

Trabajo de investigación



10928

/ EFICIENCIA DE PRODUCCION EN SORGO DE GRANO
(Sorghum vulgare Pers)

Claude Grand-Pierre

5607

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL
Programa de Mafz
Apartado Aéreo 67-13, Cali, Colombia

Abril, 1972

INDICE

	<u>Página</u>
SUMMARY.....	1
INTRODUCCION.....	2
LITERATURA REVISADA.....	2-3
MATERIALES Y METODOS.....	4-5
RESULTADOS Y DISCUSION.....	5-9
Primera Parte.....	5-7
Segunda Parte.....	7-9
CONCLUSION.....	10
RESUMEN.....	11
APENDICE.....	12-18
BIBLIOGRAFIA.....	19-20

S U M M A R Y

Various morphological factors affecting the efficiency of production in sorghum (Sorghum vulgare Pers.) were studied at the beginning and the end of the grain filling period.

The first part included the morphological description of the plant at the time of anthesis, considering the following parameters: number of leaves, height of the plant, length of the panicle, leaf area of the five uppermost leaves, total leaf area, dry weight of leaves, and stem and panicle dry weights. The second part of the study involved the following measurements at final harvest: dry weight of the 5 upper leaves, dry weight of the lower leaves, dry weight of stem and panicle, total dry weight of the plant, dry weight of grain from 5 random plants, grain weight of plants with 5 upper leaves only and grain weight of plants without its 5 upper leaves, and yield per hectare.

It was found that the 5 upper leaves contributed 89% of total plant yield. There was a highly significant correlation between total dry weight and total leaf area of the plant, with a correlation coefficient of $r = 0.9884$.

In addition, the leaf of greatest dry weight and greatest leaf area was either the second leaf or the third leaf from the top. The dry weight of the leaves at the moment of anthesis was statistically equal to the dry weight of the leaves at final harvest.

EFICIENCIA DE PRODUCCION EN SORGO (Sorghum vulgare Pers) DE GRANO^{1/}

Claude Grand-Pierre ^{2/}

INTRODUCCION

El sorgo junto con el maíz y la Caña de Azúcar forman el grupo de gramíneas que se consideran las más eficientes en cuanto a asimilación fotosintética y acumulación de materia seca. Sin embargo problemas de diversa índole limitan la manifestación potencial del rendimiento en Sorgo. La gran variabilidad existente dentro de las variedades de Sorgo en cuanto a tipo de planta, altura de planta, tipo de panoja, superficie foliar, longitud de panoja, número de hojas, rendimiento etc. sugiere la posibilidad de estudiar el valor real de dichas características en relación a la eficiencia de producción de la planta.

El presente trabajo tiene por objetivo estudiar un conjunto de factores morfológicos de la planta en relación a la eficiencia de producción de la planta de sorgo (Sorghum vulgare Pers).

LITERATURA REVISADA

El rendimiento final de grano de los cereales es el resultado de la asimilación fotosintética de las hojas y el transporte de sus productos a los gra-

^{1/} Este estudio fué posible gracias a la colaboración desinteresada del Dr. Charles A. Francis, Ph.D. - Coordinador del programa de Maíz del CIAT.

^{2/} Ing. Agrónomo. M.C. Becario de investigación.
Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT.
Cali, Colombia. Apartado Aéreo No. 6713. Abril 1972.

nos junto con una asimilación directa de la panoja del dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera (Fischer y Wilson, 1970). Las diferentes partes en donde se lleva a cabo la fotosíntesis y su contribución relativa a la acumulación de materia seca en los granos después de la floración fueron estudiados en varios cereales como centeno, trigo, arroz y maíz. (Thorne, 1965). Li y Liu (1935) indicaron la importancia de las tres hojas superiores en un tipo no especificado de Sorghum vulgare. Stickler y Pauli (1965) demostraron que las hojas de la mitad superior de la planta están asociadas con el máximo rendimiento. Por otra parte el papel de los fotosintatos producidos antes de la antésis en el relleno del grano de sorgo no es muy conocido, pero en muchos cereales su contribución es solamente una pequeña parte del rendimiento (Thorne, 1965). En trigo provee un máximo de 10% del peso del grano. (Archbold y Mukerjee, 1942; Archbold, 1945; Stoy, 1963; Wardlay y Porter, 1967). En centeno provee un 20% del peso total de la espiga (Archbold 1945; Porter, Pal, y Martin, 1950).

En maíz provee porcentajes insignificantes (Kiesselbach, 1948; Allison y Watson, 1966). En arroz provee un máximo de 30% del rendimiento de grano (Takeda y Maruta, 1955).

En sorgo la asimilación por la panoja y las 5 hojas superiores es responsable de 93% del rendimiento de grano. A la antésis, las hojas inferiores forman el 40% del total de la superficie foliar pero contribuyen solamente en 7% del rendimiento. Durante el desarrollo del grano varias de las hojas inferiores entran en senectud, pero las hojas 5,6 y 7 permanecen verdes hasta la madurez. Sin embargo sin mediciones de la actividad fotosintética, su potencial para proveer materia seca no es conocido (Fischer y Wilson, 1970).

MATERIALES. Y METODOS

Los materiales utilizados fueron 30 genotipos del grupo TAM (Texas A & M) de sorgo por la gran variabilidad de tipos que presentan.

Se utilizó una distribución de bloques al azar con cuatro repeticiones en parcelas de cuatro surcos de 5 metros por 70 cms. entre surcos. El estudio se dividió en dos partes: una parte consistió en la descripción de la planta morfológicamente en el momento de la ántesis y la otra parte versó sobre el estudio de los mismos caracteres morfológicos a la cosecha.

En la primera parte del experimento se cosecharon 5 plantas de los dos surcos laterales a las cuales se les tomó los siguientes datos:

1. No. de hojas.
2. Altura de planta.
3. Longitud de panoja.
4. Superficie foliar de las 5 hojas superiores.
5. Peso de cada una de las 5 hojas superiores.
6. Peso de las hojas inferiores.
7. Peso de Tallo + Panoja. ($T+P_S$ y $T+P_I$)
8. Días a floración.

Por otra parte, se escogieron 5 plantas a las cuales se les quitaron las 5 hojas superiores y 5 plantas a las cuales se les dejaron solamente las 5 hojas superiores. Estas plantas se marcaron y se dejaron en el campo.

En la segunda parte del experimento, o sea a la cosecha, se tomaron los siguientes datos:

1. Peso de cada una de las 5 Hojas Superiores.
2. Peso de Tallo y Panoja. ($T+P_I$ y $T+P_S$)
3. Peso de Planta (Tallo + Panoja + Hojas Inferiores).
4. Peso de 5 panojas (Raquis + grano) escogidas al azar.
5. Peso de grano de 5 plantas.
6. Peso de grano de las plantas con hojas inferiores solamente (P_I).
7. Peso de grano de las plantas con 5 hojas superiores solamente (P_S).
8. Peso de grano de los dos surcos centrales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Primera Parte

Número de hojas. La gran diversidad existente dentro de las 30 variedades experimentales estudiadas en cuanto a número de hojas, nos hizo clasificarlas en cuatro grupos para mayor facilidad del estudio en la forma siguiente:

GRUPO I - Las variedades que tuvieran seis (6) hojas máximo como promedio
(4 variedades).

GRUPO II - Las variedades que tuvieran siete (7) hojas máximo como promedio
(6 variedades).

GRUPO III - Las variedades que tuvieran ocho (8) hojas máximo como promedio
(14 variedades).

GRUPO IV - Las variedades que tuvieran nueve (9) hojas máximo como promedio
(6 variedades).

Existe una diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos.

La clasificación hecha con el fin de ver la importancia del número de hojas de las variedades en relación a las otras características estudiadas permitió observar que la interacción Fotoperiodo x genotipo juega un papel preponderante en cuanto a número de hojas y altura de planta.

Altura de Planta. Con base a la misma clasificación de grupos se estudió la altura de planta. En el histograma No. 1 se observa el comportamiento de los Grupos. Existe una diferencia en que los grupos I y II por una parte y los grupos III y IV por otra parte son iguales entre sí respectivamente. Podría pensarse que el número de hojas está relacionado con la altura de la planta. Sin embargo, la correlación existente entre número de hojas y altura de planta es de $r = 0.212$. (Ver Cuadro No. 5).

Longitud de Panoja. En cuanto a este caracter en el histograma 1 se puede apreciar que no existe ninguna diferencia significativa entre los grupos de variedades corroborando los resultados de Grand-Pierre (1971) en un estudio de los efectos de la irradiación gamma (Co-60) en algunas características fenotípicas del sorgo.

Superficie Foliar. Siguiendo la misma clasificación de los grupos en cuanto a número de hojas, las hojas de mayor superficie foliar de los grupos I y II por una parte y de los grupos III y IV son respectivamente la hoja 2 y la hoja 3, como se puede apreciar en el histograma 2. Lo anterior sugiere que a mayor número de hojas y a mayor altura de planta la hoja de mayor superficie foliar tiende a una colocación más baja. Por otra parte, las cinco hojas superiores forman el 85-90% del total de la superficie foliar de la planta de sorgo, siendo el promedio de las 30 variedades estudiadas de 87.5%. Por lo anterior se deduce la importancia de las 5 hojas superiores en el proceso fotosintético de la planta, probablemente una variedad que logra exponer sus 5 hojas superiores a suficiente luz estará en mejores condiciones para aprovechar la casi totalidad de su potencial fotosintético.

Por otra parte, en cuanto a porcentaje del área foliar total, las hojas que resultaron con mayor porcentaje fueron las hojas 2 y 3 para los grupos I-II y III-IV, respectivamente, como se puede apreciar en el Cuadro 1, ya

que fueron también las de mayor superficie foliar. Existe pues, cierta uniformidad en cuanto a la distribución del área foliar en las variedades estudiadas.

Peso Seco de Hojas. En el Cuadro 1 se puede apreciar los porcentajes respectivos del peso seco de las hojas en relación al peso seco total de la planta a la antesis. Otra vez las hojas de mayor peso seco en porcentaje fueron las hojas 2 y 3 para los grupos I-II y III-IV, respectivamente. Lo anterior hace suponer una relación estrecha entre superficie foliar y peso seco de las hojas de la planta de sorgo, lo cual estudiaremos más adelante. En el mismo cuadro se puede apreciar que el peso de las hojas inferiores aumenta conforme aumenta el número de hojas de las variedades en cada grupo. Es lógico ya que las hojas inferiores aumentan en número al igual que las variedades van aumentando el número total de sus hojas.

Peso Seco de Tallo + Panoja. En el mismo cuadro 1 se aprecia que el peso seco de Tallo + Panoja está alrededor de 72% promedio del peso total de la planta para los cuatro grupos al momento de la antesis, siendo así el tallo la mayor fuente de acumulación de materia seca.

Segunda Parte.

Se compararon los pesos de las 5 hojas superiores a la antesis y a la cosecha, no encontrando ninguna diferencia significativa entre ellos. Lo anterior se debe probablemente al hecho de que las hojas se hallaban completamente desarrolladas en el momento de la antesis y que no hubo mayor desarrollo hasta la época de cosecha. Se puede pensar también que no hubo retranslocación hacia el grano.

Comparando los rendimientos de las plantas sin las 5 hojas superiores con el testigo, se encontró que las plantas sin las 5 hojas superiores tuvieron un rendimiento equivalente a 22% del rendimiento del testigo (planta

completa). Por otra parte, las plantas con las 5 hojas superiores solamente rindieron el 89% del rendimiento del testigo. Sin embargo, en 30% de los casos las plantas con 5 hojas superiores superaron el rendimiento del testigo en 19%. Lo anterior se observa en la Tabla No. 1. (Las cifras con asteriscos).

Se puede concluir en relación a lo anterior que las 5 hojas superiores contribuyen en un 89% a la acumulación de materia seca en los granos, sin poder determinar la contribución de la panoja en sí, en cuanto a actividad fotosintética y acumulación de materia seca. Fisher y Wilson (1971) con trazas de C^{14} pudieron determinar que la asimilación por la panoja y las 5 hojas superiores en sorgo es responsable del 93% del rendimiento de grano. Esta aseveración anterior sin embargo, es difícil de generalizar, pues por lo que podemos observar en el Cuadro 3, dependiendo de los grupos de variedades, la contribución de las 5 hojas superiores y la panoja al rendimiento total de grano varía desde 86% para el grupo I (6 hojas máximo), pasando a un 82.4% para el grupo II (7 hojas máximo) hasta 91.9% y 94.5% para los grupos III (8 hojas máximo) y IV (9 hojas máximo), respectivamente. Sin embargo, un promedio de los cuatro grupos arroja una contribución del 89% de las 5 hojas superiores y la panoja, lo que nos confirma por lo menos que la mayor contribución al rendimiento del grano total es de la responsabilidad de las 5 hojas superiores en forma general.

En cuanto a las nueve (9) variedades que sobrepasaron al testigo, podría pensarse que fueron más eficientes con sus 5 hojas superiores que con todas las hojas completas en cuanto a asimilación y translocación de materia seca. No existe ningún reporte sobre tal fenómeno en sorgo, lo que indica la importancia de un estudio para determinar si es realmente factible. Se puede pensar que este hecho se debe a la ineficiencia de las demás hojas, a una excesiva respiración, o al efecto de sombra mutua de las hojas.

Una comparación entre el peso total de las hojas y su respectiva superficie foliar nos permitió encontrar una correlación altamente significativa entre ellos con un valor de $r = 0.9884$. La existencia de esta correlación permite tomar el peso de las hojas como un índice seguro de la superficie foliar de una determinada hoja. Como en el caso que nos preocupa las hojas Nos. 2 y 3 son las de mayor área foliar y peso para las variedades de 7 hojas máximo y de 9 hojas máximo, respectivamente, como se puede apreciar en el Cuadro No. 2, en cuanto a porcentajes de las hojas 2 y 3 en el peso total y área foliar total. En forma general la hoja con mayor porcentaje en el peso total de la planta es la hoja No. 2, aunque no existe diferencia significativa en peso con la hoja No. 3. La misma tendencia existe para la superficie foliar total de la planta.

Rendimiento. Los rendimientos en Kg/Ha. se presentan según la clasificación de los grupos en el Cuadro No. 4. Los grupos I y II (6 y 7 hojas) tuvieron un rendimiento inferior a los grupos III y IV (8 y 9 hojas). Podría pensarse en que los grupos de mayor rendimiento fueran más tardíos que los grupos de menor rendimiento, sin embargo, si observamos el mismo Cuadro No. 4, la diferencia en días a floración no es significativa por ser de 4 días en grupos.

CONCLUSION

Podemos afirmar que el número de hojas de las variedades influyen en la altura de la planta y en la posición de la hoja de mayor peso seco y de mayor superficie foliar. La longitud de la panoja no sufre ninguna modificación en relación al número de hojas y altura de planta.

Por otra parte, el peso de las hojas no varía de la época de la antesis hasta la época de la cosecha.

También las 5 hojas superiores contribuyen en un 89% a la acumulación de materia seca en los granos.

Existe una correlación altamente significativa entre peso total y superficie foliar total con un coeficiente de $r = 0.9884$.

Por último, los grupos III y IV (8 y 9 hojas) superaron en rendimiento a los grupos I y II (6 y 7 hojas) en un 55%.

RESUMEN

Con el fin de estudiar un conjunto de factores morfológicos de la planta de sorgo (Sorghum vulgare Pers) en relación a su eficiencia de producción se diseñó este trabajo que fué desarrollado en dos etapas. La primera etapa consistió en la descripción morfológica de la planta en el momento de la ántesis considerando como parámetros: número de hojas, altura de planta, longitud de panoja, superficie foliar de las 5 hojas superiores, superficie foliar total y peso seco de las hojas. La segunda parte consideró en el momento de la cosecha el peso seco de las 5 hojas superiores, peso seco de las hojas inferiores, peso de tallo y panoja, peso seco total de la planta, peso seco de grano de 5 plantas tomadas al azar, peso de grano de las plantas con las 5 hojas superiores solamente y de las plantas sin las 5 hojas superiores y rendimiento por hectárea.

Se encontró que las 5 hojas superiores contribuyen en un 89% al rendimiento total de la planta. Además, existe una correlación altamente significativa entre peso seco total y superficie foliar total de la planta, con un coeficiente de correlación de $r = 0.9884$.

Por otra parte, la hoja de mayor peso seco y de mayor superficie foliar fué la hoja No. 2 en forma general, aunque la hoja No. 3 resultó igual a la hoja No. 2, estadísticamente. El peso seco de las hojas al momento de la ántesis resultó igual estadísticamente al peso seco de las hojas al momento de la cosecha.

A P E N D I C E

Histograma No. 2. Distribución del área foliar en las 5 hojas superiores en 4 grupos de genotipos (5-6, 6-7, 7-8, 8-9 hojas promedio)

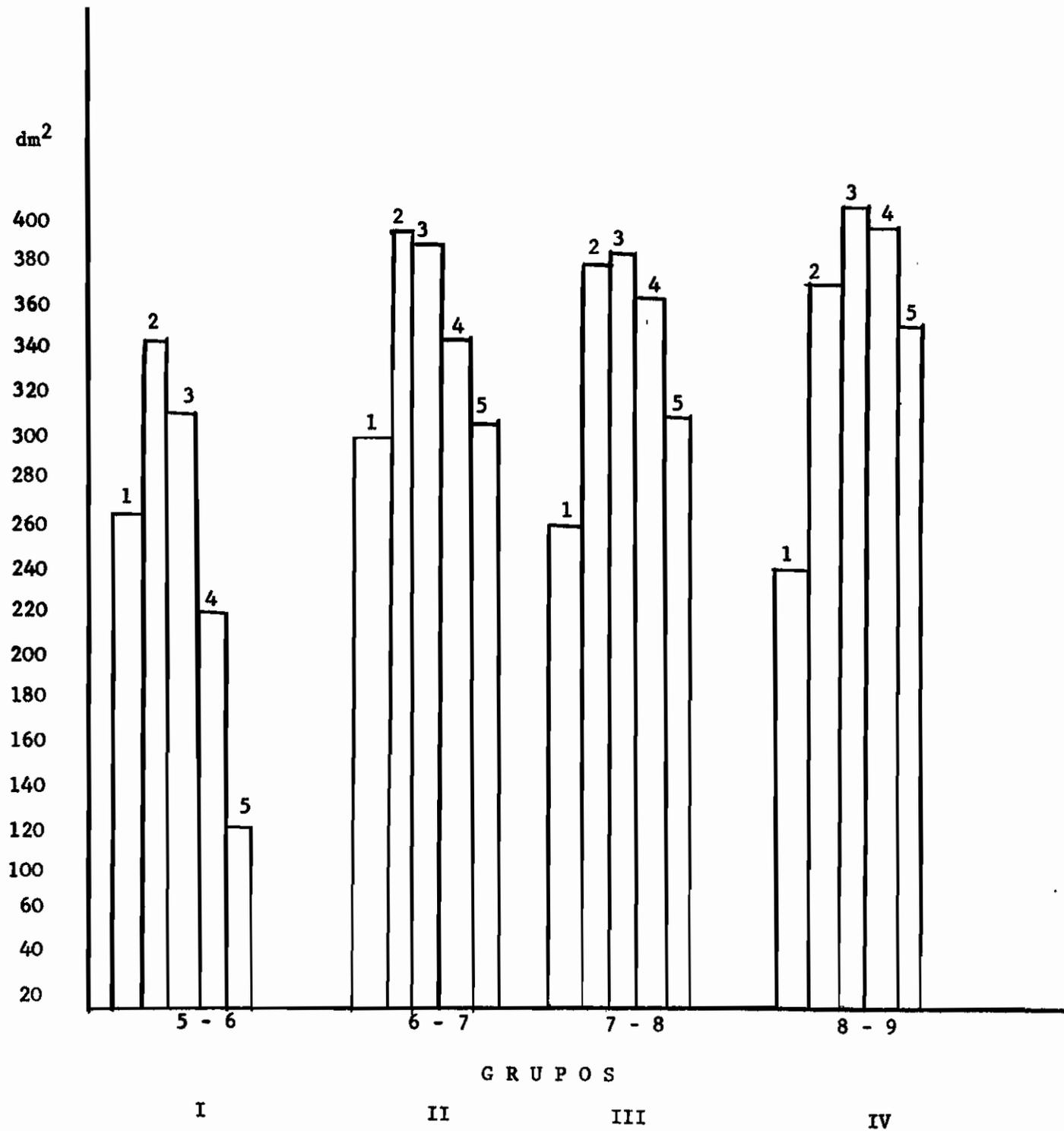
Area foliar promedio de las 5 hojas superiores

5 - 6 = 1181.92

6 - 7 = 1650.49

7 - 8 = 1610.93

8 - 9 = 1730.92



Cuadro No.1. Porcentaje de las diferentes hojas en el peso total de la planta a la ántesis.

	H-1 %	H-2 %	H-3 %	H-4 %	H-5 %	H.Inf. %	T+P	Total
I	5.08	7.71*	5.65	3.94	2.24	1.01	74.37	100
II	4.10	6.92*	6.53	5.05	3.40	3.86	70.15	100
III	2.88	5.28	5.66*	4.85	3.56	4.83	72.94	100
IV	1.94	4.80	5.34*	5.22	4.35	7.59	70.77	100
Promedio	3.50	6.18*	5.80	4.77	3.39	4.33	72.06	100

Cuadro No. 2. Porcentaje de las diferentes hojas en la superficie foliar total de la planta a la ántesis.

	H-1 %	H-2 %	H-3 %	H-4 %	H-5 %	H.Inf. %	Total
I	19.55	26.70*	23.22	16.43	10.06	4.04	100
II	14.41	21.43*	20.20	17.18	14.13	12.65	100
III	11.78	18.66	19.73*	17.71	13.90	18.22	100
IV	8.92	14.38	17.69*	16.61	14.77	26.63	100
Promedio	13.67	20.30*	20.21	16.98	13.22	15.39	100

Cuadro No. 3. Porcentajes respectivos del rendimiento de los diferentes grupos en relación al testigo y entre las plantas con o sin las 5 hojas inferiores.

	T+P _I % al testigo %	T+P _S % al testigo %
I	25.66	86.02
II	22.10	82.42
III	22.67	91.94
IV	16.76	94.54
Total	21.84	88.73

T+P_I - Plantas sin las 5 hojas superiores

T+P_S - Plantas con las 5 hojas superiores solamente

Cuadro No. 4. Rendimiento en Kg/Ha. y en gramos por planta de los 4 grupos de variedades.

	Rend. Kg/Ha.	Días a floración	Rendimiento gr/panoja
I	1914	55	23.40
II	2308	60	31.23
III	3189	60	36.20
IV	3352	63	40.20

Cuadro No. 5. Coeficiente de correlación entre diversas variables.

	No. de Hojas vs. Altura	Días a floración vs. No. de hojas	Días a floración vs. Altura de planta
I (4 variedades)	0.923	0.054	0.214
II (6 variedades)	0.346	0.782	0.810
III (14 variedades)	0.668	0.542	0.421
IV (6 variedades)	0.578	0.784	0.880
Total (30 variedades)	0.212	0.667	0.114

Tabla 1. Características de los 30 genotipos estudiados.

VARIETADES	No. de hojas	Altura Planta (cms)	Longitud Panoja (cms)	Días a floración	Rend. gr/5 plantas			Rend. kg/2 surcos centrale
					Testigo.	T+P _S	T+P _I	
1. TAM-1-1 (LP)	7.1	126.4	29.6	57	118	142	66	2749
2. TAM-4 LP	7.3	127.5	25.1	61	155	203*	42	2373
3. TAM-8 LP	7.2	111.6	24.4	62	231	218	46	3218
4. TAM-9-1 LP	6.6	118.3	19.0	59	167	103	37	2371
5. TAM-9 "	7.3	142.5	19.7	60	183	204*	26	3911
6. TAM-9 alta LP	7.2	132.3	20.3	60	203	123	46	2669
7. TAM-10-1 Café LP	7.1	108.0	22.5	58	185	146	28	2738
8. TAM-10 Café "	6.3	110.6	23.7	57	201	57	31	2360
9. TAM-11 LP	6.0	86.5	19.9	58	167	118	35	1835
10. TAM-12-1 Blanco LP	5.3	66.3	22.5	57	117	94	24	2107
11. TAM-12 " "	6.1	66.4	24.2	60	133	141*	50	2681
12. TAM-15-1 LP	5.9	77.9	23.5	57	79	82*	31	1814
13. TAM-16-1 "	7.7	94.8	27.1	62	176	216*	54	3926
14. TAM-16 "	7.8	100.8	25.2	61	201	145	40	4119
15. TAM-20 "	7.6	93.3	23.9	57	215	179	30	2971
16. TAM-21-1 "	7.0	100.0	29.4	57	165	138	22	2945
17. TAM-22 alta café LP	6.1	108.4	32.0	57	175	182*	36	2763
18. TAM-23 LP	7.0	58.4	22.9	65	117	101	33	1413
19. TAM-24 café LP	7.4	147.2	22.7	57	192	161	29	3973
20. TAM-26 café LP	8.1	174.6	24.8	61	281	192	27	5604
21. TAM-28 alta café LP	8.1	188.6	29.0	60	290	247	84	4018
22. TAM-40 LP	7.6	60.5	24.2	62	163	118	16	2174
23. IS-280 IC LP	8.0	61.4	22.3	60	123	101	49	3190
24. P-50 1-3 d baja LP	6.5	84.2	26.2	62	144	84	11	2259
25. P-52 1-4d LP	8.5	51.5	41.1	64	162	98	19	2235
26. P-52 2-3d Sec LP café	8.5	64.4	25.0	66	154	210*	28	2787
27. R-920	5.7	74.6	25.1	48	105	94	23	1898
28. P-78 1-3d LP	8.9	107.5	17.5	65	95	114*	7	2100
29. P-94 1-3d LP	8.0	71.6	33.5	64	154	208*	64	3690
30. P-109 1-2d LP	8.0	128.6	25.3	62	223	216	55	3372

BIBLIOGRAFIA

1. ALLISON, J.C.S., y WATSON, D.J. (1966). The Production of Dry Matter in Maize after Flowering. *Ann. Bot.* 30, 365-81.
2. ARCHBOLD, H.K. (1945). Some Factors Concerned in the Process of Starch Storage in the Barley Grain. *Nature, Lond.* 156, 70-3.
3. _____, y MUKERJEE, B.N. (1942). Physiological Studies in Plant Nutrition. XII. Carbohydrate changes in the Several Organs of the Barley Plant During Growth, with Special Reference to the Development and Ripening of the Ear. *Ann. Bot.* 6, 1-42.
4. FISHER, K.S., y WILSON, G.L. (1971). Studies of Grain Production in Sorghum vulgare. II. Sites Responsible for Grain Dry Matter Production during the Post-Anthesis Period. *Aust. Jour. of Agric. Res.* 22, 39-47.
5. GRAND-PIERRE, C. (1971). Efecto de la Irradiación Gamma (Co-60) sobre algunas Características Fenotípicas del Sorgo (Sorghum vulgare Pers) de grano. Tesis de Maestría. Inst. Tec. Est. Sup. Mont. Esc. de Graduados. Monterrey, México.
6. KIESSELBACH, T.A. (1948). Endosperm Type as a Physiological Factor in Corn Yields. *J. Am. Soc. Agr.* 40, 216-36.
7. LI, H.W., y LIU, T.N. (1935). Defoliation Experiments with Kading (Andropogon, Sorghum). *J. Am. Soc. Agron.* 27, 486-91.
8. PORTER, H.K., PAL, N., y MARTIN, R.V. (1950). Physiological Studies in Plant Nutrition. XV. Assimilation of Carbon by the Ear of Barley and its Relation to the Accumulation of Dry Matter in the Grain. *Ann. Bot.* 14, 55-63.

9. STICKLER, F.C. y PAULI, A.W. (1961). Leaf Removal in Grain Sorghum. 1 - Effects of Certain Defoliation Treatments on Yield and Components of Yield. Agron. J. 53, 352-3.
10. STOY, V. (1963). The Translocation of ^{14}C -labelled Photosynthetic Products From the Leaf to the Ear in Wheat. Physiology Pl. 16, 851-66.
11. THORNE, G.N. (1965). Physiological Aspects of Grain Yield in Cereals. In "The Growth of Cereals and Grasses". (Ed. F.L. Milthorpe and J.D. Irvins). Proc. 12th Easter School in Agric. Sci., Univ. of Nottingham, p.88. (Butterworths Sci. Publs. London).
12. WARDLAW, I.F., y PORTER, H.K. (1967). The Redistribution of Stem Sugars in Wheat During Grain Development. Aust. J. Biol. Sci. 20, 309-18.

