilla a utilizar por hectárea. (Molina 2003).

$\text{No. Semillas/metro} = (\text{Población deseada}) \times (\text{distancia entre surcos} / 10.000) \times 1.5$

Donde:

Población deseada: Entre 200.000 y 350.000

Distancia entre surcos: En metros (m).

1.5: Factor teórico de pérdida de plantas entre siembra y cosecha.
Kg. /Ha del genotipo = $((\text{No. Semillas/metro} \times (10.000/\text{distancia entre surcos})) / (\text{Índice de semilla del material a sembrar}))$

Donde:

Índice de semilla: No. de semillas/ Kg.

Distancia entre surcos: En metros (m).

Supongamos que deseamos sembrar un genotipo que posee un índice de semilla de 26.500 semillas/Kg., con separación de surcos a 50 cm. y tener como población final 320.000 plantas/Ha. El desarrollo de los cálculos planteados en las ecuaciones anteriores nos permite obtener la siguiente información:

$\text{No. Semillas/metro} = (320.000) \times (0.5 / 10.000) \times 1.5 = 24$ semillas metro de surco
Kg/Ha del genotipo = $(24 \times (10.000/0.5)) / (26.500) = 18.11$ Kg/Ha de semilla.



El factor teórico de pérdida de plantas entre siembra y cosecha es en nuestro medio muy alto, pero puede ser reducido si se obtiene una semilla de alta germinación, una sembradora bien calibrada, que realice una buena distribución de las semillas y una uniforme profundidad en la siembra. Si se controlan estos aspectos, el factor puede llegar a ser de 1.2-1.3. Existen tratamientos a la semilla que permite la protección de las semillas contra insectos en los primeros días de desarrollo y los actualmente más utilizados son tratamientos con Semevín, Gauchoy Regent. Esos tratamientos pueden colaborar en predios con alta infestación de insectos del suelo a racionalizar la cantidad de semilla usada para la siembra.

Las poblaciones en sorgo pueden dividirse en estratos (Herrera, 1987) de acuerdo a diversos factores y entre ellos la siembra. Es así como se pueden presentar estratos: dominante, medio y dominado. Las plantas que inician su crecimiento y desarrollo normalmente van a ocupar el estrato superior o dominante y al tener una tasa de asimilación neta mayor que la de las plantas atrasadas van a influir negativamente sobre los otros estratos: el mediano y el completamente dominado. Estos, captan menos luz que el estrato dominante. En días despejados el estrato medio va a captar un 40%-50% de la radiación solar

y el dominado un 20%. En días nublados estos porcentajes se reducen aún más. Generalmente, el estrato dominado no forma panoja porque las sustancias acumuladas en el día a través del proceso de la fotosíntesis, son consumidas en la noche por la respiración. El estrato medio logra formar pequeñas cantidades de grano y el estrato dominante aumenta su producción sin que esto compense el efecto negativo ejercido sobre los otros dos estratos.

De ahí la importancia de no sobrepasar las poblaciones óptimas y recomendadas para cada genotipo y realizar una excelente siembra.

10.3.6 CALIBRACIONES DE LAS SEMBRADORAS.

10.3.6.1 Longitud de los marcadores o pautas.

Se utiliza para establecer una guía en el terreno para que el operador realice la siembra adecuadamente. Generalmente se acostumbra que sea el centro del tractor el que pase por la guía, pero existen formas de calibrar para que pase sobre la guía una rueda delantera. Las pautas harán que los surcos queden rectos y exista uniformidad en la separación.

Para realizar una calibración de pautas o marcadores, y que el tractor pase por el centro de la guía, en primer lugar es necesario que el centro de la sembradora coincida con el centro del tractor. En el siguiente cálculo se establece la distancia del marcador o pauta al último surco sembrado:

1.3.6.2 Semillas por metro surco.

Existen métodos de calibración por peso de semillas y por el número de semillas en una longitud de surco predeterminada (Ej.: semillas/m). Para el manejo de poblaciones este segundo método es el recomendado.



Longitud del Marcador = $((\text{No. surcos} * \text{Distancia entre surcos})/2) + (\text{Distancia entre surcos}/2)$.

Ejemplo:

No. de surcos: 6; Distancia entre surcos 0.50 m.

Longitud del marcador = $((6 * 0,5)/2) + (0,5/2) = 1,75$ m.

Todas las sembradoras tienen un sistema motorizado impulsado por ruedas metálicas o neumáticas, que mediante diversos mecanismos (cadenas, ejes, cardanes) transmiten ese movimiento a unidades de dosificación (Platos perforados, copas, piñones) que regulan la descarga de la semilla en función de la velocidad de avance del tractor.

El objetivo de la calibración es dejar una cantidad de semillas por metro de surco

y esto estará en función de la velocidad de avance, el número de semillas/Kg. del genotipo, la población de semillas deseada, la separación entre los surcos y del sistema mecánico de ajustes del equipo.

Inicialmente hay que establecer la longitud externa de la rueda motriz, teniendo en cuenta que las ruedas neumáticas deben estar con la presión de especificación. Un múltiplo de la longitud de la rueda (20 es recomendable), nos dará un buen indicio de la descarga una vez los mecanismos de la sembradora entren en régimen de trabajo.

Si ya hemos definido cantidad de semillas a establecer (ver cálculos de calibración), lo que nos queda es evaluar en un recorrido equivalente a longitud de 20 veces la

longitud de la rueda, la cantidad de semillas que descarga la sembradora y realizar los ajustes mecánicos (piñones o cambio de platos dosificadores) hasta lograr la cantidad de semillas/metro deseada. Cada unidad de siembra debe ser calibrada y esta labor se hace en forma estacionaria (Tractor parado), pero es necesario establecer en el campo si hay diferencias con la calibración previa. Factores como el patinamiento del tractor y la velocidad de la operación pueden hacer variar la calibración preestablecida. La velocidad de operación debe estar entre 6 y 10 Kg. /hora. Este factor velocidad es de mucha importancia ya que generalmente se utilizan velocidades mayores causando siembras irregulares en cuanto a la tasa de siembra y a la uniformidad de la misma. Los manuales técnicos de las sembradoras



siempre serán de gran ayuda para agricultores, técnicos y operadores de los equipos.

10.3.6.3 Profundidad de la semilla.

El establecimiento de una buena población depende en gran medida de la uniformidad en la germinación. Una uniforme profundidad de la siembra es responsable de esto, por lo tanto requiere la debida atención del personal involucrado en la siembra. La profundidad ideal para germinación de la semilla del sorgo es de 2 a 3 cm. Profundidades mayores pueden causar dificultades para la emergencia y con menores profundidades se corre el riesgo que parte de de las semillas queden destapas por imperfecciones topográficas.

Son diversos los sistemas de los equipos para efectuar esta calibración y existen los de mandos hidráulicos desde la cabina del tractor y mecánicos manuales en las sembradoras modernas. En las sembradoras antiguas esto se logra colocando una tabla

del grueso de la profundidad de siembra deseada sobre el piso y posteriormente hacer descender sobre ellas las ruedas motrices; luego se hace descender con el hidráulico del tractor las cuchillas o discos de entrega de la semilla hasta que casi toquen el suelo. Una vez alcanzado este objetivo se fija el hidráulico del tractor en esta posición y se asegura con los mandos del mismo.

10.4.6.4 Presión de tapado.

Generalmente es el último ajuste a realizar y consiste en desalojar por medio de ruedas diseñadas para este efecto en las sembradoras, las cámaras de aire en el surco, con el objetivo que las semillas queden en un buen contacto con el suelo. En los equipos modernos se permiten realizar diversos ajustes en virtud del estado del suelo en el momento de la siembra (terronosos o muy sueltos), permitiendo que las ruedas hagan mayor o menor presión sobre el suelo.

Son preferibles las ruedas que hacen la presión en forma de "V" a aquellas que realizan la presión en forma vertical.



10.4. Manejo de malezas.

Manejo de malezas

Si partimos de la definición más aceptada del término maleza: “planta poco familiar, indeseable o fuera de sitio”, es fácil entender, que estas especies van a estar siempre presentes en los lotes agrícolas, ejerciendo competencia con el cultivo establecido, generando problemas de índole fitosanitario, por la presencia continua de plagas; dificultan la realización de las labores agronómicas, ocasionan mala calidad en la cosecha y lo más importante, causan pérdidas significativas en los rendimientos finales

Generalmente las siembras de sorgo, como cultivo de rotación, se realizan en lotes que vienen siendo explotados regularmente con cultivos semestrales bien sea arroz o algodón, donde la presión de malezas es significativa y por lo tanto algunas especies nocivas se han logrado establecer como consecuencia del uso indiscriminado de herbicidas, la reiteración en los métodos de control y la facilidad de reproducción de estas, bien sea por semillas o partes vegetativas, lo que conlleva a la infestación en los lotes, con especies muy resistentes, que ejercen gran competencia y ocasionan pérdidas económicas relevantes a los productores

La situación anterior adquiere connotaciones más importantes cuando las malezas presentes corresponden a aquellas que presentan características agronómicas muy similares al sorgo como son el Pasto Johnson (*Sorghum halepense*) y Caminadora (*Rottboellia exaltata*)

La disminución de los rendimientos ocasionada por las malezas en el cultivo del sorgo se debe a que compiten con él por la luz, agua, nutrientes y espacio

Ensayos de investigación aplicada realizados por FENALCE en las Regionales del Tolima y del Huila han permitido demostrar a los agricultores que si el cultivo se mantiene en malezado durante los primeros treinta días el rendimiento disminuye hasta en un 60%. Vale la pena anotar que durante el periodo que va entre los 18 y 25 días en el Alto Magdalena es cuando se empieza a formar y desarrollar el primordio floral (panícula), lo cual hace que en esta etapa el sorgo sea muy sensible a la competencia de malezas

Se ha demostrado que el mayor daño por competencia se presenta durante los dos primeros meses del cultivo, donde las plántulas de sorgo son débiles y se desarrollan muy lentamente, con un pico máximo que ocurre durante las primeras 3 ó 4 semanas después de la emergencia y que se prolonga hasta los 30 días (5 hojas), etapa fisiológica que se caracteriza por el lento crecimiento del sorgo, mientras que la maleza se desarrolla rápidamente. En este período crítico, las malas hierbas afectan, no sólo el establecimiento del cultivo, sino que también inciden negativamente sobre su rendimiento, de tal manera que para asegurar el éxito del mismo es indispensable aplicar las medidas de control en este periodo

10.4.1 Factores que facilitan la competencia de malezas:

1. Las plantas crecen lentamente durante las semanas iniciales creándose condiciones ideales para la invasión de la maleza
2. Sumado a lo anterior, el hecho de que este cereal es cultivado frecuentemente bajo condiciones de humedad limitada, para las cuales se le considera un cultivo apto, el desarrollo del sorgo es muy lento, mientras que las infestaciones de malezas y su desarrollo son significativamente altas.
- 3 La rotación con cultivos semestrales que presentan malezas comunes, facilitan la formación de complejos de especies de difícil control, y el establecimiento de un banco de semillas de las mismas a varias profundidades en el suelo con diferentes periodos de latencia.

A continuación se relacionan las malezas más comunes que compiten el sorgo

10.4.2 Principales malezas en el cultivo de sorgo en Colombia

10.4.2.1 Malezas dicotiledóneas comunes

En la Tabla No. 25 se consignan las principales malezas dicotiledóneas

Tabla No. 25. Malezas dicotiledoneas comunes en sorgo

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR
Amaranthus dubius	Bledo
Amaranthus espinoso	Bledo espinoso
Desmodium tortuosum	Pega-pega
Caperonia palustris	Caperonia
Euphorbia spp	Lechosa
Portulaca oleracea	Verdolaga
Cassia tora	Chilinchil
Ipomoea spp	Batatilla
Murdania nudiflora	Piñita
Commelina difusa	Siempreviva
Sida spp	Escobas
Mimosa spp	Dormidera, zarza
Cucumis melo	Meloncillo
Mormodica charantia	Archuga
Bidens pilosa	Papunga
Pyllanthus niruri	Viernes santo
Boerhaavia erecta	Rodilla de pollo

Tabla No. 26. Malezas monocotiledoneas comunes en sorgo

Nombre Científico	Nombre Vulgar
Rottboellia exaltata	Caminadora
Sorghum halepense	Pasto Johnson
Panicum maximum	Pasto Guinea-Saboya
Ischaemum rugosum	Saboya
Cynodon dactylon	Falsa caminadora
Leptochloa filiformis	Pasto argentina
Eleusine indica	Paja mona
Cenchrus brownii	Pategallina
Digitaria sanguinalis	Cadillo blanco
Echinochloa colonum	Guardacocio
Setaria geniculata	Liendre puerco
Echinochloa crusgalli	Limpia frascos
Chloris polydactyla	Barba de indio
Rhynchelytrum repens	Paja blanca
Stenotaphrum secundatum	Paja rosada
	Cartagena
CIPERACEAS	
Cyperus rotundus	
Cyperus lezaz	Coquito
Cyperus diffusus	Cortadera
	Paja cortadera

de mayor importancia en las regiones productoras de sorgo en Colombia

10.4.2.2 Malezas monocotiledoneas y ciperáceas comunes

En la Tabla No. 26 se consignan las principales malezas monocotiledóneas y ciperáceas de mayor importancia en las regiones productoras de sorgo en Colombia

10.4.3 MALEZAS DE DIFÍCIL CONTROL EN SORGO

10.4.3.1 Caminadora (*Rottboellia exaltata* L.= *R. cochinchinensis* (Lour.) Clayton). El

nombre de este género es un homenaje al botánico danés C.F. Rottboel, y el de la especie, *exaltata* se refiere a la altura que pueden alcanzar las plantas. Es una maleza altamente perjudicial o nociva, de ciclo anual y propagación sexual, de rápido crecimiento y sumamente agresiva; es capaz de germinar a mayor profundidad que la semilla del sorgo, por lo cual la mayoría de los herbicidas preemergentes no la afectan. La agresividad de la caminadora ha permitido su rápida expansión. Los daños ocasionados por esta especie se traducen en fuertes reducciones los rendimientos, en dificultad para

realizar la cosecha y en problemas para la comercialización de la misma. Se tienen reportes de regiones donde los agricultores se han visto obligados a abandonar áreas de producción o a cambiar el cultivo por infestación de esta nociva maleza



Para su control se requieren tratamientos con herbicidas específicos. Como pre-emergente (semilla protegida con Con cep) y post-emergente, el producto que

ha resultado eficaz, es la pendimentalina (Prowl o Stomp), solo o en mezclas con atrazina; en áreas manejadas con labranza reducida, se recomienda el glifosato antes de la emergencia del sorgo.

10.4.3.2 Pasto Johnson (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) El nombre del género proviene del italiano “sorgho” y la especie hace referencia al posible sitio de origen en Aleppo, Siria; es de la familia Gramineae. Es una maleza perenne altamente perjudicial, cuyos numerosos rizomas le permiten su propagación asexual; la principal forma de diseminación es a través de los medios mecánicos de preparación de suelos y del traslado de maquinarias. Otras formas son las semillas de sorgo contaminadas y los excrementos de aves y ganado vacuno



Para su combate se requiere del control químico con herbicidas post-emergentes sistémicos, capaces de ser movilizados junto con los materiales fotosintetizados de la planta hasta los puntos subterráneos de crecimiento (rizomas). En general, requiere costosas medidas de combate, lo cual incluye aplicaciones sucesivas de glifosato sobre la paja Johnson en activo crecimiento, antes de sembrar el sorgo. Es una maleza sumamente agresiva, por ser perenne emerge primero que el sorgo y compite por luz, nutrimentos y agua. Es una limitante de la siembra directa o de mínima labranza

Numerosos trabajos han reportado reducciones en la germinación y en el crecimiento de diversos cultivos, debido a la acción de exudados de la raíz, o de extractos frescos o en descomposición, de hojas, rizomas y raíces de esta maleza.

10.4.3.3 Guardarocio (*Digitaria sanguinalis*). Perteneciente a la familia de las gramíneas, considerada como especie no civa dada su facilidad de disseminación ya que tiene propagación sexual por semilla y asexual por estolones. Es una maleza anual o perenne facultativa, si las condiciones de humedad la favorecen y es una gran competidora por agua y nutrientes. Es sumamente agresiva y de rápido crecimiento, con tallos rastreros estoloníferos que invaden rápidamente extensas áreas y presenta gran facilidad de adaptación

a una amplia gama de condiciones agroecológicas.

Dada la persistencia de esta especie en la mayoría de las zonas cultivadas por este cereal en Colombia, se estima que su prevalencia esta asociada al uso continuo del herbicida Atrazina y por el control mecánico, mediante el uso de cultivadoras, lo cual ha facilitado su disseminación. El control más eficaz se logra con una adecuada preparación de suelos y con el uso de herbicidas gramícidas preemergentes como el metolacolor (Dual) y el alaolor (Lazo, Alanex) protegiendo previamente la semilla con Concep

10.4.3.4 Batatilla. Con este nombre común se conocen los géneros de la familia Convolvulácea: *Ipomoea*, siendo la especie más frecuente *I. tiliaceae*. *Ipomoea* es una combinación de las voces griegas *ipogusano*, y *homoios*, enroscarse, enrollarse; hace alusión al hábito trepador de esta maleza. Se encuentra disseminada en todo el país y es altamente perjudicial.

La batatilla es una maleza anual que se puede presentar desde antes de la germinación del cultivo, en pleno establecimiento del mismo o en forma tardía: más de 30 días de edad. Su desarrollo es

muy agresivo por tener tallos volubles que envuelven completamente el cultivo, pudiendo causar volcamiento total o parcial, dificultando las labores de cosecha, tanto manual como mecanizada.

El control de esta maleza requiere la aplicación de herbicidas en preemergencia y/o post-emergencia temprana, como atrazina (Gesaprim 9-0, Atrazina 80, Triazol, Atrazina 500, Maiziral). En post-emergencia, cuando el sorgo tenga entre 10 y 25 centímetros, se puede usar 2,4-D como sal amina. Aplicaciones posteriores causan daño al cultivo. Otra alternativa en post-emergencia es la aplicación del herbicida Dicamba (Banvel), solo o en mezclas con Atrazinas; cuando el sorgo tenga 3 hojas y hasta los 25 a 30 centímetros de altura. Estos herbicidas no se deben dirigir al cogollo del sorgo.



Ipomoea spp.

10.4.3.5 Pasto argentina o Pasto de la Virgen (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). Es una maleza perenne de la familia Gramineae, de hábito rastrero y estolonífera. Se propaga tanto por semilla, como por medio de estolones y rizomas, situación que unida a su precocidad y a la latencia de sus rizomas en el suelo, en condiciones de extrema sequía, la convierten en una maleza sumamente agresiva y de difícil control. La preparación de suelos, cuando no se hace con la debida anticipación, favorece su propagación y diseminación.

El método más eficaz para controlar esta maleza, cuando se conoce el antecedente de su presencia en el lote a sembrar, es facilitar una germinación durante la preparación y antes de la siembra aplicar un herbicida sistémico como glifosato.

10.4.3.6 Liendrepuerco (*Echinochloa colonum* (L.) Link), El género *Echinochloa*, del griego *echinos*, erizo, y *chloa*, gramínea y la especie *colonus*, del latín *colonus* colonizador. Es una maleza anual, nociva en el cultivo de sorgo, de porte erecto, se propaga sexualmente por semilla, es precoz, y se favorece con buenos contenidos de humedad en el suelo. Germina en cualquier período del cultivo formando grandes poblaciones que son muy susceptibles a la deficiencia de humedad.



El control de esta maleza debe realizarse con herbicidas gramínicidas preemergentes como Alaclor, Metolaclor y Pendimentalina. Se encuentra distribuida en todo el país, principalmente en las regiones arroceras dado que es una maleza común a los dos cultivos.

10.4.3.7 Coquito (*Cyperus rotundus* L.).

Cyperus es el antiguo nombre griego de esta planta; *rotundus*, tiene que ver con la redondez de sus rizomas y tubérculos. Es una maleza perteneciente a la familia *Cyperaceae*, que tuvo su origen en el trópico asiático, pero hoy se le encuentra en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo. Es una maleza perenne, se le considera la peor maleza del mundo, presenta una prolífica y rápida producción de rizomas, tubérculos; estos generalmente permanecen latentes en el suelo. Su propagación es principalmente asexual, y es favorecida por el uso de medios mecánicos utilizados para su combate, por lo que es más eficaz el control químico. Se ha comprobado que también se reproduce

por semilla sexual, una inflorescencia de Coquito produce hasta 200 semillas.

Este tipo de malezas generan una reducción importante en la producción del sorgo por competencia y por la producción de sustancias químicas alelopáticas que favorecen su habilidad competitiva. Se afirma que este último efecto puede generar reducciones en los rendimientos de hasta 45%.



Coquito



Cortadera

Para el manejo de esta maleza se recomienda utilizar Dual Gold o Lazo en presembrado e incorporados con suelo seco; o Basagran en post-emergencia. A veces es necesario realizar aspersiones sucesivas de glifosato, sobre el coquito que haya emergido, antes de sembrar el sorgo.

10.4.4 MÉTODOS DE MANEJO Y CONTROL DE MALEZAS

Las malezas pueden controlarse mediante labores culturales, mecánicas, biológicas,

empleando herbicidas o mediante la utilización combinada de estas técnicas, dependiendo del sistema de labranza a utilizar. Es muy importante hacer un reconocimiento previo al lote para identificar con precisión el tipo de especies predominantes, el complejo de los mismos y su grado de severidad, así mismo es esencial establecer la forma en que los sistemas cultivo- malezas interactúan para poder implementar alternativas y estrategias de manejo y control.

Las prácticas culturales pretenden evitar el establecimiento de malezas nocivas, controlar el crecimiento de las mismas y lograr un rápido establecimiento del cultivo para aventajarlas. Por esta razón es fundamental realizar anticipadamente una adecuada preparación de suelos; seleccionar para la siembra los genotipos adaptados a la región, provenientes de semilla fresca, con mucho vigor; fertilizar de acuerdo con los análisis de suelos y los requerimientos del cultivo en ausencia de malezas; realizar un eficiente manejo de insectos y enfermedades; riegos oportunos y rotación de cultivos.

El control mecánico se inicia desde el momento de la preparación de los suelos, con la finalidad de limitar el crecimiento de las plantas indeseables, y

luego se continúa bien sea arrancándolas, cortándolas o cubriéndolas, manualmente o mecánicamente con el fin de evitar su competencia en las etapas críticas del cultivo.

El control químico debe ser tenido en cuenta como una herramienta importante en el manejo de malezas en sorgo, pero no considerarse aisladamente; su eficiencia y sostenibilidad está estrechamente ligada a la integración con los demás métodos. Los herbicidas son moléculas químicas que en algunas oportunidades se acumulan en los suelos, en otras se degradan muy lentamente, contaminan fuentes hídricas o causan daños de importancia en el cultivo.

Una vez identificadas las malezas presentes en el lote, se selecciona el herbicida o las mezclas de herbicidas que permitan solucionar adecuadamente el problema. Es muy conveniente para ello, utilizar aquellos que eliminen las malezas sin hacer daño al cultivo. Teniendo en cuenta que estos productos son selectivos en ciertas dosis, épocas, de acuerdo con el tipo de suelos y por su posicionalidad en ese sustrato.

En la siguiente tabla No. 27 se relacionan diferentes alternativas para el control agroquímico de malezas en sorgo.

Tabla No. 27. Herbicidas recomendados para el control de malezas en Sorgo.

NOMBRE GENÉRICO	NOMBRE COMERCIAL	DOSES/Ha (P.L.)	ESPECTRO DE ACCIÓN
PRESIEMBRA			
Paraquat	Gramoxone	2.0 - 4.0 lts	Total
Glifosato	Roundup	1.0 - 2.0 lts	Total
P R E S I E M B R A INCORPORADO			
Metolacloer	Dual Gold*	1.5 - 3.0 lts	Cyperus rotundus
Alaclor	Lazo*	8.0 lts	Cyperus rotundus
PREEMERGENTES			
Atrazina	Atrazina 80	1.5 - 2.0 kls	H.A. y algunas gramíneas
	Atrazina 500	2.0 - 4.0 lts	H.A. y algunas gramíneas
	Gesaprin 9-0	11 - 17 kls	H.A. y algunas gramíneas
	Lazo* + Atrazina	2.0 + 2.0	Gramíneas difíciles y H.A.
	Dual* + Atrazina	1.0 + 2.0	Gramíneas difíciles y H.A.
POSTEMERGENTES			
Atrazina	Atrazina 80	1.5 - 2.0 kls	Gramíneas(1 o 2 hojas) y H.A.
	Atrazina 500	2.0 - 4.0 lts	Gramíneas(1 o 2 hojas) y H.A.
	Stomp 330+ Atrazina	3.0 + 2.0	Rottboellia exaltata y H.A.
	Prowl 400+ Atraz	2.5 + 2.0	Rottboellia exaltata y H.A.
	2,4 - D	1.0 lt	H.A. y Cyperaceas
Bentazon	Basagran	2.0 lts	Cyperaceas

*Para aplicar Lazo y Dual la semilla debe estar tratada con Concep



10. 5. Manejo de insectos plagas.

Uno de los factores que limitan la producción de sorgo son los insectos plagas, los cuales pueden atacar la planta en todos sus estados de desarrollo, incluyendo los granos almacenados.

10.5.1 Plagas según el desarrollo del cultivo

10.5.1.1 Siembra a Germinación

Las principales plagas en esta etapa son los gusanos trozadores o tierreros. Los mayor incidencia son: (Trozador negro) *Spodoptera spp* (Gusano Cogollero), (Chiza), *Neocultilla Gryllotalpa sp.* (Verraquito de tierra), *Gryllus assimilis* (grillo) y *Conoderus sp.* (Gusano alambre), algunas especies. Para el manejo de plagas en esta etapa es necesario realizar evaluaciones durante la preparación del terreno para determinar la conveniencia del uso de insecticidas incorporados al suelo en forma general o localizada.

10.5.1.2 Germinación a los 30 días de edad del cultivo

Los cogolleros y trozadores son importantes en esta etapa: *Spodoptera frugiperda* (Cogollero), *Spodoptera eridania*, *Spodoptera ornitogalli* (otros cogolleros), *Elasmopalpus lignosellus* (Barrenador menor del tallo), *Feltia sp.*, *Agrotis sp.* (trozadores). También existen insectos chupadores: *Rhopalosiphum maidis* (áfido verde del sorgo), *Sipha flava* (áfido amarillo) y *Blissus leucopterus* (chinche de la raíz).

10.5.1.3. De los 30 Días a la aparición de la panícula

En esta etapa el “cogollero” sigue siendo la principal plaga de importancia económica y su manejo es el mismo recomendado para la etapa anterior. Se pueden presentar daños causados por el barrenador del tallo *Diatraea sp.*, que debido a su hábito hace muy difícil su control químico.

10.5.1.4 De floración a llenado de grano.

Las plagas más importantes son el *Spodoptera frugiperda*, *Heliothis zea*, *Contarinia sorghicola*, *Pleuroprucha asthenaria*, *Sathobrota rileyi*, *Nola sorghiella*, algunos pentatómidos chupadores (*Oebalus poecilus*, *Leptoglossus sp.*, *Paramixia sp.* entre otros) y *Rhopalosiphum maidis*.

10.5.2 Descripción de las principales plagas del cultivo del sorgo en Colombia.

10.5.2.1 “GUSANO COGOLLERO”. *Spodoptera frugiperda*. (Lepidoptera Noctuidae)

Esta plaga es la de mayor importancia económica en sorgo en Colombia; en este cultivo desarrolla grandes poblaciones. Las larvas jóvenes son verde claro y tienen la cabeza negra, las larvas maduras varían de verdusco a pardo grisáceo y con líneas dorsales que corren a lo largo del cuerpo. La mariposa tiene alas variegadas de gris. Los huevos son usualmente depositados en el envés de las hojas en grandes masas cubiertas con escamas. El insecto necesita cerca de un mes para completar una generación, actúa como gusano tierrero, trozador o gusano ejército; como cogollero, que es su hábito más característico en las etapas vegetativas y reproductiva y como masticador de grano en las fase de llenado.

Niveles de daño.

Como insecto del suelo antes de la siembra: 1 larva/m². Se recomienda efectuar 5 muestreos/Ha., cada uno de 1 m² (Corpoica Sena 1998)

Como trozador: Se deben muestrear 10 sitios de 1m. por Ha. El nivel de daño recomendado para realizar controles es de 10% de plantas trozadas.

Comedor de follaje: Su ataque crítico se presenta inmediatamente después de la emergencia de las plántulas, es decir con los primeros 15 días del cultivo. Si el tiempo es seco, esta primera generación es muy alta. Para el manejo del cogollero del sorgo, se recomienda iniciar labores de control cuando se presente un 40% de daño fresco (áreas traslucidas en hojas nuevas), que son ocasionadas por larvas de segundo instar (3 a 4 días de edad); cuando la larva alcanza cierto





La segunda generación de *Spodoptera* sp. en sorgo puede presentarse entre los 20 a 30 días de desarrollo del cultivo y la tercera generación generalmente ocurre en la etapa previa a la floración o durante la misma. Si el tiempo es seco, con daño fresco superior al 40% justifica la adopción de una medida de control. Cuando la plaga es abundante o los controles anteriores han sido insuficiente, se encuentran larvas afectando panojas



Control

Para el control como trozador el uso de cebos envenenados ha demostrado ser la mejor práctica de control. Los cebos se pueden preparar de la siguiente forma



Material inerte: Aserrín de madera, salvado de maíz ó sorgo (50 Kg)

Material atrayente: Melaza 15 Lt. + Agua 10 Lt

Material Tóxico: Carbaryl PM (Sevin 80) 0 5 Kg i.a./Ha

Triclorfon PS (triclorfon 80): 0 5 Kg. de i.a./ Ha

desarrollo comienza su proceso de descenso hacia el cogollo, empiezan a comer follaje, las hojas al abrir aumentan perforaciones o áreas comidas observándose en forma característica los excrementos frescos de la larva en forma de aserrín.

Su preparación debe realizarse inmediatamente antes de su aplicación, la cual debe dirigirse a la base de las plantas. Las horas de las tarde son las más efectivas para su aplicación

Se puede reemplazar el material tóxico por un material biológico como el *Bacillus thuringiensis* en dosis de 500 gr., por cada 50 Kg. de inerte

El adecuado manejo en esta fase facilita el establecimiento de la fauna benéfica que puede reprimir gran parte de los daños de los insectos plagas en esta y en las siguientes etapas de desarrollo.

Los controles químicos de ser necesarios se pueden realizar con base en insecticidas granulados (al cogollo) o con inhibidores de quitina, en aspersión total. Ocasionalmente en esta etapa y coadyudados por deficientes controles de malezas, se presentan poblaciones de gusano ejército y *Mocis* sp (Gusano medidor), que pueden causar daños severos, si no se detectan los focos iniciales y que en ocasiones amerita el control con insecticidas de contacto.

10.5.2.2 CHINCHE DE LA RAÍZ *Blissus* spp. (Hemiptera: Lygaeidae)

Es plaga de importancia económica muy importante en sorgo pero también ataca maíz, arroz y pastos. Tanto ninfas como adultos se dispersan, caminando por el suelo y sus primeros ataques, se observan en los bordes del cultivo. La mayor actividad la desarrollan en la tarde y en días opacos. En suelos arenosos y franco arenosos es plaga

de importancia económica durante los primeros 20 días de edad del cultivo



La hembra deposita los huevos en el suelo cerca de la raíz, las ninfas de primero, segundo y tercer instar se alimentan de las partes tiernas de la raíz, causando puntos necróticos que obstaculizan la absorción de nutrientes por la planta, la zona afectada inicialmente se torna amarilla para después secarse debido a la inyección de toxinas durante el proceso de alimentación. (Sánchez, 1992)

Entre las malezas se ha encontrado que el Liendrepuerco (*Echinochloa colonum* (L)) Link, es el hospedero más susceptible al

ataque de chinche. En la Tabla No. 28 se registra la duración de los diferentes estados del ciclo de vida en las condiciones de El Espinal (Tolima).

Tabla No. 28 Ciclo de vida de *Blissus leucopterus* en El Espinal (Tolima) en sorgo

Estado	Días
Huevos	8.4
Ninfa (5 instares)	26.1
Longevidad: macho	92.0
Longevidad hembra	98.0
Pre-oviposición	8.0
Período oviposición	66.0

Control.

La mejor estrategia de control consiste en los métodos culturales que incluyen la destrucción de socas y eliminación de malezas hospederas y pastos en los bordes del cultivo. Se debe monitorear el predio para identificar los focos y una vez localizados hacer aplicaciones a la base de las plantas de insecticidas como Carbofuran.

10.5.2.3 BARRENADOR MENOR DEL MAÍZ. *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller). (Pyralidae: Lepidoptera)

DISTRIBUCIÓN: El barrenador menor del tallo del maíz es una plaga esporádica del sorgo en América. Es conocido también con el nombre de gusano saltarín.

SÍNTOMAS: La lesión típica en las plantas jóvenes está caracterizada por túneles en la planta, a ras de suelo o ligeramente debajo de la superficie. Las infestaciones severas pueden causar pérdidas en la población de plantas, enanismo y ahijamiento. En las plantas viejas la lesión es un corte anular cercano al suelo. Consecuentemente, las plantas están sujetas a quebradura del tallo, la presencia de tubos o saquillos recubiertos de tierra y unidos por una tejilla sedosa adheridos a la entrada de los túneles en la planta, es evidencia de la presencia de este insecto. Estos tubos están ocupados por las larvas cuando éstas no están comiendo en la planta.

DESCRIPCIÓN Y BIOLOGÍA. La mariposa es gris-pardusca con una expansión de alas de menos de 25 mm, las larvas son delgadas y de 20 mm de largo, los colores prevalentes son el verde claro o el verde azulado, pero hay bandas tenues longitudinales y bandas transversales, más conspicuas de color pardo o pardo-rojizo. Los huevos son



depositados en la planta hospedera e in cuban en unos 7 días. La larva alcanza su desarrollo completo en cerca de 2 a 3 semanas. Las larvas tienen un hábito característico de sacudirse y cabriolar cuando se las perturba. El estado de pupa dura cerca de 2 a 3 semanas. (Teets *et al.*, 1983)

CONTROL. Se deben relizar siembras tempranas y fertilización adecuada como maneras de producir un vigoroso crecimiento de las plantas y con ello la tolerancia a una infestación. Se recomienda practicar labores de cultivo para destruir las hierbas antes de sembrar. Para el control químico se recomienda carbofurán. Nivel de daño: 10% plantas con tallos perforados.

10.5.2.4 BARRENADOR, CANERO. *Diatraea saccharalis*

Los primeros indicios del ataque de este insecto son las hileras de pequeños agujeros que pueden observarse cuando las hojas se van desplegando. Las larvas mas desarrolladas perforan el tallo, por lo general donde la hoja se une a éste. Las larvas presentan moteadas blancuzcas o color crema, de cabeza color café, que horadan el tallo depositando su excremento semejante al aserrín. Poseen dos series de puntos negros con pelos y dos bandas ahumadas sobre el dorso. Las larvas totalmente desarrolladas que se alimentan del tallo preparan la salida de la



palomilla haciendo una “ventanilla” circular al final de la galería realizada al interior de los tallos.

Las larvas mudan varias veces antes de formar pupas de color café. Las palomillas de color paja, que ostentan dos líneas oscuras y oblicuas y un punto en el centro de las alas delanteras, suelen depositar masas de huevos blancos y ovalados, semejantes a escamas, en hileras traslapadas en el envés de las hojas. Al acercarse el momento de la eclosión, los huevos se tornan negros. (Teets *et al.*, 1983)

10.5.2.5 MOSCA DEL OVARIO. *Contarinia sorghicola* (Coquillet) (Díptera: Cecidomyiidae)

DISTRIBUCIÓN. La mosquita del sorgo es probablemente la mas ampliamente distribuida entre todas las plagas del sorgo. Se encuentra en prácticamente todas las regiones del mundo donde se siembra sorgo, excepto en el Sureste de Asia.

SÍNTOMAS. El daño al sorgo lo causa la larva al alimentarse de los ovarios, evitando un desarrollo normal del grano y trayendo como resultado una panícula “vana”

DESCRIPCIÓN Y BIOLOGÍA. El adulto tiene de 1.3 a 1.6 mm de largo, con la cabeza amarilla, antenas y patas pardas, tórax y abdomen rojo-anaranjado y alas hialinas grisáceas. Cada hembra deposita cerca de 75 huevos en las espiguillas en flor, durante su corta vida de 1 día.

Los huevos son de forma cilíndrica; 0.1 X 0.4 mm e incuban en 2 a 3 días. Inicialmente las larvas son incoloras, pero cuando están completamente desarrolladas son de color anaranjado oscuro. Las larvas completan su desarrollo en 9 días, empupando debajo de la gluma. Poco antes de la emergencia del adulto, la pupa se abre camino hacia el ápice de la espiguilla hasta que cerca de tres cuartos de la longitud de la pupa sobresale de la punta.



Cuando el adulto emerge, la piel blanca permanece en la punta de la espiguilla. El período de pupa se completa en 3 días. Una generación completa toma de 14 a 16 días. Un período de letargo ocurre durante el estadio larval en un capullo dentro de una espiguilla. El desarrollo tan rápido del insecto permite que ocurran de 9 a 12 generaciones durante una estación y tienen como resultado la acumulación de altas infestaciones cuando la floración del sorgo se extiende a causa de una amplia gama de fechas de siembra o de maduración.

CONTROL. La siembra temprana y uniforme del sorgo en grandes áreas, es el método generalmente más aceptado para reducir el daño de la mosquita. Las aplicaciones múltiples de insecticidas dirigidas a los adultos, son usadas primordialmente para reducir las pérdidas en las siembras tardías. El umbral económico para control químico es de un adulto por panícula durante la floración. (Teets *et al.*, 1983).

10.5.2.6 AFIDO VERDE DEL MAÍZ: *Rhopalosiphum maidis* (Fitch). (Homóptera: Aphididae)

DISTRIBUCIÓN. El áfido verde del maíz a menudo llega a ser muy abundante y se le encuentra en todas las áreas productoras de sorgo del mundo.

SÍNTOMAS. Al áfido se le encuentra más comúnmente en lo profundo del cogollo o verticilo de la hoja central y también en envés de las hojas, en los tallos o en las panículas. Las ninfas y los adultos succionan la savia. Esto causa con frecuencia, un moteado amarillento de las hojas. También pueden causar algo de necrosis marginal de las hojas. El áfido produce en abundancia una secreción dulce o mielecilla, en la cual crecen hongos. La miel en las panículas, puede estorbar la cosecha. El áfido también transmite el virus del mosaico del maíz que causa enanismo.

DESCRIPCIÓN Y BIOLOGÍA. El áfido es verde-azuloso oscuro y algo ovalado. Tiene 2 mm de largo, con patas, cornículos y antenas negras. Se presentan formas tanto aladas como ápteras. Las hembras generan hijuelos vivos sin aparearse y una generación requiere cerca de una semana.



CONTROL. El control del áfido de la hoja del sorgo está raramente justificado. Aunque esté presente en grandes números, relativamente, es raro que ocurran pérdidas de rendimientos. El áfido es fácilmente controlado con insecticidas sistemáticos. En algunos casos la presencia de los áfidos de la hoja del maíz es beneficiosa, ya que sus enemigos naturales se vuelven abundantes frecuentemente y sirven para mermar otras plagas. Dado que el áfido prefiere el cogollo del sorgo, la no emergencia de la panícula trae como resultado una declinación significativa de la producción. (Teets *et al.* 1983)

10.5.2.7 AFIDO DE LA CAÑA DE AZUCAR. *Sipha flava* (Forbes). (Homóptera :Aphididae)

DISTRIBUCIÓN. Este áfido es una plaga ocasional en América.

SÍNTOMAS. El áfido ataca el sorgo en estado de plántula y también ataca plantas adultas; en ambos casos inicia su ataque por las hojas inferiores. Los áfidos al alimentarse excretan una toxina potente, que causa la muerte de la plántula. Apenas unos 5 a 10 áfidos por hoja pueden matar plantas de sorgo de hasta 45 cm. de altura. El síntoma inicial del daño por áfidos en la plántula,

es una coloración purpúrea de las hojas. En hojas más viejas el áfido al alimentarse causa un severo amarillamiento.



También puede haber enanismo y el daño conduce a menudo al acamado que puede ser intensificado por pudriciones asociadas de tallo.

DESCRIPCIÓN Y BIOLOGÍA. El áfido de la caña de azúcar es de color amarillo limón, de 2 mm. de largo y cubierto de cerdas (pelos). Tiene dos hileras de tubérculos oscuros lo largo del dorso. Sin aparearse, las hembras generan hijuelos vivos por un período de 28 días: ninfas maduras en 13 a 19 días, y viven entre 25 y 50 días. Las hembras producen cerca de 18 ninfas con un promedio diario de dos. En la misma colonia existen tanto formas aladas como ápteras.

CONTROL. La aplicación de insecticidas sistémicos es actualmente la única medida de control. Muchos

depredadores comunes en el campo se alimentan del áfido, pero este es rara vez parasitado. El nivel de daño está asociado al amarillamiento de las hojas bajas. En épocas secas su daño es más severo. (Teets, et al. 1983).

10.5.2.8 CHUPADORES

Las especies *Thyanta perditor*, *Oebalus poecillus*, *Leptoglossus* y *Paramixia carmelitana*.

Los pentatomidos colocan los huevos generalmente en el haz, en grupitos de dos a tres hileras. Tienen forma de barril y puede tardar la incubación de 10 a 13 días. Generalmente se presentan 5 instares ninfales los cuales pueden durar de 25 a 30 días. Los adultos de *Thyanta* sp., tienen coloración variable, pueden ser verde oscuro o café oscuro, miden de 0.9 cm. a 1.4 cm. de longitud y de ancho 0.5 a 0.7 cm., los hemiólitros son tan largos como el abdomen.



Los adultos de *Oebalus poccillus* son de coloración café con manchas amarillas en el escutelo. En la parte media del ala anterior se observa una mancha pequeña de color amarillo; miden 0.8 cm. de longitud por 0.4 cm. de ancho y los hemiólitros son más largos que el abdomen. (Pulido 1987)

El *Paramixia carmelitana* es el chinche de mayor incidencia, es de color oscuro, los adultos son muy pequeños, miden 2 mm de longitud por 0.8mm, los huevos son cilíndricos, alargados y son puestos dentro de las glumas, en el polo cefálico se observan dos protuberancias y en cada una se observa un pedicelo. Las ninfas se pueden confundir con las de Orius, son rojizas, café o zapote según el instar ninfal. La membrana es visible y notoria. Recién nacidos se alimentan del grano recién formado. Las ninfas y los adultos de estas plagas succionan el grano durante su formación o cuando está en estado de leche. Como consecuencia del daño resultan granos de menor tamaño con malformaciones, con manchas debido al establecimiento de hongos por las heridas causadas y además los granos son de menos peso. Generalmente estos insectos inician la colonización por lo bordes del cultivo.

Las condiciones climáticas como el tiempo caluroso y húmedo favorecen las poblaciones de estos chupadores. Las panojas cer-

radas o semicerradas son más afectadas por estas plagas. Se tiene como nivel de daño económico dos chinches por panícula (Pulido 1987).

10.5.2.9 INSECTOS MASTICADORES DE GRANOS

10.5.2.9.1 *Nola sorghiella*. (Riley). (Lepidóptera : Nolidae)

Conocido como gusano telarañero del sorgo y anteriormente clasificada como *Celama sorghiella*. Los huevos de esta plaga son colocados principalmente en los pedúnculos. Son blancos recién puestos y café oscuro cuando la larva está próxima a nacer. La incubación tiene una duración de 3 a 4 días. Los huevos son puestos aisladamente, pudiéndose encontrar en ocasiones grupitos de 2 o 3 huevos. La duración del estado larval, puede ser de 12 a 15 días. Las larvas se pueden reconocer porque tienen el cuerpo cubierto de pelos y dorsalmente presentan bandas longitudinales de color claro, amarillo y café rojizo.

Las larvas se desplazan lentamente y pueden medir más de 1cm. Generalmente se observa sobre la panoja hilos de seda a manera de telaraña, secretados por las larvas, esto es más notorio cuando se encuentran varias larvas en la misma panoja.



10.5.2.9.2 *Pococera atramentalis* (Lederer). (Lepidóptea Pyralidae)

Se puede considerar en el Valle del Cauca, como plaga importante porque cuando se presenta lo hace con infestaciones muy altas, encontrándose en ocasiones más de 10 larvas por panoja y su control con productos químicos no es muy efectivo.

La plaga empupa casi siempre en el raquis construyendo un cocón con los pelos. Los adultos se observan durante el día en las panojas, son de color blanco con manchas pequeñas de color oscuro.

Las larvas hacen sobre el grano en leche una perforación semicircular a través de la cual va introduciendo la cabeza a medida que se alimenta hasta dejar únicamente la cutícula del grano, con la perforación por donde se alimentó.

Las variedades o líneas con panoja cerrada o semicerrada, son más afectadas. La plaga no se presenta en forma generalizada sino lo hace en forma más o menos localizada. El nivel de daño es de cinco o más larvas pequeñas por panoja. Se debe acumular la presencia de otras larvas en la panoja para que el nivel de daño sea la sumatoria de las especies presentes (Pulido 1987).

En el Perú reportan a *Pococera* sp., como plaga del sorgo y del algodón, cultivo sobre el cual ataca los botones; también está registrada en el Brasil como plaga del ají, del cafeto y de las mazorcas de maíz. En Colombia se registró en el algodón en 1980 sin embargo por la incidencia tan baja es posible que no sea el huésped más preferido por la plaga.

Las posturas se encuentran sobre las glumas, la duración del estado de huevos es de 3 a 4 días. Las larvas son muy nerviosas, son de color pardo con cuatro líneas dorsales y longitudinales de color café, completamente desarrolladas miden 1.7 cm. La duración del estado larval puede ser de 15 a 20 días. Las larvas reaccionan descolgándose por un hilo de seda que ellas secretan.

Las larvas de *Pococera* sp. recién nacidas, penetran casi siempre al grano, consumiéndose internamente dejando

la cutícula, luego sale y a la vez que se alimenta de mas granos fabrica una telaraña a la cual adhiere partículas de grano y excremento que le sirven de refugio. Los adultos miden 1.5 cm. de expansión alar y 0.9 cm. de longitud. Las alas anteriores son de color cenizo o pardo con diseños negros y claros. Durante el día se localizan sobre la panícula y cuando están en reposo colocan las antenas en el dorso y con la cabeza ligeramente levantada.

Las variedades o líneas de panoja compactas o semiabierta, pueden ser mas afectadas por la plaga.

El nivel de daño es de cinco o más larvas pequeñas por panoja. Se debe acumular la presencia de otras larvas en la panoja para que el nivel de daño sea la sumatoria de las especies presentes (Pulido 1987).

10.5.2.9.3 *Pleuroprucha asthenaria* (Walter)

Conocido como gusano medidor de la panoja. Las posturas son colocadas preferiblemente en las rugosidades de la glumas. Los huevos son de color blanco recién puestos, tornándose amarillos ligeramente rojizos antes de la emergencia de la larva.

Las larvas recién nacidas miden 1.7 mm y bien desarrolladas miden 1.8 a 2.0 cm. son

de color pajizo, café o verde amarillento con manchas oscuras en la parte dorsal y lateral de cada segmento del cuerpo.



Recién nacidas, las larvas se alimentan de tejido tierno localizados en las estructuras reproductivas. Los tres últimos instares se alimentan principalmente del grano en estado de leche, consumiéndolo total o parcialmente.

Los adultos miden de 1.8 a 2.2 cm. de expansión alar y 0.6 a 1.0 cm. de longitud. Las polillas no pliegan las alas cuando están en reposo y su coloración es amarilla, ligeramente verdosa.

El nivel de daño es similar al de *Pleuroprucha* sp., *Nola* sp. y *Pococera* sp.

10.5.2.9.4 *Sathrobrotia rileyi* (Walningham).

Conocido anteriormente como *Pyrodercis* ó gusano rosadito del sorgo. Fue plaga importante en los años ochenta en las zonas del Alto Magdalena.

Características del daño: Este es provocado por larvas delgadas y pequeñas de mas o menos 1 cm. de longitud de un color rosado con cabeza negra o café oscuro, las que se alimentan en el interior de los granos del sorgo dejándolos completamente vacíos. Como se alimentan en el interior de los granos es preciso sacudir fuertemente las panojas para comprobar la presencia de las

larvas; sobre las espigas se dejan ver una especie de aserrín que no es otra cosa que los residuos de alimentación dejados por los gusanos.

Los adultos son pequeñas polillas de pocas de 0.5 cm. en longitud de un color café amarillento presentando sobre las alas anteriores manchas de un color pardo. Sus daños pueden ser continuados en el grano almacenado.

10.5.3 Control Biológico.

Las plagas tienen enemigos naturales que regulan su población. En Colombia

Tabla No. 29. Controladores biológicos de *Spodoptera frugiperda*.

Parasitoides	De Huevos	<i>Chelonus insularis</i> Cresson (Hymenoptera: Braconidae) <i>Telenomus remus</i> Nixon (Hymenoptera: Scellionidae) <i>Meteorus Laphygmae</i> Viereck (Hymenoptera: Braconidae) <i>Apanteles</i> sp. (Hymenoptera: Braconidae) <i>Eiphosoma</i> sp. pos <i>viticola</i> Cresson (Hymenoptera: Inhneumonidae) <i>Exasticolus fuscicornis</i> Cameron (Hymenoptera: Braconidae) <i>Euplectrus planthypenae</i> Howard (Hymenoptera: Eulophidae) <i>Winthemia rufopicta</i> Bipot (Diptera: Tachinidae)
	De Larvas	<i>Winthemia</i> sp. pos. <i>Sinuata</i> Renhard (Diptera: Tachinidae) <i>Incarnyia</i> sp. (Diptera: Tachinidae) <i>Eucelatoria</i> sp. (Diptera: Tachinidae) <i>Gonia crassicornis</i> (F.) (Diptera: Tachinidae) <i>Acroglossa veluca</i> Rein (Diptera: Tachinidae) <i>Lespesia archipivora</i> (Riley) Diptera: Tachinidae <i>Sarcophaga</i> sp. (Diptera: Sarcophagidae)
	De Pupas	<i>Archytas marmoratus</i> Townsend (Diptera: Tachinidae) <i>Archytas</i> sp. (Diptera: Tachinidae)
Depredadores	<i>Hippodamia convergens</i> Guerin (Coleoptera: Coccinellidae) <i>Coleomegilla maculata</i> (De Geer) (Coleoptera: Coccinellidae) <i>Zelus</i> spp. (Coleoptera: Coccinellidae) <i>Polistes</i> spp (Hymenoptera: Vespidae) <i>Polybia</i> spp (Hymenoptera: Vespidae)	
Entomopatogenos	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Nomurea rileyi</i> (Farlow) Sampson. (Moniliales: Moniliaceae) Virus Poliédrico Nuclear <i>Steinernema carpocapsae</i> Weiser <i>Hexameris</i> sp.	

(García (1993))

se han reportado en varias zonas del país parasitoides, depredadores y entomopatógenos para diversas plagas. Las Tablas No. 29 y No. 30 se consignan los controladores biológicos más importantes de *Spodoptera frugiperda* y *Diatraea saccharalis*.

liberaciones (50-100 pulgadas/Ha. cada una).

- ⊙ *Telenomus remus*: como parásitos de huevos de *Diatraea* sp., para la cual se recomiendan 5 liberaciones (10 masas parasitadas/Ha. cada una).

Tabla No. 30. Controladores biológicos de *Diatraea saccharalis*.

Parasitoides	De Huevos	<i>Trichogramma perkinsi</i> Gr. (Hymenoptera:Trichogrammatidae) <i>Trichogramma semifumatum</i> (Perk.) y spp. (Hymenoptera:Trichogrammatidae) <i>Telenomus alexio</i> (Crawf.) (Hymenoptera: Scelionidae)
	De Larvas	<i>Paratheresia claripalpis</i> (Wulp) (Diptera: Tachinidae) <i>Metagonistylum minense</i> Town (Diptera: Tachinidae) <i>Jaineleskia jainesi</i> (Ald) (Diptera: Tachinidae) <i>Lixophaga diatraeae</i> (Town) (Diptera: Tachinidae) <i>Apanteles flavipes</i> C. (Hymenoptera: Braconidae) <i>Apanteles diatraeae</i> Mues. (Hymenoptera: Braconidae) <i>Agathis stigmaterus</i> (Cress.) (Hymenoptera: Braconidae) <i>Iphiaulax rimac</i> Wolc. (Hymenoptera: Braconidae) <i>Venturia</i> sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae)
Depredadores		<i>Coleomegilla maculata</i> (De Geer) (Coleoptera: Coccinellidae) <i>Ciconeda sanguinea</i> L. (Coleoptera: Coccinellidae) <i>Scymnus</i> spp. (Coleoptera: Coccinellidae) <i>Amblicoleus platyderus</i> Chaud. (Coleoptera: Carabidae) <i>Lephotrachelus puncticollis</i> (Bates) (Coleoptera: Carabidae) <i>Polistes</i> spp. (Hymenoptera: Vespidae). Huevos y Larvas <i>Polybia</i> spp. (Hymenoptera: Vespidae)
Entomopatógenos		<i>Beauveria bassiana</i> (Moniliales: Moniliaceae) <i>Metarrhizium anisopliae</i> Moniliales: Moniliaceae)

Adaptado de Vélez 1985

Existe en algunas regiones la venta de tipo comercial de algunos parásitos y predadores para su uso en el manejo integrado de plagas en sorgo, dentro de las que se encuentran con mayor oferta:

- ⊙ *Trichogramma perkinsi*: como parásitos de huevos de *Diatraea* sp., para la cual se recomiendan 3-4 liberaciones (50-100 adultos/Ha ó 10.000 huevos/Ha, por cada liberación).
 - ⊙ *Crhysopa* sp: Como predator de lepidópteros, realizando 3 liberaciones (50-100 adultos/Ha ó 10.000 huevos/Ha, por cada liberación).
- También existen comercialmente, hongos entomopatógenos que pueden ser utilizados en manejo integrado de plagas, for-

mulados especialmente con base a *Bacillus thuringiensis*, *Metarhizium* sp. y *Beauveria bassiana*.

Control Químico.

Cuando es necesario realizar aplicaciones de insecticidas, estos deben ser utilizados teniendo en cuenta que deben haberse

evaluado los niveles de daño, seleccionar el insecticida teniendo en cuenta su baja categoría toxicológica, volumen de mezcla y calidad del agua, que éste sea formulado por un ingeniero agrónomo y en caso de aplicaciones aéreas realizar un bandereo adecuado. En la Tabla No. 31 se registran algunos de los insecticidas utilizados para el control de plagas en sorgo.

Tabla No. 31. Algunos insecticidas utilizados en el control de plagas en sorgo.

Plaga	Productos	Dosis
<i>Tratamiento Semillas plagas del suelo</i>	<i>Semevin</i>	15 cc/ Kg Semilla
	<i>Gaucho</i>	3 cc/Kg semilla
Trozadores	<i>Inerte</i>	50 Kg
	<i>Melaza</i>	15 Litros
	<i>Agua</i>	12 Litros
	<i>Insecticida</i>	<i>Dosis Recomendada</i>
Blissus	<i>Convoy</i>	1,0 Lt/Ha
	<i>Basudin</i>	500 cc/Ha,
	<i>Piratroide + Nudrin</i>	200cc/Ha + 800 cc/Ha
Spodoprera	<i>Bacillus thuringiensis</i>	500 gr/Ha
	<i>Dart</i>	300 cc/Ha
	<i>Match</i>	300 cc/Ha
	<i>Atabron</i>	250 cc/Ha
	<i>Larvin</i>	800 cc/Ha
	<i>Lorsban 4E *</i>	1,0 Lt/Ha
	<i>Lannate</i>	1,0 Lt/Ha
	<i>Nudrin 216</i>	1,0 Lt/Ha
	<i>Cipermetrina</i>	400 cc/Ha
	<i>Látigo*</i>	300-400 cc/Ha
	<i>Dimetoato*</i>	200-250 cc/Ha
<i>Raphalosipum, Siphera flava</i>	<i>Actara</i>	50-70 gr/Ha
	<i>Cipermetrina</i>	300 cc/Ha
Mosca del ovario	<i>Lannate</i>	1,0 Lt/Ha
	<i>Nudrin 216</i>	1,0 Lt/Ha
	<i>Lannate</i>	1,0 Lt/Ha
Insectos de Panoja	<i>Nudrin 216</i>	1,0 Lt/Ha
	<i>Larvin</i>	800 cc/Ha
	<i>Cipermetrina</i>	400 cc/Ha

* Causan quemazón en híbridos susceptibles a insecticidas fosforados.



10.6. Enfermedades del sorgo y recomendaciones de control.

10.6.1 ANTECEDENTES E IMPORTANCIA ECONÓMICA

A nivel mundial existen más de treinta enfermedades, pero solo algunas son importantes de acuerdo a la localidad y a sus condiciones ambientales durante periodos críticos de cultivo, al genotipo, a las prácticas culturales, a las variaciones del patógeno o a interacciones de varios factores.

Frederiksen reporta en las siguientes enfermedades del Sorgo:

Enfermedades Foliares:

- ? Tizón de la hoja (*Helminthosporium turcicum*)
- ? Mancha Target de la hoja (*Helminthosporium sorghicola*)
- ? Antracnosis (*Colletotrichum graminicola*)
- ? Mancha gris de la hoja (*Cercospora sorghi*)
- ? Mancha zonada de la hoja (*Gleocercospora sorghi*)
- ? Raya tiznada de la hoja (*Ramulispora sorghi*)
- ? Mancha rugosa de la hoja (*Ascochyta sorghina*)
- ? Mancha oval de la hoja (*Ramulispora sorghicola*)
- ? Mancha de la hoja (*Phoma insidiosa*)
- ? Rayado bacteriano de la hoja (*Pseudomonas andropogoni*)
- ? Listado bacteriano de la hoja (*Xanthomonas holcicola*)
- ? Mancha bacteriana de la hoja (*Pseudomonas syringae*)
- ? Manchado amarillo de la hoja (*Pseudomonas* sp.)

Carbones y royas:

- ? Carbón de la panoja (*Sporisorium reilianum*)
- ? Carbón volador (*S. cruenta*)
- ? Carbón cubierto (*S. sorghi*)

- ⊙ Carbón largo (*Tolypsporium ehrenbergii*)
- ⊙ Roya (*Puccinia purpurea*)

Mildius:

- ⊙ Mildeu del sorgo (*Peronosclerospora sorghi*)
- ⊙ Mildeu cabeza loca (*Sclerophthora macrospora*)

Virus y micoplasmas:

- ⊙ Enanismo del mosaico del maíz
- ⊙ Mosaico de la caña de azúcar
- ⊙ Enanismo amarillo del sorgo

Pudriciones del tallo y raíz:

- ⊙ Pudrición del tallo (*Fusarium* sp.)
- ⊙ Pudrición carbonosa (*Macrophomina phaseolina*)
- ⊙ Pudrición roja (*Colletotrichum graminicola*)
- ⊙ Tizón de la vaina (*Rhizoctonia* sp.)
- ⊙ Enfermedad milo (*Periconia circinata*)
- ⊙ Raíces rosadas (*Pyrenochaeta terrestris*)
- ⊙ Pudrición de raíces (*Pythium graminicola*)

Enfermedades de los granos y la panoja

- ⊙ Granos mohosos
- ⊙ Tizón de la panoja
- ⊙ Cuello cosntreñido
- ⊙ Cornezuelo o Mal de azúcar (*Sphacelia sorghi*)

Tizón de plántulas:

- ⊙ Especies de *Pythium* sp., *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp. y *Helminthosporium* sp.

Nematodos:

- ⊙ *Pratylenchus* spp.
- ⊙ *Meloidogyne* spp.

Los patógenos más comunes y frecuentes en las regiones productoras de sorgo en Colombia son: *Colletotrichum graminicola*, *Gleocercospora sorghi*, *Cercospora sorghi*, *Puccinia purpurea*, *Helminthosporium turcicum*, *Ramulispora sorghicola*, *Fusarium moniliforme* y el complejo de hongos de la panoja (*Curvularia* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora* sp.).

En los años ochenta la pudrición carbonosa del tallo (*Macrophomina phaseolina*) fue de mucha importancia, pero con el uso de híbridos y variedades resistentes se ha superado esta enfermedad.

10.6.2 SINTOMATOLOGÍA Y EPIDEMIOLOGÍA

10.6.2.1 Antracnosis o Pudrición Roja (*Colletotrichum graminicola*).

El patógeno afecta el follaje (Antracnosis) causando manchas elípticas o circulares de hasta 5 mm. de diámetro, con centros de color púrpura o rojo. Las lesiones se desarrollan cerca unas de otras, se unen y causan necrosis foliar. En los tallos (pudriciones

rojas) se observan externamente lesiones circulares, particularmente en la inflorescencia. Internamente los tallos infectados presenta una decoloración rojiza, discontinua, que le confiere una apariencia moteada (Fernández 1990).

En la hoja bandera las manchas pueden unirse necrosando completamente la parte envolvente del tallo y buena parte del limbo. Al momento de salir la panoja, la parte encartuchada de la hoja no se abre o lo hace en forma parcial, haciendo que toda o parte de la panoja no logre salir y que los granos que queden cubiertos, sean vanos, mal formados o de muy bajo peso, creando un medio óptimo para pudriciones y plagas.



10.6.2.2 Mancha Anillada de la hoja (*Gleocercospora sorghi*)

Los síntomas iniciales son pequeñas manchas acuosas con un angosto halo verde pálido, al agrandarse las lesiones son de forma circular o semicircular con bandas alternas de color púrpura y bandas de color amarillo o pardo claro, dando un a apariencia concéntrica o zonada. En hojas infectadas severamente varias lesiones pueden unirse causando necrosis en buena parte del follaje.



10.6.2.3 Tizón de la hoja (*Helminthosporium turcicum*)

Los síntomas típicos son lesiones elípticas, alargadas, de varios centímetros de longitud por uno o dos centímetros de ancho, de color café claro en el centro con márgenes de color rojo oscuro. El hongo puede atacar



la semilla y causar tizones en las plántulas. Muchas lesiones pueden ocurrir sobre una hoja, uniéndose para destruir grande áreas de tejido foliar (Fernández 1990).

10.6.2.4 Mancha gris de la hoja (*Cercospora sorghi*)

El hongo ocasiona pequeñas manchas en forma rectangular las cuales varían de acuerdo al híbrido o variedad del sorgo su coloración y las tonalidades pueden ser desde gris claro hasta rojo púrpura. Las lesiones ocurren en la vaina y láminas foliares y se encuentran aisladas, aunque pueden unirse y formar rayas largas y necróticas



10.6.2.5 Mancha Ovalada de la hoja (*Ramulispora sorghicola*)

Los síntomas empiezan como manchas pequeñas de apariencia húmeda que se convierten en lesiones circulares con márgenes de color rojo oscuro a café oscuro con los centros más claros, en los cuales pueden ser observados pequeños puntos negros (esclerocios) (Fernández 1990).



10.6.2.6 Roya (*Puccinia purpurea*)

Inicialmente se observan pequeñas manchas en las hojas inferiores de color púrpura. Las lesiones elevadas o pústulas, típicas de las royas, desarrollan principalmente en el envés de las hojas. Las pústulas pueden ocurrir tan densamente que la totalidad de la superficie foliar es destruida.

10.6.2.7 Pudrición carbonosa del tallo (*Macrophomina phaseolina*)

El síntoma externo más evidente es el volcamiento de las plantas y la poca producción del grano. La parte inferior de lo tallos afectados se vuelve suave, débil y se dobla fácilmente en el segundo o tercer entrenudo. Los tejidos internos están cubiertos por los pequeños esclerocios de color negro del hongo.



10.6.2.8 Tizón de la panoja (*Fusarium moniliformi*)

El hongo invade los tejidos de la inflorescencia y la parte superior del tallo. Los tejidos internos presentan un color rojo intenso con distribuciones uniforme y continua. En ataques severos, el pedúnculo puede quebrarse.



10.6.2.9 Pudrición de granos de la panoja (*Curvularia* sp., *Fusarium* spp y *Nigrospora* sp.)

Las infecciones ocurren internamente en el grano causando mermas en rendimientos e induciendo, baja viabilidad de la semilla. Los granos infectados por *Fusarium* spp., desarrollan una coloración blancuzca o rosada, siendo las especies más frecuentes: *F. moniliforme*, *F. roseum*, y *F. semitectum*. El hongo *Curvularia lunata*, se encuentra asociado constantemente y ocasiona pudriciones de color verde oscuro a negro en los granos.



10.6.2.10 Mal de Azúcar (*Claviceps africana*)

La enfermedad denominada “ergot”, “corn-ezuelo” o “mal de azúcar” es producida por un hongo de reciente aparición en Sudamérica (1995/96) denominado *Claviceps africana* (Fredericksen, Mantle & De Miliano) G.W Wils. Es evidente su presencia epifítica en aquellos lotes sembrados tarde y como es una infección de la flor, ocurre generalmente si hubo una polinización deficiente por temperaturas bajas durante la floración que produce la esterilidad del polen, o bien, excesiva humedad y/o sequía que afectan la emergencia de las anteras. El hongo afecta el ovario de las flores, no permite la formación y desarrollo del grano y se observa una exudación azucarada que es una masa de conidios de la fase asexual

del hongo *C. africana*, denominada *Sphacelia sorghi*. Desde las flores enfermas se liberan gotas azucaradas que contaminan toda la inflorescencia, tallos y hojas, y caen al suelo tomando al secarse un color característico blanco lechoso. Los granos son reemplazados por los esclerocios cilíndricos y blancos, muy duros que se forman a partir del micelio desarrollado dentro del ovario.

Dos aspectos son muy importantes, por un lado la especialización del patógeno que sólo afecta flores no polinizadas y por otro, la producción de inóculo secundario (gotas azucaradas) dispersado por el viento, lluvias e insectos con una viabilidad de aproximadamente 7 meses en rastrojo en el suelo o en hospedantes alternativos como el sorgo de Alepo. Otra forma de contaminar lotes libres es por la asociación de los esclerocios o pseudoesclerocios con las semillas.



10.6.3 Condiciones que favorecen las epifitotias causadas por el complejo patogénico.

1. Condiciones Ambientales:

Altas precipitaciones, temperaturas moderadamente altas y humedad relativa superior al 80% especialmente durante el período de formación de la panoja.

La pudrición carbonosa es favorecida por condiciones de escasa humedad y elevada temperatura del suelo durante la formación del grano.

2. Siembra de materiales susceptibles.

3. Inadecuadas prácticas de cultivo:

Factores como altas densidades de siembra, elevados niveles de nitrógeno y control deficiente de plagas y malezas, favorecen el incremento de las enfermedades.

4. Presencia de Inoculo en la región:

Muchos de estos hongos han sido registrados en cosechas anteriores pero su acción se había limitado a causar pérdidas de importancia económica secundaria. La ausencia de prácticas de control, económicamente adecuadas y oportunas ha

condicionado favorablemente la severidad actual del complejo patogénico.

10.6.4 CONTROL

Para lograr y obtener resultados satisfactorios, eficientes y económicos es necesario integrar las diferentes medidas de control bien sean genéticas, culturales o químicas.

1. Control Genético:

En nuestro medio existen híbridos o variedades de sorgo tolerantes y resistentes a algunos patógenos del complejo de enfermedades fungosas.

2. Control cultural:

Se debe efectuar un excelente control de malezas y plagas en el cultivo. Igualmente se recomienda fertilizar con niveles adecuados de nitrógeno, fósforo y potasio, puesto que los excesos de N favorecen la incidencia de enfermedades. La superpoblación de plantas crean microclimas dentro del cultivo que favorecen el desarrollo de patógenos. Realizar en las zonas siembras oportunas y dentro de un rango corto de

tiempo. Las rotaciones de cultivos con especies no gramíneas son recomendadas.

3. Control Químico

Cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de los patógenos que atacan la lámina foliar (FC1 y FC2), se hace necesario aplicar fungicidas de tipo sistémico curativos tales como: Triadimefon (Bayleton), Benomyl (Benlate), Carbendazim (Derosal y otros), Thiofanato (Top-sin) y Tthiabendazol (Mertec). Generalmente las aplicaciones se realizan entre los 40-50 días. Estas aplicaciones normalmente son suficientes para controlar los problemas fungosos foliares y bajar la presión del inóculo sobre el ambiente que va a rodear la panícula, una vez emergida.

Durante la fase del llenado de grano se pueden presentar condiciones ambientales favorables para la aparición de hongos del complejo fungoso de los granos. En tales circunstancias se deben aplicar fungicidas del tipo protectante, tales como: Mancoceb (Dithame, Manzate y otros), Propineb (Antracol) y Captafol (Difolatan).

10.7. Requerimientos hídricos de cultivos de sorgo y los métodos de riego.

10.7.1 Requerimientos Hídricos

Los requerimientos de agua del sorgo debidos a la Evapotranspiración, varian entre 350 y 390 mm aproximadamente, para todo el ciclo del cultivo. Esta cantidad es la que requiere la planta sus demandas biológicas. Para cubrir estas necesidades, en virtud a la distribución de las lluvias se necesita que en las zonas productoras se registren precipitaciones de por lo menos 550-600 mm.

Los mayores requerimientos hídricos ocurren entre los 30 y 70 días de edad del cultivo con valores promedios diarios de evapotranspiración entre 4.40 y 5.60 mm/día.

En la Tabla No. 32 se presentan los valores de evapotranspiración y coeficientes del cultivo "Kc", obtenidos para las condiciones climáticas de El Espinal y medidos hasta los 90 días de edad del

Tabla No. 32. Evapotranspiración y Kc para el cultivo de sorgo, Espinal Tolima

EDAD DEL CULTIVO (Días)	EVAPOTRANSPIRACIÓN		Kc (*)
	mm	mm - día	
0 - 10	33.3	3.33	0.61
11 - 20	36.6	3.66	0.67
21 - 30	42.4	4.24	0.86
31 - 40	46.9	4.69	0.88
41 - 50	49.8	4.98	1.05
51 - 60	56.3	5.63	1.23
61 - 70	48.5	4.85	1.06
71 - 80	40.3	4.03	0.93
81 - 90	17.1	1.71	0.40
TOTAL	371.2		

*Kc = Evapotranspiración / Evaporación

cultivo de sorgo. (Corpoica Sena 1998)

El conocimiento del coeficiente de cultivo "Kc", tomado como la relación entre la evapotranspiración y la evaporación del tanque Clase "A" de la estación meteorológica, es de gran importancia y utilidad, ya que en zonas con condiciones climáticas similares a aquellas donde fue obtenido, es posible calcular o estimar en una forma aproximada pero más ajustada a la realidad, las necesidades hídricas del cultivo para un periodo determinado, utilizando valores de evaporación obtenidos de una estación climatológica representativa o medida directamente en la finca; Utilizando la expresión $E_t = E_v * K_c$, podemos estimar las necesidades de agua del cultivo y conociendo la distribución de lluvias de la región es posible planificar las siembras en cuanto a épocas, de tal manera que las etapas de cultivo de mayores necesidades coincidan con periodos de buena precipitación, disminuyendo así las aplicaciones de riego suplementario en aquellas áreas de poca disponibilidad de agua para riego; o en el caso de regiones donde el recurso hídrico no es limitante, las programaciones de riego se hagan basadas en las necesidades reales del cultivo.

De acuerdo con los resultados de las investigaciones realizadas en el C.I.

Nataima, de El Espinal, las épocas críticas de déficit hídrico varían de acuerdo con el genotipo; sin embargo se puede considerar, en general, como crítica la etapa entre pre-floración y post-floración.

En cuanto al método de riego, se puede indistintamente utilizar aspersión o gravedad teniendo en cuenta aspectos como disponibilidad de agua, adecuación existente a nivel predial, mano de obra disponible (en relación con cantidad y experiencia). Lo importante es que la decisión de cómo, cuando y cuanto regar sea tomada con base en las necesidades reales del cultivo y en resultados de análisis o determinación de parámetros físicos del suelo.

10.7.2 El Riego por surcos.





Los surcos son un conjunto de lomos paralelos que se construyen con surcadora o cultivadora con marcadores, para guardar una adecuada distribución y que permita que el agua fluya por entre ellos. El fondo se llama surco y el lomo entresurco. La separación entre surco dependen de la distancia de siembra del cultivo. Desde luego, la sembradora colocará la semilla del cultivo en los lomos. También se pueden adaptar las sembradoras corrientes para que hagan las dos labores a la vez: surquen y siembren al tiempo. El surco sirve para aplicar el agua de riego al cultivo y para sacar los excesos de agua en invierno (Avella 1993).

Condiciones de los surcos para una buena aplicación del agua de riego

1. Que tengan un desnivel o pendiente suave en el sentido de la siembra.
2. Que tengan una longitud determinada de acuerdo a la clase de suelos del predio a regar.
3. Que se les pueda colocar una cantidad de agua por unidad de tiempo o caudal máximo, que no cause erosión ni arrastre de suelo y semillas.
4. Que el caudal aplicado dure un tiempo determinado en cada surco que asegure la cantidad total de agua que se quiere aplicar.

10.7.2.1 Pendiente.

Afortunadamente la gran mayoría de los lotes de los distritos de riego, tienen una inclinación del suelo o pendiente muy suave, menor del 3% y en general, inferior al 1%, lo cual es ideal para la aplicación del riego por surcos. Si el desnivel es uniforme el agua avanzará a lo largo del surco en forma continua.

10.7.2.2 Cantidad de agua a aplicar por segundo o caudal por surco.

Para los suelos de los distritos de riego del interior del país se ha logrado establecer la cantidad de agua que por segundo debe entrar a cada surco y este caudal varía entre 0,6 y 1,25 litros por segundo. Esto se logra muy fácilmente usando sifones para riego hechos de tubos PVC (Conduit), de 1 ¼" de diámetro (Avella 1993).

El sifón hay que cebarlo utilizando una

mano como válvula para hacer el vacío y llenarlo. Un buen regador ceba y pone en funcionamiento cuatro sifones por minuto. Por cada 10 litros/segundo de dotación de riego que le otorgue el distrito, tenga en uso 15 sifones para riego.

El agua va avanzando a lo largo del surco y se va infiltrando en el suelo en forma radial y aún ascendente, debido a la fuerzas que desarrollan los poros del suelo; pasado cierto tiempo hay una zona bajo el surco saturada, otra alrededor húmeda y zonas secas generalmente en las hileras del cultivo.

Al suspender la entrada de agua al surco, el agua remanente dentro de él continúa moviéndose hasta quedar muy bien distribuida como humedad aprovechable para el cultivo.

10.7.2.3 La longitud de los surcos.

La cantidad de agua que se acumula a lo largo del surco tiende a ser variable y para tratar de igualarla se hace



uso de las características de infiltración del suelo y la longitud del surco. Los trabajos desarrollados por Fenalce-Himat, determinaron que la mejor longitud de surcos es de 100 m., pudiendo variar entre 80 y 120 metros (Avella 1993).

La tendencia mundial de los mejores productores es usar longitudes de surco más cortas ya que logran mayor eficiencia en la aplicación del agua, o sea que quede una mayor cantidad de agua como agua aprovechable.

17.2.4 Duración de la aplicación de agua a los surcos ó tiempo de riego.

El tiempo (horas o minutos) que cada surco recibe agua, define la cantidad de agua que queda *aprovechable para el cultivo*. Si el tiempo es muy corto hay deficiencia de agua y no queda uniformemente distribuida. Si se riega por mucho tiempo habrá ineficiencia pues el agua se pierde, queda el suelo sobresaturado causando daño a las raíces del cultivo.

El tiempo de aplicación es clave en la calidad del riego y ha sido determinado en sólo 90 minutos para los distritos de riego del centro del país (Coello y Saldaña).





Causas y determinación de pérdidas en la recolección mecánica de sorgo

10.8. Causas y determinación de pérdidas en la recolección mecánica de sorgo.

Alrededor de 30 días después de la floración, el grano de sorgo alcanza su madurez fisiológica y forma una capa negra (abscisión) que corta el movimiento de nutrientes y agua de la planta al grano. En este estado el grano tiene entre un 30 y 35 % de humedad y continúa perdiéndola durante los 15 a 20 días subsiguientes, hasta alcanzar una humedad que permite iniciar la cosecha.

El Sorgo se puede recolectar con humedades del grano entre 18-20% pero necesita ser secado inmediatamente. En muchas regiones con climas secos y cálidos se acostumbra dejar que los granos de sorgo tengan cerca del 15% de humedad para su recolección. Esta humedad requiere una muy buena calibración de la cosechadora para evitar el fisurado y partimiento de los granos, situación indeseable en términos de calidad, además que favorece el desarrollo de hongos en el almacenamiento.

Los sistemas de recolección a granel son más eficientes que el sistema a bultos. De igual forma en el sistema de trilla, las cosechadoras



equipadas con cilindro de barras realizan mejor desgrane y produce menores daños a los granos que el sistema de dientes.

Las causas asociadas con las pérdidas en recolección están asociadas, el volcamiento de plantas, algunas plagas (*Diatraea* sp.), presencia de malezas, condiciones climáticas y equipo de recolección en mal estado o

y aumentan la humedad de los granos. Ello se puede subsanar con el uso de desecantes químicos a base de paraquat que, aplicados sobre el cultivo, permiten adelantar y facilitar la cosecha mecánica sin afectar los granos. El tratamiento se hace, por lo general, cuando los granos tienen entre 25 y 28% de humedad (unos 5 a 10 días antes de la fecha estimada para cosechar), en dosis de 1,5



mal calibrados sus sistemas de corte y alimentación, trilla y separación y limpieza. El sistema de recolección a bultos genera pérdidas por el excesivo manipuleo, transporte interno y estado de los empaque.

Durante la cosecha, las hojas aún verdes de las plantas, rebrotes, macollos tardíos y la presencia de malezas, dificultan el trabajo

Lts /Ha, siendo conveniente consultar a un asesor para establecer la dosis y momento de aplicación más apropiados.

10. 8.1 Causas y evaluación de pérdidas en la recolección de sorgo.

10.8.1.1 Pérdidas precosecha

Son aquellas que se presentan por factores



que nada tienen que ver con la máquina, como son: volcamientos, grano muy seco, control de malezas, daños por animales o robos.

10.8.1.2 Pérdidas en el sistema de corte (cabezote)

Usualmente corresponden al grano que cae al suelo por acción del paso del cabezote de la “combinada”. Se presenta por que la barra de corte deja espigas en el cultivo; el grano cae al suelo por acción de las cuchillas de las barras de corte; la velocidad de molinete es muy alta y desgrana las espigas al golpearlas; la velocidad del molinete es muy baja y los tallos cortados caen fuera de la canoa; la velocidad de la combinada es muy alta, lo cual facilita la caída de grano al suelo; el molinete no alcanza a

sostener algunas plantas y las cuchillas las lanzan fuera de la canoa; los tallos no son cortados, sino triturados por el mal estado de las cuchillas; el juego libre entre la canoa y el caracol no es el adecuado; los dedos retractiles han sido cambiados por otros sistemas; el juego entre la cadena transportadora y la caja no es el adecuado (Chaparro, 1990).

10.8.1.3 Pérdidas en el sistema de trilla

Usualmente están representadas por espigas sin trillar, aún cuando puede ser grano partido por efecto de una trilla muy agresiva. El sistema de trilla no funciona adecuadamente si hay espigas o pedazos de espigas que salen por la cola de “la combinada” hay grano partido en el tanque de grano o el cilindro recibe excesivo material de retorno.

Son causas generales de este tipo de pérdidas: excesiva velocidad del cilindro; dientes partidos o falta de dientes en el cilindro o en el cóncavo; muchas hileras de dientes en el cóncavo; mucha separación cilindro-cóncavo; poca separación cilindro-cóncavo; falta de alineación entre el cilindro y el cóncavo; grano muy seco o muy húmedo; correas de mando flojas o gastadas

10.8.1.4 Pérdidas en el sistema de separación y limpieza

Las pérdidas de separación se presentan porque el grano que llega con la paja al saca pajas no alcanza a atravesarlo y sale por la cola de "la combinada". Se presenta este tipo de pérdida porque: hay un exceso de material que impide el paso de los granos a la unidad de limpieza; la velocidad del sacapajas es inadecuada; la inclinación del sacapajas es baja, la humedad relativa es muy alta, lo cual facilita la adherencia de los granos a la paja; daños mecánicos en las rejillas del sacapajas; deflectores rotos o faltantes; correas de mando flojas o desgastadas (Chaparro, 1990)

Las pérdidas por limpieza son las que ocasionan que salga grano por la cola de la combinada por efecto de un elevado caudal de aire, o también por suciedades que van al tanque de grano o a los costales porque el

sistema no alcanza a realizar la limpieza. Estas situaciones se presentan por: demasiado caudal de aire del ventilador; poca caída de aire del ventilador; demasiado material sobre las cribas, ajustes inadecuados y tapado de las mismas

Además de las anteriores pérdidas, algunas combinadas pueden presentar pérdidas por fugas en cualquiera de sus componentes (Chaparro, 1990)

10.8.2 Evaluación de pérdidas en la recolección

Existen diferentes métodos y adaptaciones a los mismos para hacer el cálculo de pérdida de grano en el campo. Se hace avanzar la cosechadora unos 50 m., espacio que nos permite que todos los mecanismos comiencen a trabajar. Retroceda luego "la combinada" una longitud aproximadamente igual a la de la máquina, párela o trabaje con ella en otro sitio. En el lugar donde hemos hecho la operación anterior podemos hacer todas las mediciones de pérdidas con ayuda de un cuadrado de tubería de PVC de 0.50 mx0.50 m (0.25 m²) cuatro estacas, una piola, bolsas y balanza gramera (Chaparro, 1990)

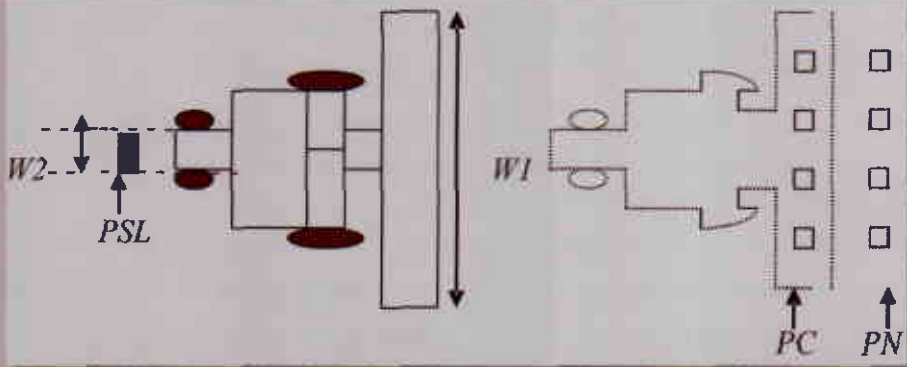
Denominadores:

- ⊙ W1 al ancho del cabezote de la combinada.

- ⊙ W2 al ancho de la cola de la misma.
- ⊙ PN a las pérdidas naturales o de precosecha.
- ⊙ PC a las pérdidas del cabezote.
- ⊙ PT a las pérdidas en la trilla.
- ⊙ PSL a las pérdidas de separación y limpieza.

10.8.2.2 Determinación de las pérdidas en el cabezote (PC).

En un sitio por donde ha pasado el cabezote de la combinada pero no ha caído paja. Re realiza el mismo procedimiento anterior. Se denomina "B" al promedio de grano recogido y se considera que en ese lugar hay



10.8.2.1 Determinación de las pérdidas naturales o precosecha (PN).

En una zona por donde no ha pasado "la combinada". Se coloca el cuadrado de PVC en 4 sitios diferentes, se recoge el grano de cada uno de ellos, se pesan y promedian. Llamamos "A" el peso promedio en kilogramos (Kg) el valor estimado de las PN es:

$$PN = 40.000 \times A \text{ (Kg/ha)}$$

PN que deben descontarse para el cálculo de la PC. PC se calcula así:

$$PC = 40.000 (B - A) \text{ (Kg/ha)}$$

10.8.2.3 Determinación de las pérdidas de trilla (PT).

Al igual que las perdidas causadas por los sistemas de separación y limpieza (PSL) se determinan en el material que ha salido por la cola de "la combinada" considerando que este material proviene de un ancho W1

(ancho de corte) y sale por un ancho W2 (ancho parte trasera de la combinada).

$$PSL = (20.000 \times D) / W1 - (40.000 \times W2 \times B) / W1$$

Para el cálculo de las pérdidas de trilla se recogen las espigas y pedazos de espigas con granos adheridos que se encuentran en un área de 0.50m x W2 m, se desgranran y pesan. A este peso en kilogramos lo denominamos "C" y mediante la siguiente fórmula calculamos las PT:

$$PT = (20.000 \times C) / W1 \text{ (Kg./ha)}$$

10.8.2.4 Determinación de las pérdidas de trilla.

Se utiliza la misma área considerada anteriormente (0.50 x W2 m²) se recogen los granos sueltos allí encontrados y mediante cuatro ensayos diferentes se determina el peso en kilogramos de estos granos sueltos. A este peso promedio se denomina "D". Considerando que esos granos sueltos pueden ser PN, PC, o PSL, hallamos las PSL mediante la siguiente fórmula:

10.8.2.5 Pérdida total

Empleando las fórmulas mencionadas anteriormente, se puede estimar con bastante certeza de las pérdidas individuales. Sumando PC, PT Y PSL encontramos las pérdidas totales (PTOT) causadas por la combinada

La producción Neta (Rendimiento de campo) mas las pérdidas totales, la denominamos producción neta y su relación establece el porcentaje de pérdida total.

Se espera que este porcentaje esté por debajo del 3.0% en la mayoría de los cultivos. Si esto no ocurre, es necesario determinar la causa de las pérdidas y hacer los ajustes correspondientes en la máquina. Nunca haga dos ajustes simultáneos, pues es difícil saber cuál de ellos causó disminución en el porcentaje de pérdidas o qué efecto individual se produjo (Chaparro, 1990).



10.9. Comercialización.

El cultivo del sorgo se difundió en Colombia con el fin primordial de producir materias primas para una agroindustria que venía incrementándose notoriamente en el país y la producción de alimentos balanceados para abastecer la cada día mayor demanda de planteles avícolas, porcícolas y ganaderos. Es por esta razón que el gran apogeo de su cultivo se dio paralelo al crecimiento de la avicultura. La empresa Purina juega un papel importante en este proceso a finales de los años sesenta y en los inicios de la década de los setenta, donde introdujo los primeros híbridos comerciales, fomentó intensamente su cultivo y realizaba directamente la compra de este cereal a los agricultores en las regiones, a través de los Almacenes de depósito.

Por estas mismas épocas, como respuesta al avance del cultivo y con miras a colaborar con su fomento, el gobierno nacional por intermedio del INA y luego del naciente IDEMA establece los precios de sustentación para el sorgo, que en ese entonces eran superiores a los del mercado internacional y fueron determinados teniendo como base los costos de producción de los agricultores mas una utilidad racional. La absorción de cosechas por esta institución fue muy importante en el Tolima y algunas regiones de la Costa Atlántica en los primeros años de puesta en marcha este mecanismo, generando insolvencia temporal en las arcas oficiales y grandes demoras en los pagos a los cultivadores ocasionando perjuicios económicos por el vencimiento de sus obligaciones crediticias.

Como consecuencia de lo anterior, en el afán de garantizar un pleno abastecimiento de materias primas, se inicia la intervención de la Industria avícola y de concentrados en este mercado, quienes al comienzo optan por competir con ese Instituto asumiendo el precio

de sustentación como el de mercado, pero con menos exigencias en cuanto a normas de calidad, pagos oportunos y recibiendo el grano en las zonas de producción a través de los Almacenes de depósito. La respuesta de los agricultores en las regiones centrales, como el Valle, el Tolima, el Huila fue positiva a esta actividad y desde entonces los industriales han ejercido una posición oligopsónica reforzada con disponibilidad de recursos financieros, almacenamiento, e información sobre precios internacionales y sus tendencias. La acción del IDEMA se limitó fundamentalmente a la Costa Atlántica.

El crecimiento de la industria avícola provocó niveles de producción internos inferiores a la demanda, situación que obligó al gobierno a permitir importaciones de este cereal que en principio se realizaron a través del IDEMA, luego utilizando licencias previas con el visto bueno del Minagricultura y finalmente liberalizando las importaciones con la implementación de algunos mecanismos en defensa del productor nacional.

Para garantizar la compra de las cosechas de sorgo en estas condiciones, se estableció la política de absorción de cosechas, apoyada en el mecanismo de Vistos Buenos a las importaciones, mediante la cual se

garantizaba la compra de la producción nacional, a un precio establecido entre los agricultores, representados por FENALCE y los industriales, con la participación del gobierno, el cual se calculaba con base en el costo de importación del maíz. (Para el sorgo era el 95% del precio de maíz). Esta situación se mantuvo hasta finales del 2003

Por exigencia de la Organización Mundial del Comercio, a partir del 2004, se establece el Mecanismo Público de Administración de Contingentes Agropecuarios (MAC) con el cual se pretende garantizar la compra de la producción nacional, pero con la puesta en marcha del mismo se pudo demostrar que no se obligaba a hacerlo en la épocas de salidas de cosechas, ni se logra establecer un precio mínimo de compra. Para salvar esta situación FENALCE logra realizar unos acuerdos con la industria nacional y se fijan unos precios de compra para los años siguientes, mientras se logran corregir las imperfecciones del MAC o implementar otra estrategia.

El sorgo actualmente lo compran un número importante de empresas que se dedican a la producción de alimentos balanceados y de industrias avícolas, porcícolas y piscícolas, ubicadas en Bogotá, Valle del Cauca, Medellín, Bucaramanga, Tolima, Huila y la

Costa Atlántica; quienes adquieren el producto a través de Almacenes de depósito en las zonas de producción, la Bolsa Nacional Agropecuaria, e intermediarios, los primeros y directamente los segundos en sus plantas. Los precios del sorgo acordados con la industria, están referidos a los del maíz amarillo, los cuales se determinan con base en los precios internacionales aplicando unos mecanismos de protección arancelaria y corresponden al 93% de los del maíz.

Los productores de sorgo cuentan con un mecanismo de comercialización moderno, ágil, transparente y plenamente garantizado, a través de la Bolsa Nacional Agropecuaria S.A., al que se puede acceder utilizando cualquiera de las firmas comisionistas que operan en las principales ciudades del país. Para ello se han diseñado diferentes modalidades de negociación así:

- **DISPONIBLES:** Cuando el producto existe físicamente. Estos pueden ser de entrega inmediata si la entrega del mismo se realiza dentro de los cinco (5) días hábiles siguientes a la fecha en que se realizó la negociación. De entrega futura Cuando su liquidación y entrega del producto tranzado se debe efectuar después del trigésimo (30o.) día hábil siguiente a la fecha en que se realizó la operación.
- **CONTRATOS FORWARD:** operación mediante el cultivador puede vender anticipadamente su cosecha, especificando la cantidad, calidad de su producto, el sitio de entrega, precio y plazo para el pago. En esta modalidad el agricultor se obliga a entregar el producto en las cantidades y condiciones establecidas en la negociación y el comprador a pagar dentro de la fecha fijada y en el precio pactado por el producto recibido.
- **REPOS:** Consiste en la venta inmediata y recompra a plazo de Certificados de Depósito de Mercancías (CDM), emitidos por los Almacenes Generales de Depósito (AGD), en los casos en que un agricultor o una sociedad de cualquier orden, que aglutine los mismos decida almacenar y requiera obtener recursos inmediatos para capital de trabajo a unas tasa razonables.

En la comercialización del sorgo existen parámetros para determinar la calidad de los mismos, siendo estos los que en últimas definen el precio final a pagar al productor. La secuencia del recibo de un cargamento de sorgo en una planta industrial se inicia determinando la temperatura y el olor por medios organolépticos y la presencia de insectos nocivos en los granos por medios

mecánicos. Se originan rechazos en los lotes que presenten recalentamiento u olores no característicos. Luego se determinan los contenidos de humedad e impurezas y granos con glumas procedentes del campo. Se tiene establecido como base de compra la siguiente:

Humedad:	15%
Impurezas:	3%
Granos con glumas:	5%

La tolerancia de recibo, es decir los parámetros hasta donde se pueden aceptar cargamentos de sorgo son:

Humedad:	20%
Impurezas:	10%
Granos con glumas:	15%

Seguidamente se determinan los granos partidos y los factores de calidad por separación manual. La tolerancia de recibo por estos factores es.

Grano partido:	10%
Grano con hongos:	2%
Grano dañado total:	8%
Número de insectos vivos en 1.000 gramos:	5

A los lotes que presenten condiciones de humedad, impurezas, granos con glumas, por encima de la base de compra pero dentro de las tolerancias de recibo se les aplica el factor de descuento establecido en las tablas diseñadas para ese propósito.

Tabla No. 33 Factores de descuento en sorgo

		Humedad %					
		15	16	17	18	19	20
Impurezas %	3	1.0000	0.9882	0.9765	0.9647	0.9529	0.9412
	4	0.9897	0.9780	0.9664	0.9547	0.9430	0.9315
	5	0.9794	0.9678	0.9563	0.9448	0.9332	0.9218
	6	0.9691	0.9576	0.9463	0.9348	0.9234	0.9121
	7	0.9588	0.9474	0.9362	0.9249	0.9136	0.9024
	8	0.9485	0.9373	0.9262	0.9150	0.9038	0.8927
	9	0.9381	0.9270	0.9160	0.9049	0.8939	0.8829
	10	0.9273	0.9168	0.9059	0.8950	0.8841	0.8732

Fuente: Manual de análisis y procedimiento para compra de granos IDEMA 1987

Tabla No. 34 Tabla de descuentos por granos con glumas en sorgo

Granos con glumas	Descuento
5.1% a 7.0%	0.5%
7.1% a 9.0%	1.0%
9.1% a 11.0%	1.5%
11.1% a 13.0%	2.0%
13.1% a 15.0%	2.5%

Tabla No. 35 Taninos en sorgo

Tolerancia máxima	Descuento
1.5% (Catequina)	4.5% sobre el precio

Tabla No. 36 Micotoxinas

Tipo	Tolerancia
Aflatoxinas	20 p.p.b.
Ocratoxina	100 p.p.b.
Toxina	100 p.p.b.

Para el primer semestre del año 2006 rigen condiciones de fijación del precio interno que como mínimo debe ser el precio de paridad, que tiene en cuenta las variables relacionadas con el costo de importación mas un 44% del ahorro arancelario al que tienen derecho los importadores que

absorben cosecha nacional (Fenalce, 2005). El precio de paridad se calcula mediante la siguiente formula:

$$PP: \{ [(((FOB + FM) + SM) \times (1 + @)) + GP + EPA] \times TRM \} + (FCC - FCAC)$$

En donde:

PP : Precio de Paridad.

FOB: Precio Futuro (PF) + Base (B). PF: valor del contrato futuro vigente más cercano al mes de la compra de la cosecha, según el producto, mercado de referencia para la Comunidad Andina, que como el maíz amarillo corresponde a los contratos de maíz amarillo no. 2 de la Bolsa de Chicago. B base valor promedio mensual de los tres últimos años (según la Bolsa de Chicago); para maíz amarillo los valores será 13.98 USD/Ton para diciembre de 2005 y 13.98 USD/Ton. para diciembre de 2005, 13.64 USD/Ton para Enero 13.3 UD/Ton Febrero y 12.12 USD/Para marzo de 2006.

FM: Flete Marítimo, cuyo valor se establecerá mediante valores avalados por el consejo de la cadena. Para los meses de diciembre de 2005 y enero de 2006 serán de \$18.17 USD/Ton para la Costa Atlántica y de 22.25 USD/Ton para Buenaventura.

SM: seguro marítimo 0.5% del valor FOB, mas flete marítimo.

@: Arancel, según corresponde al CIF calculado para el día de la negociación, de acuerdo con la tabla aduanera de la CAN.

GP: Gastos Portuarios, de US \$8.5 por tonelada.

TRM: Tasa representativa del mercado.

Fletes Domésticos: Tarifa del flete de carga de acuerdo con la tabla de Mintransporte, incrementado en \$3.000 por tonelada de descargue.

FCC: Flete de Puerto al centro de consumo.

FCAC: Flete de centro de producción a centro de consumo.

EPA: Efecto de preferencia arancelaria, que corresponde a la transferencia del ahorro percibido en el contingente por vía del precio. Este valor se determina mediante la siguiente fórmula:

$$EPA = (44\% \times \text{Puntos de Arancel diferidos} \times \text{IBSA} \times \text{CIF})$$

Los valores de Precio futuro (PF) y Tasa representativa del mercado (TRM) aplicables corresponden a los valores vigentes para el día de la negociación.

Finalmente, el precio del sorgo será el 93% de la liquidación del precio de paridad del maíz.



11. Coeficientes técnicos.

Este tema señala los aspectos relevantes en las labores del cultivo, maquinaria con la cual se realizan, insumos representativos y tiempo de ejecución de las principales actividades desarrolladas para la producción de sorgo. La Tabla No. 37, presenta los coeficientes técnicos para la zona del Valle Alto del Magdalena y debe ser tomada como una guía de tipo general. Las labores e insumos referenciados no constituyen recomendación alguna.

Tabla No. 37. Coeficientes técnicos para el Cultivo del sorgo en la región del Valle Alto Magdalena.

Descripción	Especificación	Unidad	Cantidad
Cincelada	Cincel rígido 3 cuerpos + tractor 110 HP	Hm	0,5
	Cincel vibratorio 21 cuerpos + Tractor 90 HP	Hm	0,7
Rastreada	Rastra 28 discos x 20"discos + tractor 90 HP	Hm	1
Rastrillada	Rastrillo 40 discos x 22" + tractor 90 HP	Hm	2
Siembra	Sembradora 6 líneas con abonadora + tractor 90 HP	Hm	1,6
Recolección	Cosechadora (plataforma 4,2 m.) 140 HP	Hm	0,8
Transporte interno recolección	Tractor 90 HP	Hm	0,3
Transporte interno siembra	Tractor 90 HP	Hm	0,3
Semilla	Híbrida	Kg	14-22
Agua	Riego por gravedad	m ³	300
Fertilizantes	Kilogramos de urea	Kg	250
	Aplicación manual (voleo)	Hh	4,5
Herbicida Terrestre	Metolaclor + Atrazina 9-0	L+Kg	1,0 + 1,2
	Tractor 80 HP + Fumigadora 600 litros 14 m	Hm	0,3
Insecticida Terrestre	Lorsban	Ll	1
	Tractor 80 HP + Fumigadora 600 litros 14 m	Hm	0,3
Fungicida Terrestre	Carbendazim	Ll	0,5
	Manual (bomba espalda 20 litros)	Hh	2,5

Debe entenderse que no todas las labores de labranza relacionadas son realizadas por los productores. También cada labor puede ser efectuada en más de una oportunidad y que los fertilizantes, herbicidas, insecticidas y fungicidas, cambian de acuerdo a las zonas productoras.

Bibliografía

AVELLA T., A. 1993. Como y cuanto regar por surcos. HIMAT FENALCE BANCO MUNDAL. Espinal Plegable.

CASTRO F., 1996. Bases técnicas para el conocimiento y manejo de los suelos del Valle Cálido del Alto Magdalena. Produmedios. Bogotá. 107 pp

CLAVIJO, P. J. 1994. Sorgo HW 1758 un híbrido de amplia adaptación. Ciba Geigy. Colombia. 116p.

CHAPARRO C., J. 1990. Pérdida de granos en la cosecha. En: La combinada. Universidad Nacional - SENA - Bogotá: pp : 39-45.

CORPOICA SENA. 1998. Manejo tecnológico de los cultivos de maíz y sorgo. Ibagué. Tecnimpresos. 46p.

DÍAZ D., A. Aspectos ecofisiológicos sobre el cultivo del sorgo granífero. ICA Documento . Espinal: pp: 1-10

DOGGETT, H. 1988. Sorghum. 2nd edn. Trop. Agric. Series: Longman. 512 pp.

EASTIN. J.D. 1972 . Photosynthesis and translocation in relation to plant development. In: Prasada Rao, N.G., and House, L.R. (eds) *Sorghum in three seventies: Oxford and IBH Publi. Co., New Delhi.*

EASTIN. J.D. 1972 . Efficiency of grain dry matter accumulation in grain sorghum. Rept. Ann. Corn and Sorghum Res. Conf. 27: 7-17. Am. Seed Trade Assoc., Washington, D.C. USA.

EMBRAPA. 1982. Recomendaciones para o cultivo de Sorgo. Circular Técnica No.1, Sete Lagoas, M.G., Brasil

ESPINOSA, J. 2.000. Manejo de nutrientes en agricultura por sitio específico en cultivos tropicales. En informaciones Agronómicas No.39. INPOFOS. Quito, pp:9-13.

ESPINOZA, L. Fertilization and liming. Arkansas University in: Sorghum grain production, pp:21-24

EVANS, L.T., and Wardlaw, I.F. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. Adv. Agron. 28: 301-359.

FAO. 1991. Sorgo. Un cereal para los pequeños productores del semiárido de América Latina y el Caribe. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago, Chile.

FAO.2005. FAOstat. www.fao.org

FENALCE. 2005. Subasta de contingentes del maíz amarillo 2006. En: Coyuntura Económica. No.4. 2005. Departamento Económico. Bogotá. pp: 1.

FERNÁNDEZ A., H. 1990. Enfermedades de sorgo y recomendaciones en Colombia. En: Curso de actualización sobre el cultivo del sorgo. FENALCE. Villavicencio.

FISHER, K.S., and WILSON, G.L. 1971b. Studies of grain production in *Sorghum vulgare*.II. Sites responsible for grain dry matter production during the post-anthesis period. Aust. J. Agric. Res. 22:39-47.

GARCÍA F. 1993. Integración de métodos para el manejo de Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) En: seminario Internacional sobre los cultivos de sorgo y maíz sus principales plagas y enfermedades. ICA, FENALCE, Occidental de Colombia Inc., Intsormill y Cimmyt. Bogotá. pp: 33.

GORZ, H.T, Haskins, F.A and VOGUEL, K. P. Inheritence of dhurrin content in sorghum leaves. Crop Sci. 26:65-67.

GUERRERO R. 1998. Propiedades generales de los Fertilizantes. Manual Técnico. La recomendación de Fertilizantes. Monómero Colombo-Venezolanos. Bogotá DC. 80pp

GIACOMINI DOS SANTOS, F., E. BRESANI, W. 1986. O Sorgo Sacarino na Industria do Alcohol. Informe Agropecuario, EMBRAPA, Belo Horizonte, 12 (144), p.15-17.

HAY, R.K.M., and WALKER, A.J. 1989. An introduction to the physiology of crop yield: Longman Scientific & Technical.

HERRERA, A.,V y Palomo M.,T. 1985 Utilización de harina de cereales para la elaboración de alimentos. San Pedro Sula, Honduras. P: 62-72

HERRERA L., R. 1987. Poblaciones en sorgo. En: producción moderna del sorgo. ICA- FENALCE. Ibagué. pp: 26-42

HOUSE, L.R. 1985 A guide to sorghum breeding. 2 nd end: ICRISAT, India.

IDEMA. 1987. Manual de análisis y procedimientos para compra de granos. Ministerio de Agricultura. Colombia. Bogotá.

KRIEG, D.R. 1983 Sorghum. In: Teare, I.D., and Peet, M.M. (eds.) 1983 Crop - water relations: John Wiley & Sons. 547 pp.

MAGALHAES, P. 2003 ET AL. Fisiología de planta de sorgo comunicado técnico.86 Ministerio de Agricultura, pecuaria e abastecimiento. Sate Lago as M.G. Brasil. 4p

MOLINA G., C. 2003 El Valle del Alto Magdalena: Refugio del cultivo del Sorgo en Colombia. En: El Cerealista. FENALCE No. 87. Octubre 2003. pp: 24-30

MOLINA G., C. 2002. Estrategias para incrementar la eficiencia de los fertilizantes en el cultivo del maíz FENALCE. Curso Ingenieros Agrónomos. Neiva. pp:34.

MOLINA G., C. 2002. Aspectos físicos del suelo y su relación con la labranza en el cultivo del maíz. FENALCE. Curso Ingenieros Agrónomos . Neiva. pp:25

Paul, C. 1990. Agronomía del Sorgo. Instituto Internacional para la Investigación en Cultivos para los Trópicos Semiáridos. ICRISAT. Patancheru, India. 301 p.

PEACOCK, J.M., and WILSON, G.L. 1984. Sorghum. In: Goldsworthy, P., and Fisher, N.M. (eds.) 1984. The physiology of field crops: John Wiley and Sons Ltd.

PULIDO J. 1987. Manejo de insectos plagas en el Valle del Cauca. En: El cultivo del sorgo en el Valle del Cauca. ICA FENALCE- Palmira. pp .78-80.

PURSEGLOVE, J.W. 1972. Tropical crops. I. Monocotyledons: Longman. pp 259-286

QUINBY S.R.1974. Sorghum Imporvement and the Genetic Of growth. Texas A.G.M. University. Texas. pp. 188

ROSTAGNO, H.S. 1986 Utilización de Sorgo an Raciones de Aves e Suinos. Informe Agropecuario, EMBRAPA, Belo Horizonte, 12 (144), p.18-27.

SÁNCHEZ. G. 1992. Guía general para el manejo integrado de plagas en el cultivo del sorgo en Colombia. ICA, FENALCE - Bogotá. 1p: 19

STICHLER, CH. Et. al. Irrigated and dryland grain sorghum production south and southwest. TEXAS. The Texas A.& M University. pp:12.

TEETS. Et al. 1983. Manual para la identificación de las plagas insectiles del sorgo. ICRISAT. Boletín de información No.12. Pantancheru. India 124 p.

TORREGROSA C., M. 1979. Principales aspectos agronómicos del cultivo del sorgo en Colombia. ICA. C.E. Tibaitatá. 23p.

VANDERLIP, R.L. 1972. How a sorghum plant develops. Cooperative Extension Service. Kansas State University. Manhattan. 19 p.

VÉLEZ A. A. 1985 Notas sinópticas de entomología económica colombiana. Secretaría de Agricultura de Antioquia. pp:258.

VIOLIC. 2002. Manejo del cultivo del maíz. En El maíz Tropical FAO.

WALL J.S., and ROSS, W.M. (eds.) 1970. Sorghum production and utilization: AVI, Westport, Conn., USA.

WILLIAMS R., FREDERIKSEN R., GIRARD. 1978. Manual para

la identificación de las enfermedades del sorgo y el Mijo. ICRISAT.
Boletín informativo No. 2 . Pantancheru, India. 88p.

FOTOGRAFÍAS:

Plagas : ICRISAT

Enfermedades: ICRISAT.

Manejo agronómico: Autores.

