



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

INGENIERIA AGRICOLA

EVALUACION DE TECNICAS PARA DETERMINAR
MADUREZ FISIOLÓGICA DEL SORGO (Sorghum
bicolor L. Moench) PARA LOS VALLES ALTOS
DE MEXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

P R E S E N T A N :
RAMON VALDEZ CALDERON
ALFREDO GARCIA CISNEROS

CUAUTITLAN IZCALLI, MEX.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	Pag.
INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE GRAFICAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
I.- INTRODUCCION.....	1
1.1.- Objetivos.....	5
1.2.- Hipótesis.....	5
II.- REVISION DE LITERATURA.....	6
2.1.- Anatomía del grano.....	6
2.2.- Madurez fisiológica.....	8
2.3.- Madurez fisiológica en sorgo.....	9
2.3.1.- Desarrollo de la Capa Negra en gra- nos de sorgo.....	11
A).- Estructura del hilic en la ma- durez.....	11
B).- Ontogenia del Tejido envolven- te.....	19
2.4.- Madurez fisiológica en otros cultivos.....	23
III.- MATERIALES Y METODOS.....	26
3.1.- Situación geográfica.....	26
3.2.- Clima.....	26
3.3.- Suelo.....	27
3.4.- Material genético	27

3.5.- Trabajo de Campo.....	29
3.5.1.- Preparación del terreno.-.....	29
3.5.2.- Siembra.....	29
3.5.3.- Fertilización.....	29
3.5.4.- Combate de malezas.....	30
3.6.- Métodos.....	30
3.6.1.- Parcela experimental.....	30
3.6.2.- Medición de madurez fisiológica.....	32
3.6.2.1.- Capa Negra.....	34
3.6.2.2.- Consistencia al Tacto.....	35
3.6.2.3.- Peso Seco.....	36
3.6.3.- Análisis Estadístico	36
IV.- RESULTADOS Y DISCUSION.....	37
4.1.- Peso Seco.....	37
4.2.- Comparación entre el desarrollo de la Capa Negra y la Consistencia del grano.....	47
4.3.- Evaluación de la Capa Negra y de la Consis- tencia al Tacto en relación al Peso Seco del grano.....	54
V.- CONCLUSIONES.....	61
VI.- BIBLIOGRAFIA.....	63

INDICE DE CUADROS

Pag.

CUADRO 1.	Características de tres variedades de sorgo recomendadas para siembra de temporal o riego en los Valles Altos de México.....	28
CUADRO 2.	Valores promedio, varianza y desviación standard para las variables medidas en diferentes estados de crecimiento del grano de la variedad de sorgo VA-110.....	38
CUADRO 3.	Valores promedio, varianza y desviación standard para las variables medidas en diferentes estados de crecimiento del grano de la variedad de sorgo VA-120.....	40
CUADRO 4.	Valores promedio, varianza y desviación standard para las variables medidas en diferentes estados de crecimiento del grano de la variedad de sorgo VA-130.....	42
CUADRO 5.	Distribución a través del tiempo de la frecuencia en que ocurrieron los diferentes valores de Capa Negra y Consistencia al Tacto en la variedad VA-110.....	48

- CUADRO 6. Distribución a través del tiempo de la frecuencia en que ocurrieron los diferentes valores de Capa Negra y Consistencia al Tacto en la variedad VA-120..... 49
- CUADRO 7. Distribución a través del tiempo de la frecuencia en que ocurrieron los diferentes valores de Capa Negra y Consistencia al Tacto en la variedad VA-130..... 50
- CUADRO 8. Relación entre la evolución de la Capa Negra y el Peso Seco del grano de sorgo..... 55
- CUADRO 9. Relación entre la evolución de la Consistencia al Tacto y el Peso Seco del grano de sorgo..... 57

INDICE DE FIGURAS

Pag.

- FIGURA 1. Diagrama que muestra la estructura del grano de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench.) en corte longitudinal e indica la posición de: Endosperma (E), Células de transferencia (Ct), Almohada chalazo-placentar (Chp), Parénquima del floema (Pf), Testa (T), Rádicula (R), Plúmula (P), Escutelo (Es)..... 12
- FIGURA 2. Corte transversal del grano de sorgo realizado a 1mm. arriba del punto de unión del grano con el pedicelo que muestra todas sus estructuras y la relación espacial de los diferentes tejidos. Embrión (Em), Endosperma (E), Escutelo (Es), Testa (T), Almohada chalazo-placentar (Chp), Parénquima del floema (Pf).....13
- FIGURA 3. Corte transversal del pedicelo en el punto de unión con el grano. Las dos flechitas indican pequeños vestigios vasculares y la del centro la parte basal de la Testa (T). Parénquima del floema (Pf).....15
- FIGURA 4. Corte transversal del nivel superior mostrando la Almohada chalazo-placentar (Chp)...16

- FIGURA 5. Corte transversal que muestra las células de transferencia (Ct), y el aplastamiento del integumento interno (Ii), parte de la Testa y las protuberancias en forma de cuerno..... 17
- FIGURA 6. Micrografía electrónica del Parénquima del floema mostrando el citoplasma denso presumiblemente asociado con depósitos de compuestos pécticos y mucilaginosos. También se presente un gran número de mitocondrias (M)..... 18
- FIGURA 7. Micrografía electrónica de la capa de suberina (S), densamente teñida, capa de aleurona (A), y el pericarpio interno (Pi)... 20
- FIGURA 8. Corte transversal del grano de sorgo cinco días después de la polinización, mostrando las diferencias de las células de transferencia (Ct), y la gluma circundante (G)... 21
- FIGURA 9. Panoja de sorgo con indicaciones de la sección de muestreo y el sentido en que ocurre la floración y maduración.....33

INDICE DE GRAFICAS

Pag.

GRAFICA 1.	Comportamiento de la variedad VA-110 en el proceso de maduración del grano.....	39
GRAFICA 2.	Comportamiento de la variedad VA-120 en el proceso de maduración del grano.....	41
GRAFICA 3.	Comportamiento de la variedad VA-130 en el proceso de maduración del grano.....	43
GRAFICA 4.	Evolución de la Capa Negra en relación al Peso Seco del grano de tres varie- dades de sorgo.....	56
GRAFICA 5.	Evolución de la Consistencia al Tacto del grano en relación al Peso Seco de tres variedades de sorgo.....	58

- denciaron una relación directa con el incremento del peso seco y la madurez fisiológica.
- 2.- Los métodos de Capa Negra y Consistencia al Tacto, fueron relativamente fáciles y prácticos en la determinación de la madurez fisiológica del grano de sorgo. Siendo la característica, para Capa Negra, la de un color café en la región placentar; en tanto que, para la Consistencia al Tacto, la dureza del grano correspondió al estado masoso-duro. La humedad del grano, en ambos casos, fué del 25%.
 - 3.- La aparición y desarrollo en intensidad, de la Capa Negra, se considera como el método más confiable para determinar madurez fisiológica, en el grano de sorgo, ya que la Consistencia al Tacto, implica cierta subjetividad en su determinación.
 - 4.- La variedad VA-110 alcanzó su madurez fisiológica a los 63 días después de la floración; la variedad VA-120 lo hizo a los 70 días después de la floración, mientras que la variedad VA-130, aún no completaba su ciclo en el último muestreo, 74 días después de la floración.

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el fin de evaluar las técnicas de Peso Seco (P.S.), Capa Negra (C.P.) y Consistencia al Tacto (C.T.); para determinar madurez fisiológica del sorgo en los Valles Altos Centrales de México, así como caracterizar por su ciclo vegetativo al material genético, actualmente disponible, para esta región.

La investigación se realizó en el ciclo primavera-verano de 1981 en terrenos de la Facultad de Estudios Superiores "Cuautitlán" UNAM, Cuautitlán, México; donde se trabajó con las variedades y tamaños de muestras siguientes:

100 plantas para VA-110, 50 para VA-120 y 50 para VA-130. En cada una se hicieron siete determinaciones, aplicando las técnicas en estudio, cada ocho días en las primeras cinco, y cada cuatro días en las dos últimas.

Con la información obtenida se calculó la media (\bar{X}), la varianza (S^2) y la desviación standard (S), y se graficó el comportamiento de cada variedad para las características objeto de evaluación.

En base a los resultados obtenidos y a la discusión presentada se concluyó lo siguiente:

- 1.- Los grados de consistencia del grano y las diferentes tonalidades de la región placentar, evi-

I.- INTRODUCCION

En México, la investigación sobre el cultivo del sorgo (Sorghum bicolor, L. Moench) se inició en Chapin- go, Edo. de México, en el año de 1944 y, si bien en 1960 apenas se sembraron 150 000 hectáreas, su incremento fué tan notable, que a partir de la década pasada se llegó a cultivar 1 000 000 de hectáreas.

Actualmente, es uno de los cultivos más importantes del país y, de acuerdo con la Dirección General de Economía Agrícola (DGEA, 1981) es el segundo por su producción (6 295 667 toneladas) y el tercero en cuanto a superficie sembrada (1 767 258 hectáreas).

Sin embargo, a pesar de lo antes dicho, el país aún no es autosuficiente y debe satisfacer sus necesidades mediante grandes importaciones, que según la DGEA (1981), alcanzan aproximadamente el 50% del total producido (3 000 000 toneladas).

Una alternativa para coadyuvar en la solución del problema señalado, se vislumbra en los avances de la investigación del cultivo, para adaptarlo a zonas como los Valles Altos, en virtud de presentar muchas ventajas con respecto del maíz, como por ejemplo su resistencia a la sequía. Esto, obviamente lograría incorporar a la producción una superficie importante, pues como se sabe, la totalidad de la superficie sembrada con sorgo se situa a

una altitud menor de 1,800 metros sobre el nivel del mar (msnm), por razón de que en altitudes mayores, las variedades comerciales disponibles, o no producen grano o lo hacen de manera heterogénea en la panoja; es decir, se presenta la androesterilidad ecológica, con el subsecuente abatimiento de los rendimientos (Romo y Carballo, (1980).

De acuerdo con Romo y Carballo (1980), "actualmente, se siembran en el país alrededor de 3.2 millones de has. de maíz en regiones con altitud superior a los 1,800 msnm., distribuidos principalmente en los Estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas, México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y Oaxaca. De esta superficie, 2.9 millones de has. se siembran en condiciones de temporal y, de ellas 1.3 millones se siembran en condiciones de sequía."

Estas regiones, consideradas como Valles Altos y cuya altitud esta comprendida entre 1,800 y 2,400 msnm, se caracterizan por presentar un período libre de heladas, que principia en marzo (aunque ocasionalmente se presentan heladas tardías) y termina en septiembre u octubre. Así mismo, el período de lluvias se establece hasta los meses de mayo o junio; de manera que si el establecimiento de los cultivos de primavera-verano pudiera realizarse a partir de marzo o abril, en virtud de la presencia de temperaturas favorables, la ausencia de precipitación obliga a que éste se realice hasta los meses en que se regularice el temporal; lo que determina que el período propicio para el establecimiento y

desarrollo de los cultivos se reduzca a solamente 5 o 6 meses; aproximadamente 150-170 días. Este breve período de condiciones favorables hace riesgoso el establecimiento del sorgo sobre todo, porque la duración de su ciclo de vida es mayor que la duración de dicho período.

De acuerdo con Eastin (1972), el sorgo presenta tres etapas durante su ciclo de vida: la fase vegetativa; la de desarrollo de la panícula, y la de llenado de grano. Es particularmente importante en esta última etapa, procurar las mejores condiciones a la planta, pues de no ser así, o en caso de ocurrir un fenómeno meteorológico (sequía o helada) antes de que este período finalice, la producción se verá seriamente afectada; sin embargo, si esto ocurre después de dicho período, la producción no sufrirá alteraciones.

Que esto suceda así, es debido a que el término del período de llenado de grano, que es aquel en el cual el cultivo ha alcanzado la "madurez fisiológica", representa el momento en el que el grano ha almacenado su máximo posible de materia seca.

En el caso del sorgo, la identificación del momento en el que ocurre su madurez fisiológica ha sido un problema no resuelto en su totalidad por los investigadores, quienes se han enfrentado a serias dificultades tratando de definir cuando y como se presenta, así como las técnicas más prácticas y eficientes para determinarla. General-

mente esto se ha hecho a partir de la medición de peso seco; sin embargo, tal método resulta demasiado laborioso y, por lo tanto, impráctico para poder aplicarlo rutinariamente en el campo. Así mismo, se ha intentado correlacionarlo con la aparición de la "capa negra" en la región placentar del grano sin que a la fecha se tengan resultados suficientemente confiables.

Algunos investigadores se han guiado por los días a floración de los cultivos, como indicador de precocidad, debido a su manejo práctico; no obstante, se considera que una manera más correcta y segura para indicar precocidad, debe ser la de tomar en cuenta la duración del período entre la siembra y la madurez fisiológica. El uso de la "capa negra" permite tipificar este período y en consecuencia también el de llenado de grano. La investigación en los cultivos más importantes, entre ellos el sorgo, se ha encaminado más a reducir los días a floración, ignorando en ocasiones la importancia del período de llenado de grano; quizá por la dificultad para identificar la madurez fisiológica del mismo, y para ello surge la necesidad de encontrar un método práctico y confiable.

1.1.- OBJETIVOS

- 1.- Comparar y evaluar los métodos de Peso Seco (P.S.), Capa Negra (C.N.) y Consistencia al Tacto (C.T.), para determinar madurez fisiológica en sorgo para los Valles Altos Centrales de México.
- 2.- Caracterizar por su ciclo a la madurez fisiológica, a tres variedades comerciales disponibles para la región.

1.2.- HIPOTESIS

- 1.- La aparición de la Capa Negra (C.N.) y la consistencia masosa del grano son indicadores de la madurez fisiológica en granos de sorgo.
- 2.- Existe relación directa entre grados de consistencia y tonalidad de la región placentar del grano de sorgo, con el incremento de materia seca en el mismo.

II.- REVISION DE LITERATURA

2.1.- ANATOMIA DEL GRANO

Botánicamente, la semilla de las angiospermas es un óvulo maduro que se encuentra encerrado dentro del ovario o fruto y, que en algunos casos como el maíz, trigo, sorgo, etc., no es posible separarla de éste, por lo que forman una unidad (Hartmann y Kester, 1976).

En el caso de las gramíneas, éste fruto recibe el nombre de Cariópside, y se caracteriza por tener sus paredes completamente fusionadas al tegumento (Gola et al., 1965). Este Cariópside o grano, en el caso del sorgo, se encuentra formado por un embrión o germen, endosperma y una cubierta externa denominada pericarpio que encierra a la semilla (Freeman, 1975).

El embrión es una planta nueva resultante de la unión del gameto masculino con el femenino, durante la fertilización (Hartmann y Kester, 1976), que una vez constituido, puede proseguir su desarrollo de manera ininterrumpida o puede entrar en una fase de latencia (Font Quer, 1953).

El embrión se encuentra constituido de una raíz primaria, un eje corto, la plúmula y el escutelo (Freeman, 1975). El endosperma se encuentra constituido por células llenas de almidón, una capa de aleurona y una

capa periférica del endosperma por debajo de ésta, formando de 2 a 6 capas concéntricas (Sanders, 1955). Las envolturas de la semilla pueden estar formadas por las cubiertas de la misma, por los restos de la nucela y a veces por parte del fruto. Por lo general, la cubierta exterior se seca, se endurece y engrosa.

De acuerdo con Giles et al., (1975), estas cubiertas están formadas por la depresión de los integumentos, cuyo espesor es de 5 a 8 capas de células y se encuentran en el grano maduro a semejanza de un cono invertido entre el pedicelo y el endosperma rodeando a la semilla, con excepción del hilio.

Estudiando el desarrollo del grano o Cariópside, Sanders (1955), encontró que la cubierta de la semilla tiene su origen en los tegumentos o capas externas del nucelo, que posee una abertura que atraviesa el tegumento interno constituyendo el hilio y que esta formada por capas de células parenquimáticas, de pigmentación oscura, que conforman al tejido que cierra el orificio hiliar.

Hubbard et al. (1950), señalaron que las semillas del sorgo pueden ser de color blanco, rojo, amarillo o castaño y, que del total de la sustancia seca del grano entero, el 80- 85% corresponde al endosperma; del 8 al 12 % al germen o embrión y del 7 - 9% al pericarpio.

2.2.- MADUREZ FISIOLÓGICA

Hartmann y Kester (1976), afirman que una semilla ha llegado a su etapa madura cuando puede cosecharse sin que se vea afectada su capacidad germinativa, lo cual ordinariamente, significa que la semilla ya no manifestará ningún incremento en su peso seco.

Gola et al. (1965), señalaron que se puede hablar de un proceso de maduración acabado, cuando todas las substancias útiles se han acumulado en la semilla y ésta se ha deshidratado en grado suficiente.

De acuerdo con Delouche (1964), la maduración de la semilla se refiere a cambios morfológicos y fisiológicos que ocurren desde su fecundación hasta que se encuentra lista para la cosecha; etapa que se puede definir como el punto de máximo peso seco de la semilla, alcanzado generalmente cuando ésta tiene un alto contenido de humedad (35 - 45%), lo cual, indica que la translocación de sustancias solubles a la semilla se ha detenido.

García (1979), define como "punto de madurez fisiológica" aquel cuando la semilla adquiere su máximo contenido de materia seca, que normalmente coincide con el máximo poder germinativo y el máximo vigor de la semilla. Al madurar las semillas ocurren varias modificaciones, considerándose como más importantes, aquellas que se manifiestan con el contenido de humedad, en la capacidad

de germinación y en el vigor, razón por la que, estos parámetros pueden considerarse como índices de la madurez. Según este autor, el poder determinar la madurez fisiológica tiene implicaciones prácticas, pues una vez que ella se ha presentado, la semilla entra en un proceso irreversible de deterioro de su calidad, fenómeno que solo puede evitarse conociendo el momento más adecuado para la cosecha.

Delouche (1964), opina que es muy importante identificar cuando la semilla está madura, para evitar los deterioros de calidad, y que, retrasar la cosecha después de su maduración, es lo mismo que almacenar las semillas en el campo, bajo niveles desfavorables de humedad y temperatura.

Ortegón (1980), menciona que es importante conocer la etapa en que el girasol alcanza su madurez fisiológica, dado que a partir de este momento se puede realizar la cosecha mediante el uso de desecantes sin sufrir pérdidas en el peso y contenido de aceite de las semillas.

2.3.- MADUREZ FISIOLOGICA EN SORGO

Eastin (1972), señala tres etapas para el ciclo de vida del sorgo:

- a).- Vegetativa; corresponde de la germinación al inicio de la floración.

b).- Desarrollo de la panícula; va del inicio de la floración a la antesis y es el período más crítico, debido a que en ésta se determina el número de granos.

c).- Llenado de grano; comprende de la antesis a la madurez fisiológica y es la etapa en la que se determina el peso del grano.

Eastin et al. (1973), señalan que el rendimiento depende sensiblemente de la duración del período de llenado de grano, y de la eficiencia metabólica durante este período, pero siempre y cuando no constituya una limitante la capacidad de la demanda. Debido a ello, es necesario determinar la madurez fisiológica para poder estimar dicho período de llenado de grano.

De acuerdo con Giles et al. (1975), las técnicas comúnmente empleadas, hasta la fecha, para determinar madurez fisiológica en sorgo, han sido la medición del peso seco y, más recientemente, la aparición de la capa negra, cerca del punto de unión del hilio. A pesar de que la medición del peso seco ha sido la técnica más ampliamente usada, mediante datos obtenidos en muestreos repetidos; ella es bastante tediosa, requiere mucho tiempo y es insatisfactoria como para poder usarla rutinariamente (Eastin et al. 1973).

Daynard y Duncan (1969), propusieron utilizar la ca-

pa negra que se desarrolla en la región placentar del grano de maíz, como un indicador de la madurez fisiológica. Eastin et al. (1973), mencionaron que tal capa negra era un criterio igualmente válido para identificar la madurez fisiológica en el caso del sorgo.

2.3.1.- DESARROLLO DE LA CAPA NEGRA EN GRANOS DE SORGO

A).- Estructura del hilio en la madurez.

La madurez fisiológica en sorgo ha sido determinada basándose en la medición del peso seco (Pauli et al. 1974), o bien, correlacionando la aparición de la capa negra cerca del punto de unión del grano, con la madurez expresada como la máxima acumulación de materia seca (Eastin et al. 1973).

Las figuras 1 y 2 muestran la anatomía del grano de sorgo en su sección longitudinal y transversal, respectivamente (Giles et al. 1975).

De acuerdo con Giles et al. (1975), el floema forma una banda amplia (parénquima del floema) que continúa hacia el interior del pericarpio sobre el lado abgerminal y que descansa sobre la almohada chalazo-placentar y las células de transferencia. Esta porción del parénquima del floema, está restringida al área de las células de transferencia y, al igual que el xilema nunca penetra los tejidos mucelares

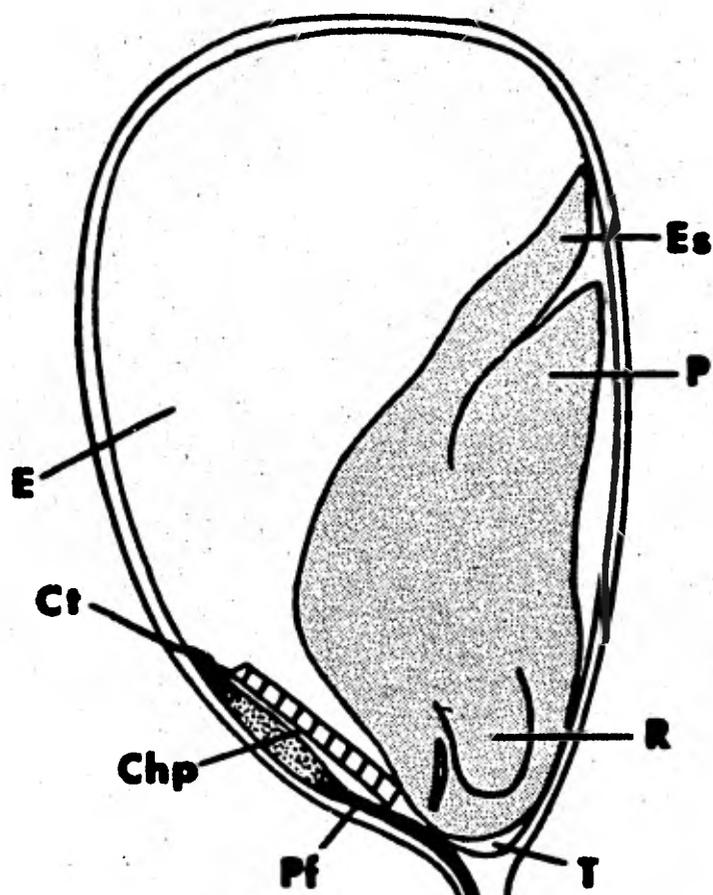


Figura 1. DIAGRAMA QUE MUESTRA LA ESTRUCTURA DEL GRANO DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. MOENCH) EN CORTE LONGITUDINAL E INDICA LA POSICION DE: Endosperma (E), Células de transferencia (Ct), Almohada celulo-plasmotol (Chp), Perénquima del floema (Pf), Testo (T), Radículo (R), Plémulo (P), Eccutato (Es).

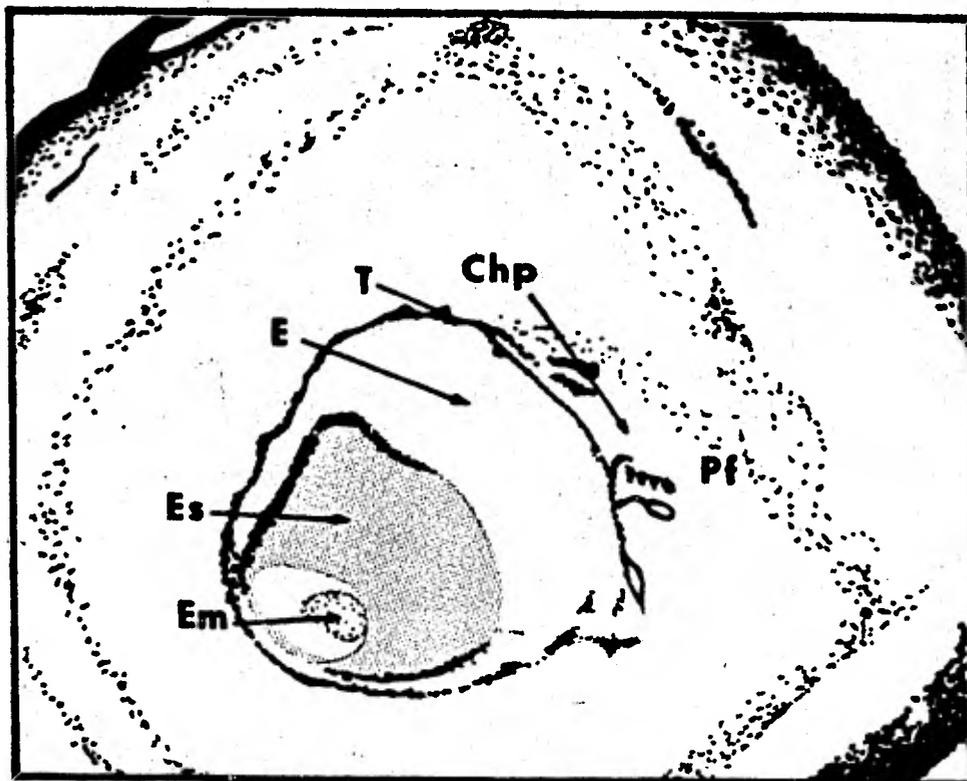


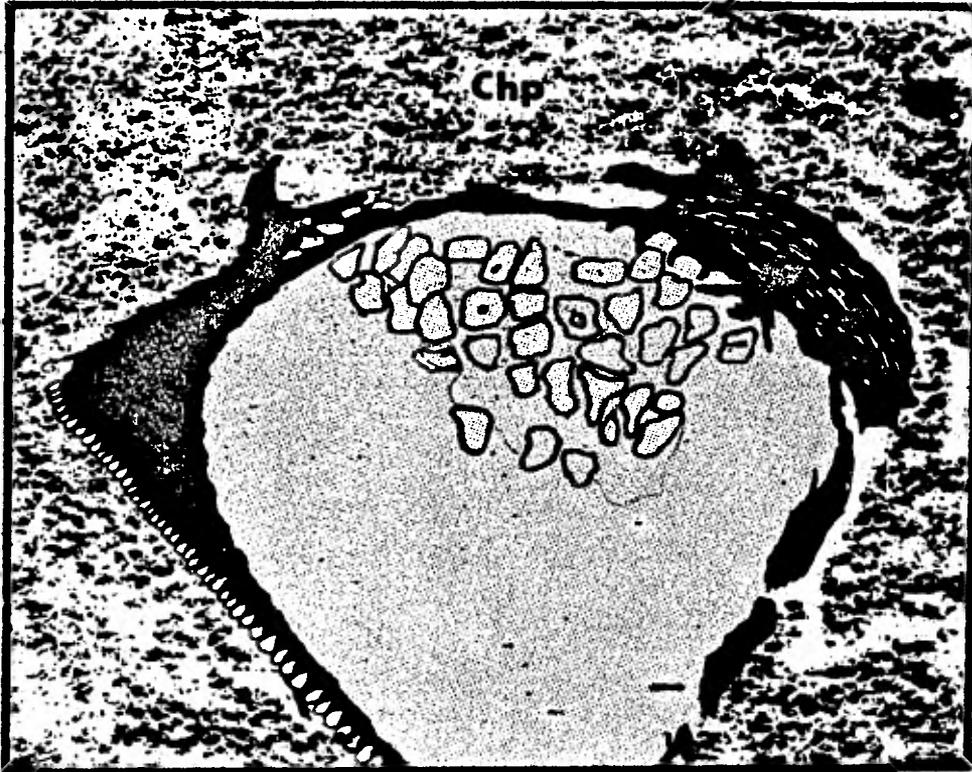
Figura 2. CORTE TRANSVERSAL DEL GRANO DE SORGO REALIZADO A 1mm. ARRIBA DEL PUNTO DE UNION DEL GRANO CON EL PEDICELO QUE MUESTRA TODAS SUS ESTRUCTURAS Y LA RELACION ESPACIAL DE LOS DIFERENTES TEJIDOS. Embrión (Em), Endosperme (E.), Escutelo (Es.), Teste (T.), Almohada Chelazo-placcotal (Chp), Parénquima del floema (Pf.).

(Fig.3). Dentro del integumento se extienden dos protuberancias a semejanza de cuernos, del lado de la almohada chalazo-placentar (Figs. 4 y 5). Las células de transferencia son modificaciones de las células del endosperma basal, situadas sobre el lado abgerminal de la semilla. Diez días después de la polinización, las células del interior del pericarpio sobre el lado abgerminal del grano, son aplanadas y comprimidas, posiblemente por la elongación del embrión, aplastamiento que se incrementa sensiblemente a los 25-30 días después de la polinización. En esta etapa, la capa negra está mejor desarrollada en el punto basal abgerminal del endosperma y, aunque varias células engrosan esta región, ella aún no se encuentra directamente sobre las células de transferencia. También en este momento aún no hay barrera que obstaculice el movimiento libre de solutos y asimilados dentro de la endosperma. A los 35 días después de la polinización, se empieza a acumular sustancias pécticas y mucílago en las células parenquimáticas del floema (Fig. 6). La capa negra se vuelve visiblemente más oscura a los 40-42 días después de la polinización. En la semilla madura, la capa negra aparece como una banda café del falso tejido, en el lado abgerminal basal del pericarpio, en el área de las células



**Figure 3. CORTE TRANSVERSAL DEL PEDICELO EN EL PUNTO DE UNION
CON EL GRANO. LAS DOS FLECHITAS INDICAN PEQUEÑOS VES-
TIGIOS VASCULARES Y LA DEL CENTRO LA PARTE BASAL DE
LA Tista (T.). Parenquima del floema (Pf.).**

Fuente: Gómez et al. 1975



**Figure 4. CORTE TRANSVERSAL DEL NIVEL SUPERIOR MOSTRANDO LA
Almeada chorizo - placental (Chp.).**

Fuente: Gibes et al. 1975



Figura 5. CORTE TRANSVERSAL QUE MUESTRA LAS CELULAS DE TRANSFERENCIA (ci), Y EL APLASTAMIENTO DEL Intergumento interno (ii), PARTE DE LA TESTA Y LAS PROTUBERANCIAS EN FORMA DE CUERNO.

Fuente: Gilin et al. 1975



Figura 6. MICROGRAFIA ELECTRONICA DEL PARENQUIMA DEL FLOEMA-MOSTRANDO EL CITOPLASMA DENSO PRESUMIBLEMENTE ASOCIADO CON DEPOSITOS DE COMPUESTOS PECTICOS Y MUCILAGINOSOS. TAMBIEN SE PRESENTA UN GRAN NUMERO DE Mitochondrios (M).

Fuente: Gilles *et al.* 1975.

de transferencia, siendo la parte exterior del pericarpio la zona más intensamente coloreada. Asimismo, entre el integumento interno y externo se forma una capa densa de suberina (Fig. 7).

B).- Ontogenia del tejido envolvente.

Con referencia a este aspecto, Giles et al. (1975), mencionan que cinco días después de la polinización, se diferencian el escutelo y el endosperma en tejidos distintos, y, que éste último, presenta engrosamientos en su pared celular y las protuberancias características de las células de transferencia (Fig. 8). En esta etapa aún no es visible la capa negra. A los 15 días después de la polinización, es posible observar, en la zona donde se formará la capa negra, una porción más oscura en el tejido. Al remover esta porción del tejido, estos investigadores, encontraron que estaba en la región del parénquima del floema y, que esta región era rica en componentes fenólicos. De los 15 a los 30 días, esta porción se torno más notable y oscura.

Giles et al. (1975), afirmaron que la aparición temprana de componentes fenólicos en las células del parénquima del floema, esta asociada con la formación de la porción oscura adyacente a las células de



Figura 7. MICROGRAFIA ELECTRONICA DE LA CAPA DE Suberino (S), DENSAMENTE TEÑIDA, CAPA DE Aleurone (A), Y EL Pericarpio interno (Pi).

Fuente: Giles *et al.* 1975



**Figura 8. CORTE TRANSVERSAL DEL GRANO DE SORGO CINCO DIAS -
DESPUES DE LA POLINIZACION, MOSTRANDO LAS DIFE -
RENCIAS DE LAS Células de transferencia (Ci), Y LA
Glume circundante (G).**

Fuente: Gilis et al. 1975

transferencia. Señalan que asimismo la intensificación de la capa negra a los 40-45 días después de la polinización, parece ser resultado de varios factores. El parénquima del floema y el floema mismo en el pedicelo y en el pericarpio, envejecen azolvándose con mucílago y componentes pécticos, lo cual no solo ocasiona el cese de la translocación, sino también el cese del movimiento del agua dentro de la semilla, y por lo tanto, del secado del grano. Estas observaciones estructurales, coinciden con las observaciones funcionales de Eastin et al. (1973).

Finalmente, Giles et al. (1975), mencionan que en el sorgo, a diferencia del maíz, las células de transferencia permanecen intactas y completamente reconocibles, mientras que, el parénquima del floema se bloquea con mucílagos y compuestos pécticos, llegando a pigmentarse muy negro, como resultado del depósito de componentes fenólicos, primero en la vacuola y posteriormente en las paredes celulares. Depósitos que, en efecto, cierran el hilio entre las proyecciones con forma de cuerno.

De esta forma, los investigadores mencionados, concluyeron que para el caso de los granos de sorgo bicolor, la capa negra puede ser aparente a los 15 días después de la polinización como resultado del depósito de fenoles en el interior de las células

parenquimáticas del floema y, que en efecto, el bloqueo de estas células con mucílago y compuestos pécticos cuando la madurez, forma la capa concluyente del hilio, ocasionando que la semilla se seque y que la capa negra se haga más notoria.

2.4.- MADUREZ FISIOLÓGICA EN OTROS CULTIVOS

Ortegón (1980), estudió la etapa de madurez fisiológica en girasol (Helianthus annuus L.), tomando como indicador de ella, el peso seco y el contenido de aceite de la semilla. En su investigación, este autor citando a Anderson (1975), menciona que la madurez fisiológica en el girasol ocurre cuando el peso seco del aquenio y los porcentajes de aceite y ácido oleico y linoleico están en su punto máximo, lo cual, según Robertson et al. (1978), ocurre a los 35 días después de iniciada la floración, momento en que la semilla contiene el 36% de humedad.

En sus conclusiones, Morales (1980) afirma que una variedad de girasol de ciclo vegetativo de 100-105 días, presenta su madurez fisiológica a los 25 días después de la floración y, que esta etapa, se caracteriza por una estabilización en el rendimiento y en el contenido de aceite de la semilla.

García (1979), en sus estudios de madurez fisiológica en arroz (Oryza sativa L.), utilizó como índices de madu-

ración el contenido de humedad, el contenido de materia seca, el poder germinativo, el vigor y el tamaño. Según él, la fase de maduración de la semilla, revela tres etapas diferentes: la primera se encuentra caracterizada por un crecimiento lento de la semilla, por el inicio de la acumulación de materia seca, por un alto contenido de humedad (50-60%), y por una duración de 1 a 2 semanas. La segunda se caracteriza por un máximo tamaño de la semilla, un rápido incremento progresivo del vigor, una duración de tres a tres y media semanas. En la última se alcanza el máximo contenido de materia seca, el máximo vigor y una disminución gradual de la humedad y del tamaño de la semilla, hasta alcanzar el equilibrio con el medio.

Jugenheimer (1976), menciona que los criterios utilizados para determinar la madurez fisiológica en maíz (Zea mays L.), han sido muy diversos, citando entre ellos:

- 1.- El número de días transcurridos desde la siembra hasta el 50% de la floración femenina o masculina;
- 2.- El número de días transcurridos desde la siembra hasta la aparición del 50% de vainas o espigas;
- 3.- El porcentaje de materia seca del grano;
- 4.- El número y la madurez de las hojas, y
- 5.- El número de días transcurridos desde la siembra hasta la aparición de la capa negra.

Según este autor, el porcentaje de humedad del grano al cosechar, es un criterio confiable para determinar la madurez. Menciona que Aldrich (1942), encontró que el mejor criterio para determinar la madurez del grano, es su porcentaje de materia seca, siendo el segundo mejor criterio el número de días al 50% de la floración femenina.

Eastin et al. mencionan que Johann (1935), estudiando la histología del grano de maíz, observó que el alargamiento del escutelo oprime una capa de células externas a la chalaza-placentar, originando su oscurecimiento (la cual es descrita como capa negra) y el cese de la translocación al interior del endosperma.

Daynard y Duncan (1969), propusieron utilizar la capa negra, desarrollada en la región placentar del grano de maíz, como un indicador de que el máximo peso seco del grano ha sido alcanzado.

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1.- SITUACION GEOGRAFICA

El experimento se condujo en terrenos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Cuautitlán Méx., ubicada entre las coordenadas $19^{\circ} 07'$ y $99^{\circ} 14'$ de Longitud Oeste. Su Altitud media es de 2 240 m.s.n.m.

3.2.- CLIMA

De acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por Enriqueta García en 1964, el clima prevaleciente en la región es del tipo, C (Wo)(W)b(i'), que corresponde a un clima templado, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias de verano e invierno seco (con menos del 5% de la precipitación total anual), con verano largo y fresco y una oscilación térmica extrema.

En Cuautitlán, la precipitación se concentra, básicamente de mayo a octubre y recibe una mínima cantidad en el invierno. El total anual es de 605 mm, siendo julio el mes más lluvioso con 128.9 mm y febrero el más seco con 3.8 mm. (Reyna, 1978).

3.3.- SUELO

Según la clasificación de suelos de la FAO/UNESCO (1970), modificada por el Departamento de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL), el suelo donde se realizó el experimento, correspondería a un Vertisol Pélico, cuyas características principales son: profundos, de perfil mayor a 2 mts.; de color negro; textura arcillosa; alta fertilidad; contenido de materia orgánica de 4.8%; pH ligeramente ácido (6.9); alta capacidad de retención de humedad y baja susceptibilidad a la erosión; con una pendiente de 0.5%.

3.4.- MATERIAL GENETICO

Los genotipos utilizados, fueron las variedades de sorgo VA-110, VA-120 y VA-130, obtenidas para los Valles Altos Centrales de México, en el Campo Agrícola Experimental del Valle de México (CAEVAMEX), con sede en Chapingo Méx., dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), y cuyas características agronómicas se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. CARACTERISTICAS DE TRES VARIEDADES DE SORGO RECOMENDADAS
 PARA SIEMBRA DE TEMPORAL O RIEGO EN LOS VALLES ALTOS DE
 MEXICO (1)

VARIEDAD	CICLO VEGETATIVO DIAS A FLORACION	COSECHA	COLOR DE GRANO	ALTURA PLANTA CM.	NUMERO DE ENTRENUDOS	EXCERSION CM.	LONG. PANOJA CM.	TIPO PANOJA (2)	No. HIJOS	PESO/DENSIDAD DE 200 GRANOS	
VA-110	85-100	150-160	café oscuro	80-132	6-8	2-15	13.5-22	S/A	1-4	3.18- 4.89	0.97- 1.33
VA-120	85-100	150-160	café oscuro	74-136	7-9	0-18	8-18	C	1-4	2.95- 4.00	0.92- 1.23
VA-130	88-100	150-165	Ambar	80-135	6-8	0-20	12-21	S/A	0-1	3.71- 5.10	1.04- 1.38

(1) Rangos obtenidos de los trabajos realizados en varias localidades durante varios años a nivel nacional.

(2) S/A = semiabierta, C= Compacta.

FUENTE: Circular CIAMEC # 130
 Octubre de 1980

3.5.- TRABAJO DE CAMPO.

3.5.1.- PREPARACION DEL TERRENO.

La preparación del terreno, donde se estableció el experimento, se realizó de manera convencional: barbecho, a una profundidad de 0.30 m. y dos pasos de rastra, procediéndose luego a formar los surcos a una distancia de 0.92 m..

3.5.2.- SIEMBRA.

La siembra se realizó en forma mecanizada, el 29 de mayo de 1981, con una densidad de 13 Kg. de semilla por hectárea, bajo condiciones de punta de riego; por lo que se dió un riego pesado al inicio y se dejó hasta el final del ciclo bajo condiciones de temporal, que en términos generales fué bueno para este año.

3.5.3.- FERTILIZACION

Se empleó la fórmula 120-40-00, aplicándola en dos fases: la primera se hizo a la siembra, depositando la fórmula 50-40-00, que se obtuvo de fuentes Sulfato de Amonio (20.5% de N) y Superfosfato de

Calcio Triple (46% de P_2O_5). La segunda se hizo a los 40 días después de establecido el cultivo, depositando la fórmula 70-00-00, que se obtuvo de la fuente de Nitrato de Amonio (33.5% de N).

3.5.4.- COMBATE DE MALEZAS

Para el control de malezas se realizaron dos aplicaciones de herbicida: una preemergente, un día después de la siembra, a base de 3 Kg. de Gesaprim más 1 litro de Hierbamina por hectárea, y la segunda a base de 1.5 litro de 2,4 D - amina, diluída en 400 litros de agua, para la misma superficie; Además se realizó una escarda mecánica al momento de la segunda fertilización. Estos métodos, sin embargo, no controlaron perfectamente a las malezas, pues hacia el final del ciclo del cultivo, proliferó el "Chayotillo" (Sicyos spp.), que se controló manualmente en las parcelas de experimentación.

3.6.- METODOS

3.6.1.- PARCELA EXPERIMENTAL

Este trabajo es parte de una serie de investigaciones sobre las variedades de sorgo VA-110,

VA-120 y VA-130, por lo que, las parcelas experimentales se establecieron en siembras extensivas, hechas exprofeso con ese fin.

Para la variedad VA-110, se procedió a separar con lazo, 6 surcos de 5 mts. de largo, eliminando los surcos extremos con el fin de contrarrestar el efecto de orilla; de esta manera, sólo se usaron para fines de muestreo los 4 surcos. La extensión total de la parcela fué de 20 m².

Cuando el cultivo estuvo en floración media (el 26 de agosto), se procedió a seleccionar y etiquetar a 100 plantas.

En las variedades VA-120 y VA-130, solamente se aislaron 4 surcos de 5 mts. de largo, procediéndose también a eliminar los surcos extremos y utilizar, exclusivamente, los del centro. En virtud de ello, la superficie de cada una de estas parcelas fué de 10 m². En estas parcelas se seleccionaron 50 plantas y se etiquetaron.

La posibilidad de que se pudiera presentar alguna helada temprana en la zona, fué el motivo por el que se decidió un tamaño reducido de las parcelas experimentales, pues ello facilitaría su aislamiento y protección con plástico u otro material, en caso de que tal meteoro ocurriese; permitiendo así, la conducción del experimento hasta su conclu-

sión.

3.6.2.- MEDICION DE MADUREZ FISIOLOGICA

La selección y etiquetado de las 100 plantas de la variedad VA-110 y las 50 de cada una de las variedades VA-120 y VA-130, se realizó cuando el cultivo estaba en floración media, que ocurrió a los 89 días después de la siembra. La selección de 100 plantas para VA-110, se hizo con el objeto de afinar los métodos de evaluación y contrastarlos con los realizados con las 50 plantas de las variedades restantes.

Debido a que la panoja de sorgo inicia su floración de la punta a la base, y en ese mismo sentido madura (basipétala), se acordó muestrear la parte media de la misma, y así obtener una muestra lo más homogénea posible. Asimismo, se procedió a tomar los granos alrededor de la parte media de la panoja, en virtud de que la exposición de los mismos a los rayos solares modifica la velocidad de maduración (Fig. 9).

Los muestreos se realizaron cada siete días, transcurrido un mes después de la floración, y se redujeron a cada cuatro días después del quinto muestreo, con la finalidad de detectar los cambios

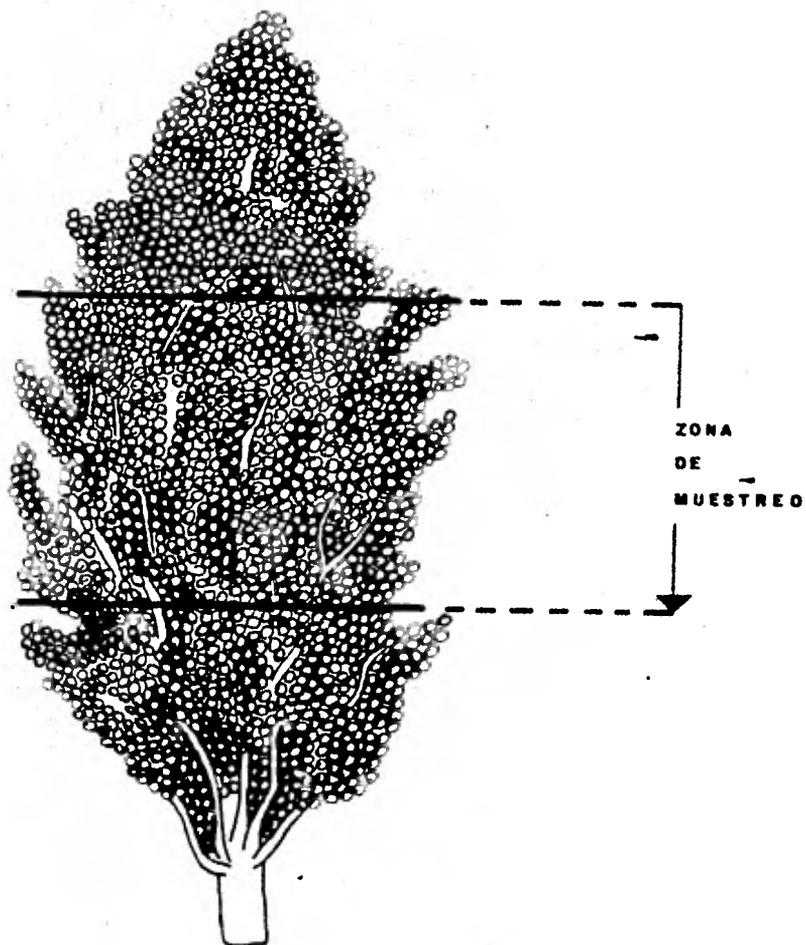


Figura 9. PANOJA DE SORGO CON INDICACIONES DE LA SECCION DE MUESTREO Y EL SENTIDO EN QUE OCURRE LA FLORACION Y MADURACION.

ocurridos hacia el final del ciclo vegetativo. Estos muestreos se realizaron en las mañanas para evitar la pérdida de humedad en el desarrollo de los propios muestreos.

De cada muestreo, se tomaron 35 granos por panoja de cada una de las 200 plantas seleccionadas (100 para VA-110, 50 para VA-120 y 50 para VA-130); se guardaron en bolsas de papel previamente numeradas y se trasladaron al laboratorio, donde se efectuaron las siguientes evaluaciones.

CAPA NEGRA

De los 35 granos seleccionados en cada panoja, se tomaron cinco al azar y se observó su región pla-cental, calificándolos del uno al cinco de acuerdo a la intensidad del obscurecimiento de la misma. Las calificaciones fueron:

- 1, si se observaba una tonalidad apenas perceptible.
- 2, si la tonalidad se manifestaba ligeramente grisácea.
- 3, si la región adquiría un color ligeramente café.
- 4; si la región presentaba un color café pronunciado.
- 5, si la región se manifestaba de color café intenso, tendiendo a negro.

La calificación que se registraba era la que se presentaba con mayor frecuencia. En caso de que se igualara la frecuencia de dos calificaciones, se procedía a tomar otro grano al azar, y así determinar la calificación.

CONSISTENCIA AL TACTO

Después de realizada la prueba de la capa negra, a los mismos cinco granos se les presionó con la uña y se les calificó de la siguiente manera:

- 1, si al presionar con la uña, ésta penetraba fácilmente y ocasionaba la expulsión de pequeñas gotas lechosas; ESTADO LECHOSO.
- 2, si al presionar, la introducción de la uña ocurría con facilidad, pero sin haber expulsión de gotas lechosas; ESTADO LECHOSO-MASOSO.
- 3, si al presionar, el contenido del grano mostraba cierta solidez o coagulación; ESTADO MASOSO.
- 4, si se requería de cierta presión para que la uña penetrara y el contenido del grano se mostraba compacto; ESTADO MASOSO DURO.
- 5, si se requería de mayor presión para que la uña penetrara y, además, al hacerlo generaba una división del grano en dos partes; ESTADO DURO.

Aquí se siguió el mismo criterio que para capa negra, registrando la calificación a la categoría con mayor frecuencia.

PESO SECO

Los 30 granos restantes se pesaron en una balanza analítica (marca SAUTER GmbH D-7470, con resolución de 1×10^{-4} g.) y se anotó su registro como Peso Fresco (P.F.). Se colocaron en cajas de aluminio y se pusieron en la estufa a una temperatura de 80°C durante 24 horas. Al cabo de este tiempo, se procedió a pesar nuevamente y se anotó su registro como Peso Seco (P.S.). Con los datos de peso fresco y peso seco, se calcularon los Porcentajes de Humedad (% H) y de Materia Seca (% M.S.)

3.6.3.- ANALISIS ESTADISTICO

Con los datos obtenidos, en las cuatro características en estudio, se calculó la media (\bar{X}), la varianza (S^2) y la desviación standard (S), para cada variedad.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

Del espacio muestral conque se inició el experimento, 100 plantas para VA-110, 50 para VA-120 y 50 para VA-130, se terminó con un total de 58, 41 y 45 respectivamente. La reducción de la muestra se debió a que hubo pérdidas; en algunos casos las panojas eran demasiado pequeñas y no alcanzaron a cubrir la cantidad de granos requeridos para efectuar el número de muestreos necesarios; en otros, se perdió la identidad al desprenderse las etiquetas, siendo más común el primer caso.

Los parámetros calculados se presentan en los cuadros 2, 3 y 4; en tanto que, con los valores de las medias se obtuvieron las gráficas 1,2 y 3.

4.1.- PESO SECO

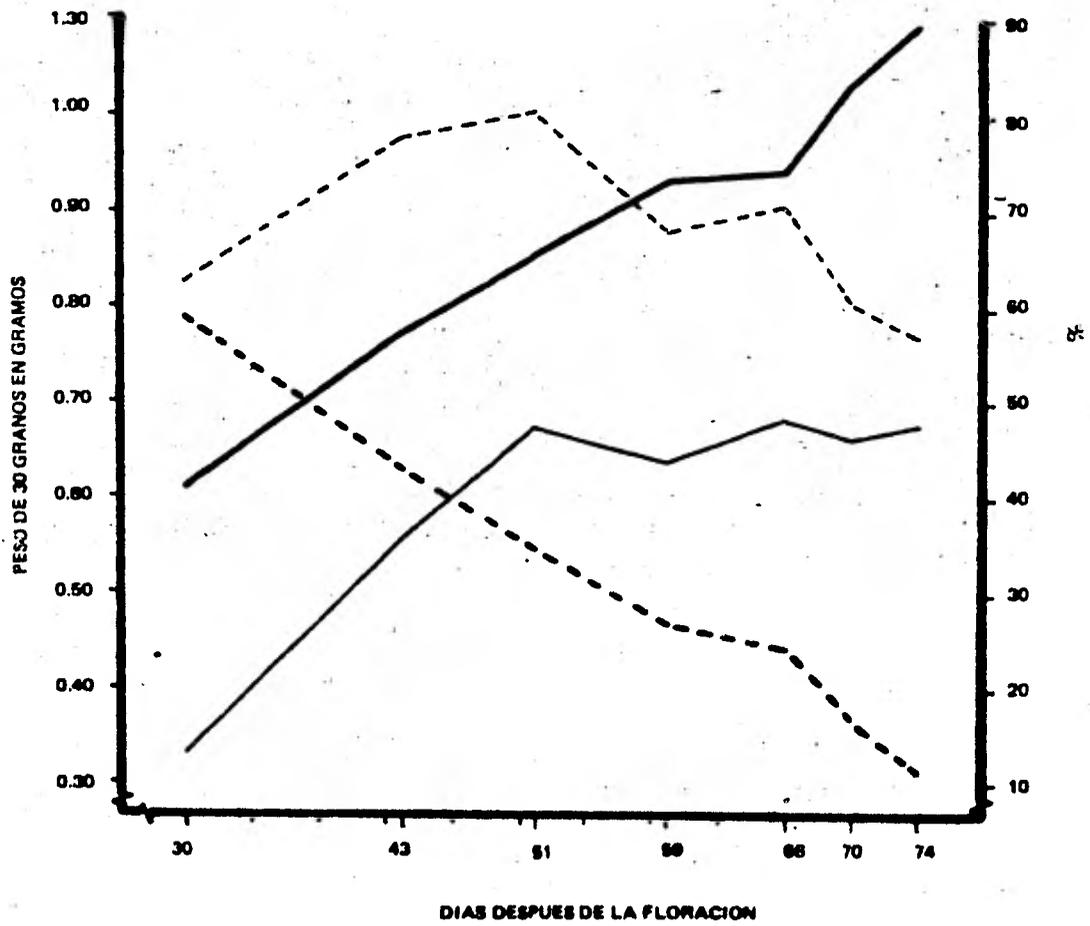
En general, el comportamiento del material genético utilizado mostró una tendencia a incrementar su peso seco hasta alcanzar un máximo, a partir del cual, tendió a estabilizarse; comportamiento que se ajusta a lo señalado por Delouche (1964) y García (1979), en el sentido de que al madurar la semilla, su peso seco se va incrementando paulatinamente, como resultado de la acumulación de materia seca, hasta alcanzar un máximo que marca la terminación del

CUADRO 2. Valores promedio, varianza y desviación standard para las variables medidas en diferentes estados de crecimiento del grano de la variedad de sorgo VA-110.

Número de muestreo	Determinación		Estadístico	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	M.S. %	Hum. %
	Fecha	Días después de floración					
1	25/9/81	30	\bar{X}_2	0.8244	0.3389	41.0793	58.9266
			S^2	0.0039	0.0037	42.8706	42.8811
			S	0.0631	0.0613	6.6047	6.6056
2	8/10/81	43	\bar{X}_2	0.9814	0.5585	57.1243	42.8200
			S^2	0.0081	0.0024	26.5222	26.9630
			S	0.0907	0.0498	5.1950	5.2379
3	16/10/81	51	\bar{X}_2	1.0324	0.6759	65.6719	34.4076
			S^2	0.0086	0.0039	18.0923	17.8684
			S	0.0936	0.0632	4.2907	4.2640
4	24/10/81	59	\bar{X}_2	0.8849	0.6450	73.2741	26.6910
			S^2	0.0164	0.0073	74.9832	71.1782
			S	0.1291	0.0859	8.7349	8.7463
5	31/10/81	66	\bar{X}_2	0.9095	0.6821	74.7302	24.6171
			S^2	0.0182	0.0076	54.8278	36.3851
			S	0.1360	0.0879	7.4693	6.0847
6	4/11/81	70	\bar{X}_2	0.8045	0.6687	83.4612	16.5388
			S^2	0.0135	0.0067	8.3268	8.3268
			S	0.1171	0.0825	2.9108	2.9108
7	8/11/81	74	\bar{X}_2	0.7666	0.6809	88.9750	11.1802
			S^2	0.0075	0.0059	2.6979	1.1980
			S	0.0876	0.0772	1.6569	1.1013

CLAVE:

- PESO SECO
- - - PESO FRESCO
- % MATERIA SECA
- - - % HUMEDAD



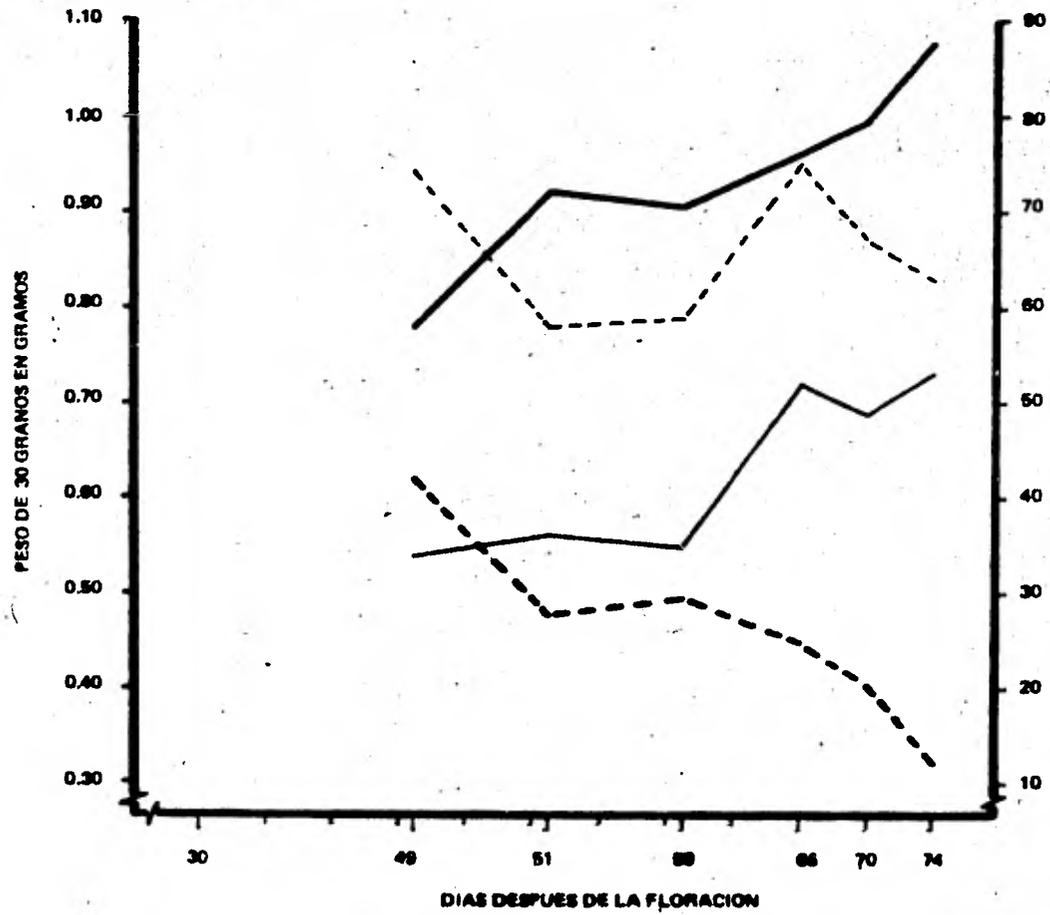
Gráfica 1. COMPORTAMIENTO DE LA VARIEDAD VA-110 EN EL PROCESO DE MADURACION DEL GRANO.

CUADRO 3. Valores promedio, varianza y desviación standard para las variables medidas en diferentes estados de crecimiento del grano de la variedad de sorgo VA-120.

Número de muestreo	Determinación Fecha	Días des- pués de floración	Estadístico	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	M.S. %	Hum. %
2	8/10/81	43	\bar{X}_2	0.9361	0.5432	58.0007	42.0017
			S^2	0.0050	0.0023	3.5333	3.5386
			S	0.0712	0.0480	1.9031	1.9045
3	16/10/81	51	\bar{X}_2	0.7833	0.5600	72.0649	27.9346
			S^2	0.0115	0.0035	40.3696	40.3897
			S	0.1085	0.0596	6.4326	6.4372
4	24/10/81	59	\bar{X}_2	0.7885	0.5509	70.4737	29.5259
			S^2	0.0146	0.0056	75.4584	75.4621
			S	0.1224	0.0755	8.7946	8.7948
5	31/10/81	66	\bar{X}_2	0.9563	0.7218	75.5449	24.5307
			S^2	0.0032	0.0016	2.8878	2.9678
			S	0.0598	0.0408	1.7205	1.7441
6	4/11/81	70	\bar{X}_2	0.8678	0.6903	79.7305	20.2695
			S^2	0.0073	0.0030	5.8446	5.8446
			S	0.0868	0.0554	2.4476	2.4476
7	8/11/81	74	\bar{X}_2	0.8264	0.7271	87.6956	12.3032
			S^2	0.0022	0.0017	1.2501	1.2523
			S	0.0477	0.0413	1.1320	1.1330

CLAVE:

- PESO SECO
- - - PESO FRESCO
- % MATERIA SECA
- - - % HUMEDAD



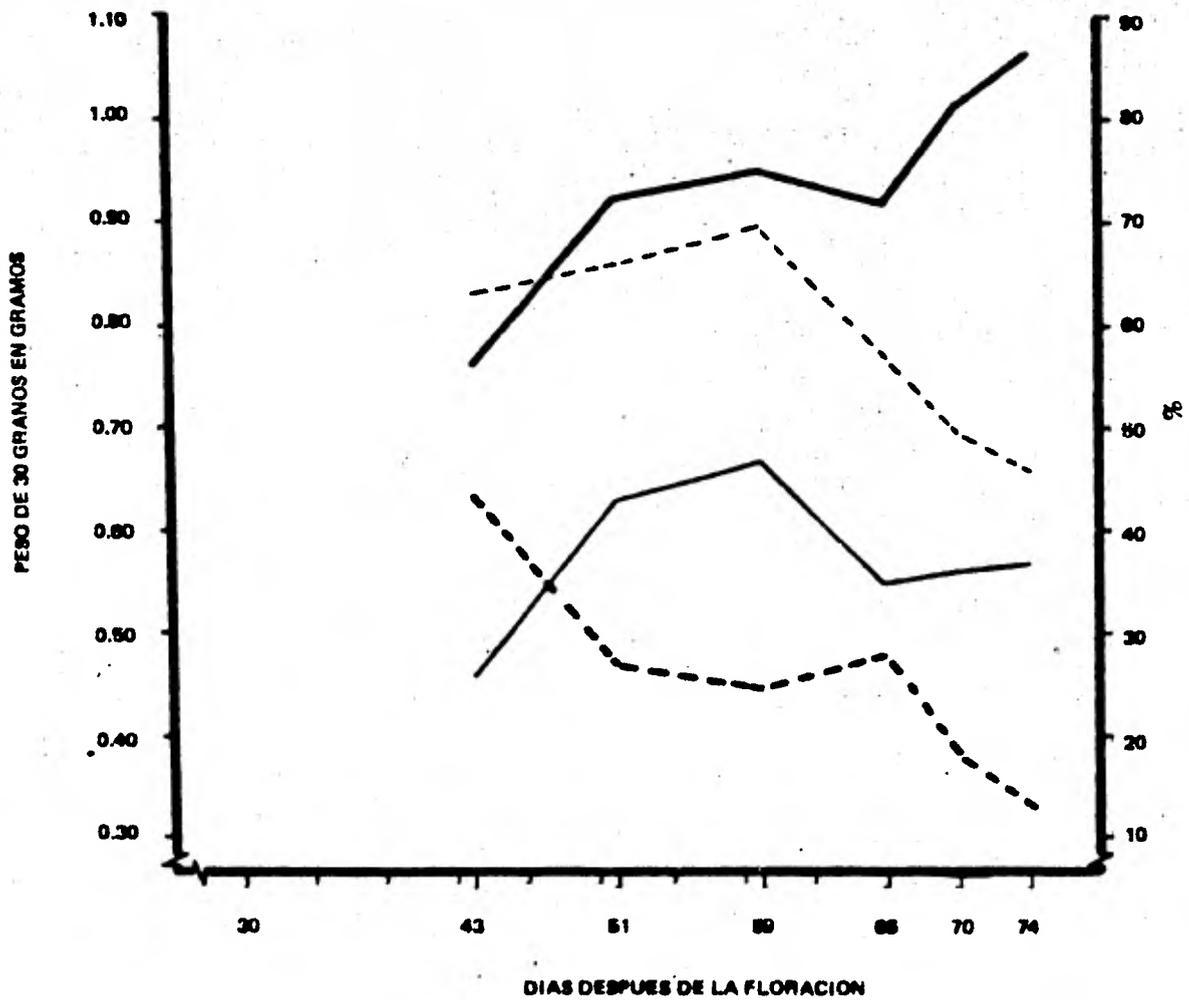
Gráfica 2. COMPORTAMIENTO DE LA VARIEDAD VA-120 EN EL PROCESO DE MADURACION DEL GRANO.

CUADRO 4. Valores promedio, varianza y desviación standard para las variables medidas en diferentes estados de crecimiento del grano de la variedad de sorgo VA-130

Número de muestreo	Determinación Fecha	Días des- pués de floración	Estadístico	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	M. S. %	Hum. %
2	8/10/81	43	\bar{X}_2	0.8267	0.4636	56.4247	43.5758
			S^2	0.0072	0.0019	28.3943	28.4041
			S	0.0857	0.0442	5.3888	5.3894
3	16/10/81	51	\bar{X}_2	0.8657	0.6290	72.6624	27.3264
			S^2	0.0035	0.0022	6.3337	6.3216
			S	0.0601	0.0476	2.5451	2.5427
4	24/10/81	59	\bar{X}_2	0.8996	0.6752	75.2420	24.4869
			S^2	0.0048	0.0021	6.0709	5.7913
			S	0.0701	0.0459	2.4918	2.4337
5	31/10/81	66	\bar{X}_2	0.7696	0.5503	72.0040	27.9960
			S^2	0.0174	0.0053	15.2145	15.2145
			S	0.1333	0.0740	3.9447	3.9447
6	4/11/81	70	\bar{X}_2	0.6972	0.5628	81.2393	18.8036
			S^2	0.0128	0.0051	17.2083	17.5092
			S	0.1145	0.0725	4.1952	4.2317
7	8/11/81	74	\bar{X}_2	0.6612	0.5722	86.5160	13.3396
			S^2	0.0081	0.0056	2.2277	1.8033
			S	0.0908	0.0754	1.5094	1.3581

CLAVE:

- PESO SECO
- - - PESO FRESCO
- % MATERIA SECA
- - - % HUMEDAD



Gráfica 3. COMPORTAMIENTO DE LA VARIEDAD VA-130 EN EL PROCESO DE MADURACION DEL GRANO.

ciclo, con la madurez fisiológica. (Ver gráficas 1, 2 y 3).

La variedad que mostró un comportamiento más normal en el sentido señalado fué VA-110, cuya curva de peso seco evidenció un incremento casi vertical del trigésimo al quincuagésimo primer día después de la floración (cuadro 2; gráfica 1) y una estabilización del día 59 en adelante, que se hizo aún más notoria hacia los 70 y 74 días; lo cual parecería indicar que la madurez fisiológica ocurre alrededor de los 51 días después de la floración.

El comportamiento del peso seco correspondió con el mostrado por el peso fresco hasta el día 51 donde alcanzó su máximo valor, después decreció sensiblemente en los días subsecuentes, alcanzando sus valores más bajos en los últimos dos muestreos (del día 70 al 74), con una clara tendencia a continuar descendiendo más; como se puede apreciar en las curvas del porcentaje de humedad (% H) y de materia seca (% M.S.) de esta variedad, que muestran claramente que mientras la humedad se reduce a través del tiempo, la materia seca se incrementa, conforme ocurre el desarrollo y maduración de la semilla (gráfica 1). Al respecto, es necesario señalar que el porcentaje de humedad y materia seca no proporcionan información del momento en el que ocurre la madurez

fisiológica, en virtud de que existen variedades - como VA-130 - que pueden alcanzar la madurez con un alto contenido de humedad y otras que solo la alcanzan cuando su contenido es bajo.

La variedad VA-120, tuvo un comportamiento similar a la variedad VA-110 aunque con ciertas peculiaridades, ya que el peso seco mostró una tendencia a incrementarse a través del tiempo hasta llegar a un máximo y después a estabilizarse; sin embargo durante los primeros tres muestreos el incremento fué más lento que en el caso de VA-110, para luego dar un aumento rápido hasta el quinto muestreo y después estabilizarse (Gráfica 2). Asimismo, el máximo valor de peso seco coincidió con la etapa en que se alcanza el máximo valor de peso fresco, a partir del cual éste inició su descenso.

Siendo VA-120 una variedad considerada intermedia entre VA-110 y VA-130, se puede explicar con ello el porque tendió a estabilizarse dos semanas después de que la variedad VA-110 lo había hecho; es decir, a los 66 días después de la floración. Es posible también que VA-120 tenga una floración más heterogénea que VA-110, así como un período de llenado de grano más amplio. El decremento sensible, mostrado para peso fresco, del día 43 al 51 después de la floración, fué probablemente debido a errores de muestreo (gráfi-

ca 2).

De las tres variedades utilizadas en el experimento, VA-130 fué la que mostró un comportamiento bastante irregular, tanto para peso seco como para peso fresco, (gráfica 3). En el caso del peso seco, si bien hasta el día 59 después de la floración se comportó de manera similar a las otras dos variedades, incrementándose paulatinamente hasta alcanzar un máximo valor; después de este día, en ningún momento mostró tendencia a la estabilidad, y aún más, su tendencia hacia los últimos muestreos fué la de seguir ganando peso. En el caso del peso fresco, su incremento fué apenas perceptible, a diferencia de lo que ocurrió en las otras dos variedades, mientras que su decremento a partir del día 59 después de la floración, fué muy brusco, dando lugar a que su ganancia y pérdida absolutas, fuesen baja y alta respectivamente.

El comportamiento mostrado por VA-130 para peso seco, puede encontrar su explicación en las posibles causas siguientes: que esta variedad requiere de mejores condiciones para madurar; que genéticamente no posea las características de homogeneidad deseables, o que su interacción con el medio ambiente sea mayor que la de las otras dos variedades.¹

En el caso del peso fresco, el comportamiento

1. Carballo C., Aquiles. 1982. Comunicación personal.

mostrado puede encontrar su explicación, si tomamos en cuenta que el experimento se trabajó con muestras aleatorias y que, por lo tanto, no necesariamente debía seguir una respuesta constante, dando en consecuencia un comportamiento aparentemente anormal.

Solamente el porcentaje de materia seca y el de humedad (gráfica 3) presentaron un comportamiento semejante al de las variedades VA-110 y VA-120: mientras que la materia seca tendió a incrementarse conforme al paso del tiempo, la humedad observó una disminución progresiva, con la peculiaridad de que en ambos casos, sus curvas manifestaron una marcada estabilización entre los 55 y 66 días después de la floración.

4.2.- COMPARACION ENTRE EL DESARROLLO DE LA CAPA NEGRA Y LA CONSISTENCIA DEL GRANO.

Debido a que la información proporcionada por los cuadros 2, 3 y 4, y las gráficas 1, 2 y 3, era insuficiente para determinar con certeza el momento en que ocurre la madurez fisiológica, se procedió a confrontar los datos de las calificaciones de capa negra y consistencia al tacto por variedad y por muestreo, obteniéndose los cuadros 5, 6 y 7. Los resultados mostrados en dichos cuadros, para las variedades VA-110, VA-120 y VA-130 respec-

CUADRO 5. Distribución a través del tiempo de la frecuencia en que ocurrieron los diferentes valores de Capa Negra y Consistencia al Tacto en la variedad VA-110.

Número de muestreo	Calificación de C.N.	Calificación de Consistencia al Tacto				
		1	2	3	4	5
1	1	27	31			
2	1 2 3		5 16	31 6		
3	2 3 4		1	13 35	2 6 1	
4	3 4 5			4 11	8 32 3	
5	3 4 5			1 2	2 26 19	5 3
6	4 5				2 8	3 45
7	4 5					3 55

CUADRO 6. Distribución a través del tiempo de la frecuencia en que ocurrieron los diferentes valores de Capa Negra y Consistencia al Tacto en la variedad VA-120.

Número de muestreo	Calificación de C. N.	Calificación de Consistencia al Tacto				
		1	2	3	4	5
2	2		5	9		
	3		7	19		
	4			1		
3	2			1		
	3		1	10	3	
	4			12	14	
4	2			1		
	3			12	6	
	4			7	14	
	5				1	
5	4				27	3
	5				11	
6	4				3	5
	5				17	16
7	4					3
	5				2	36

CUADRO 7. Distribución a través del tiempo de la frecuencia en que ocurrieron los diferentes valores de Capa Negra y Consistencia al Tacto en la variedad VA-130.

Número de muestreo	Calificación de C. N.	Calificación de Consistencia al Tacto				
		1	2	3	4	5
2	1 2	3	4 21	17		
3	3 4			4 17	5 19	
4	3 4			2 10	2 28	3
5	3 4			7	5 32	
6	4 5				7 9	6 23
7	4 5				1 2	4 38

tivamente, evidencian que sus distintas calificaciones observaron una tendencia a tener un valor mayor a través del tiempo, así como también la existencia de una relación directa entre ambas pruebas, manifestada en el agrupamiento de sus tendencias.

La capa negra, con un respaldo experimental mucho mayor que la consistencia al tacto, ha evidenciado que tanto su aparición como su desarrollo, están relacionados con el proceso de maduración de la semilla y, por lo tanto, resulta evidente que conforme ésta se acerca más a su máximo peso seco, la visualización externa de aquella se haga cada vez más notoria. La consistencia al tacto ha sido el método usualmente utilizado por el agricultor de manera empírica en el campo, para determinar en que etapa se encuentra la semilla de acuerdo a su contenido de humedad (lechoso, masoso, etc.) y, al igual que la capa negra, que se intensifica a medida que la semilla madura, la consistencia muestra una mayor solidez a medida que la humedad disminuye. Cabe, no obstante, señalar que la consistencia al tacto lleva intrínseca cierta subjetividad, pues el sentido del tacto es diferente entre personas, aunque por otro lado, debe reconocerse también que el campesino ha adquirido tal destreza y dominio de este procedimiento que lo ha convertido en un método eficiente que le permite saber, cuando su cultivo está a punto para la práctica que proceda en esta etapa (despun-

te, amogotado, zacateo, etc.).

La consistencia al tacto tuvo un comportamiento muy similar en las tres variedades, presentando en cada una de ellas y para cada uno de los muestreos, prácticamente las mismas calificaciones. Esta homogeneidad en el comportamiento, contrasta con los encontrados en el peso seco, parámetro que si bien permite identificar la etapa en que se encuentra la semilla de acuerdo a su contenido de humedad, no es muy confiable para identificar la madurez fisiológica, en virtud de que existen variedades que pueden alcanzar su madurez con alto porcentaje de humedad y otras que maduran cuando la semilla se ha secado por completo; siendo utilizado principalmente, para determinar la madurez comercial de un cultivo.

El comportamiento de la capa negra no presentó diferencias muy significativas en las tres variedades; sin embargo sí se evidenciaron algunas peculiaridades que permitieron observar alguna relación con los resultados obtenidos por éstas variedades para el peso seco. En primer lugar, de las tres variedades, fueron VA-110 y VA-120 las que ofrecieron un comportamiento similar, pues ambas prácticamente presentaron las mismas calificaciones en sus diversos muestreos y, en ambas, la máxima calificación de la capa negra, apareció a partir de los 59 días después de la floración, y predominó de los 66 días en adelante, lo que evidenció que la madurez fisiológica estaba ocu-

rriendo aproximadamente a los 66 días después de la floración. Este comportamiento correspondió con el observado por éstas variedades para el peso seco, que tendió a la estabilización en el 3^{er} muestreo en la variedad VA-110 y en el 5^o en VA-120, y alcanzó en ambas sus máximos valores precisamente en el 5^o muestreo, 66 días después de la floración (Cuadros 5, 6 y 7).

En el caso de la variedad VA-130, la formación de la capa negra, hasta antes del 6^o muestreo, ocurrió más lentamente que en las otras dos variedades identificándola como más tardía.

Por otro lado, las máximas calificaciones se presentaron hasta el 6^o y 7^o muestreos que, en este caso, no coincidieron con el valor máximo del peso seco, siendo la variedad que mostró un comportamiento más irregular con respecto al esperado en cuanto a este parámetro. Que esto suceda así puede encontrar su explicación ya sea en algún aspecto morfológico de la variedad, tal como la mayor exhuberancia del follaje o en el mayor porte alcanzado por las plantas, o bien en el hecho de poseer una cantidad menor de fenoles en el grano que origina un bloqueo más tardío en el orificio hilar al paso de agua y de más sustancias, dando como consecuencia un alargamiento del ciclo. La veracidad de esta afirmación pudo haberse comprobado de haberse podido realizar otros dos muestreos.

4.3.- EVALUACION DE LA CAPA NEGRA Y DE LA CONSISTENCIA AL TACTO EN RELACION AL PESO SECO DEL GRANO.

Debido a que la información proporcionada por los cuadros 5, 6 y 7, no son concluyentes sobre la validez de los métodos de CN y CT, para determinar la madurez fisiológica, y el hecho mismo de haber observado en dichos cuadros una relación muy estrecha entre ambos métodos, se procedió a agrupar los datos por su calificación tanto de CN como de CT con los respectivos pesos secos, para cada una de las calificaciones de las tres variedades, a fin de obtener la media (\bar{X}), varianza (S^2) y desviación standard (S). La síntesis de estos agrupamientos se muestra en los cuadros 8 y 9, y en las gráficas 4 y 5.

En la gráfica 4 se observa el comportamiento de las tres variedades con respecto a la capa negra. La variedad VA-110 muestra un comportamiento regular, con un incremento del peso seco muy acelerado de CN 1 a CN 2, siendo menos pronunciado de CN 2 a CN 3 y de CN 3 a CN 4; volviéndose constante de CN 4 a CN 5. Para esta variedad, se puede pensar que alcanza su madurez fisiológica en CN 4, puesto que la acumulación de materia seca ha cesado.

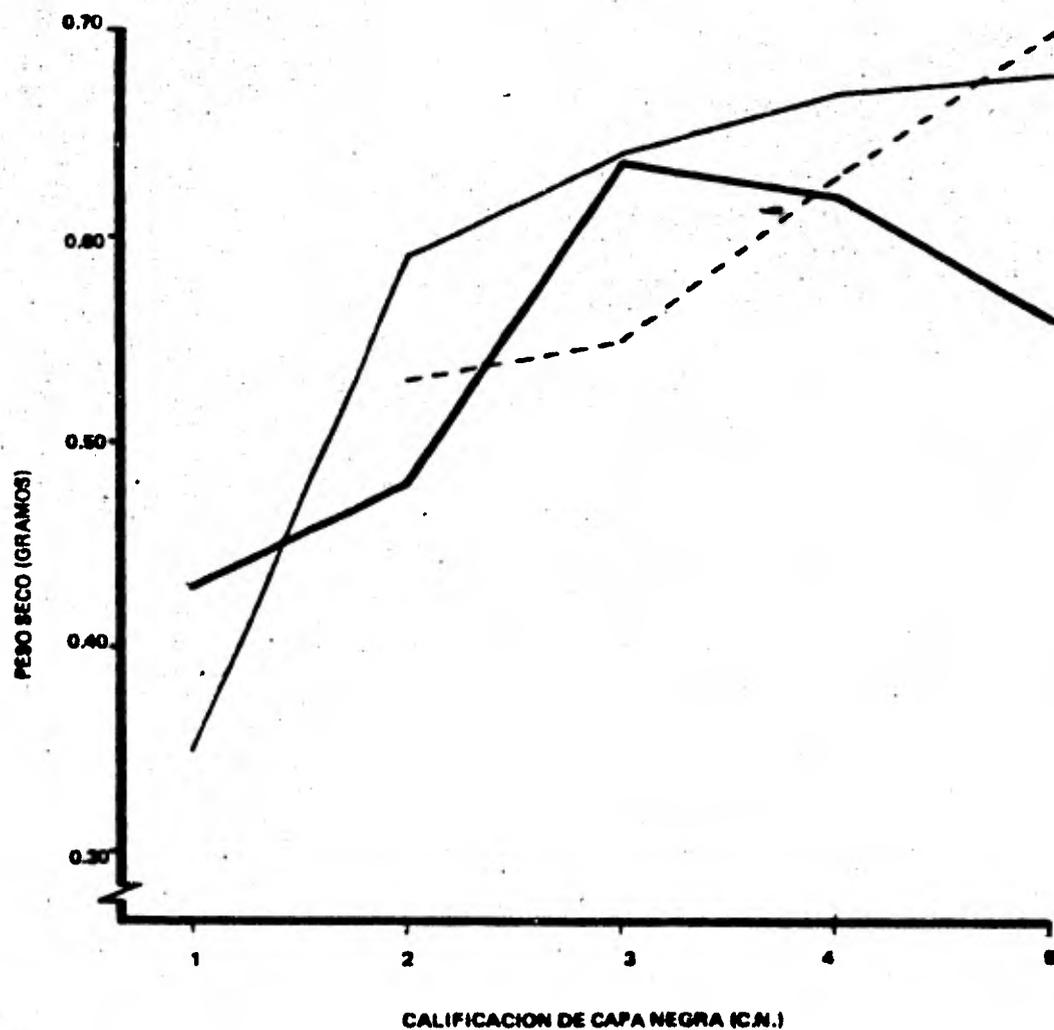
En lo que respecta a la variedad VA-120, se observa que no hay elementos que muestren CN 1; de CN 2 a CN 3 el aumento de materia seca es poco significativo, no así de CN 3 a CN 5 en que la acumulación se dispara y no muestra

CUADRO 8. Relación entre la evolución de la Capa Negra y el Peso Seco del grano de sorgo.

Variedad	Estadístico	Calificación de la Capa Negra				
		1	2	3	4	5
VA-110	\bar{X}_2	0.3536	0.5932	0.6393	0.6679	0.6793
	S^2	0.0063	0.0052	0.0073	0.0070	0.0059
	S	0.0798	0.0728	0.0861	0.0840	0.0772
VA-120	\bar{X}_2	-	0.5284	0.5545	0.6324	0.7088
	S^2	-	0.0032	0.0037	0.0092	0.0030
	S	-	0.0582	0.0614	0.0962	0.0550
VA-130	\bar{X}_2	0.4335	0.4809	0.6378	0.6182	0.5580
	S^2	0.0015	0.0041	0.0015	0.0036	0.0049
	S	0.0424	0.0649	0.0398	0.0600	0.0703

CLAVE: 56.

— VA-110
- - - VA-120
— VA-130



Gráfica 4. EVOLUCION DE LA CAPA NEGRA EN RELACION AL PESO SECO DEL GRANO DE TRES VARIIDADES DE SORGO.

CUADRO 9. Relación entre la evolución de la Consistencia al Tacto y el Peso Seco del grano de sorgo.

Variedad	Estadístico	Calificación de Consistencia al Tacto				
		1	2	3	4	5
VA-110	\bar{X}_2	0.3152	0.4284	0.6252	0.6759	0.6765
	S^2	0.0010	0.0111	0.0066	0.0059	0.0066
	S	0.0315	0.1066	0.0818	0.0771	0.0814
VA-120	\bar{X}_2	-	0.5130	0.5585	0.6492	0.7093
	S^2	-	0.0016	0.0047	0.0089	0.0028
	S	-	0.0422	0.0692	0.0947	0.0526
VA-130	\bar{X}_2	0.4370	0.4700	0.5810	0.6064	0.5650
	S^2	-	0.0023	0.0094	0.0060	0.0059
	S	-	0.0492	0.0981	0.0776	0.0776

CLAVE: 58.

— VA-110

- - - VA-120

— VA-130

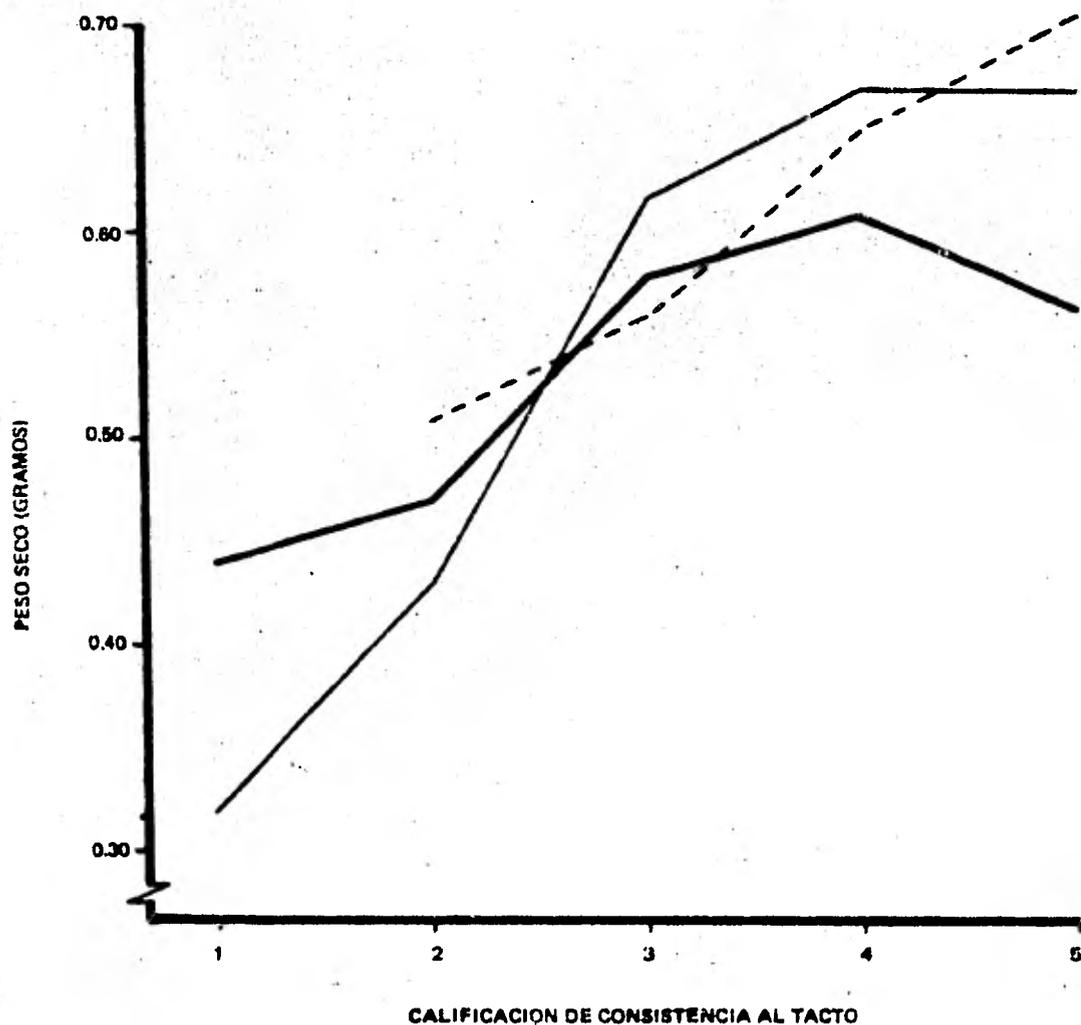


Gráfico 5. EVOLUCION DE LA CONSISTENCIA DEL GRANO EN RELACION AL PESO SECO DEL GRANO DE TRES VARIETADES DE SORGO.

tendencia a estabilizarse. El aumento de materia seca parece continuar.

Para la variedad VA-130, la tendencia es de un aumento poco significativo de CN 1 a CN 2 y acelerado de éste a CN 3, que es el máximo que alcanza; pues en CN 4 muestra una disminución en el contenido de materia seca y en CN 5 la disminución es aún mayor.

En la gráfica 5 se aprecia que la variedad VA-110 acumula materia seca de manera significativa de CT 1 a CT 2, de ésta a CT 3 lo hace en mayor cantidad, hasta alcanzar una estabilización de CT 4 a CT 5.

Para la variedad VA-120 también se observa la ausencia de datos para CT 1 y una tendencia similar a la CN. Así tampoco muestra un punto en el que se observe el equilibrio en ganancia de materia seca. Para VA-130, la tendencia de CT es similar para CN, solo que en ésta, el máximo peso seco se alcanza en CT 4 y hay disminución en CT 5.

Para Delouche (1964), la madurez fisiológica en sorgo puede ocurrir con altos porcentajes de humedad (35-45%). En nuestro caso, para la variedad VA-110, éste estado parece ser alcanzado en el punto CN 4 y CT 4. Precisamente, para el momento en que ocurre esta calificación, en el muestreo 4 (59 días después de la floración), el contenido de humedad fué de 26% aproximadamente (cuadro 2, gráfica 1).

Asimismo, en la variedad VA-120, aunque no se observa una estabilización se puede suponer, que el momento de la

madurez fisiológica lo alcanza entre CN 4 y CN 5; y entre CT 4 y CT 5, ya que, el contenido de humedad fué de 25% y se alcanza con el máximo peso seco y peso fresco, en el muestreo 5 (66 días después de la floración), cuadro 3, gráfica 2.

Por lo que respecta a la variedad VA-130, la madurez fisiológica parece ser alcanzada para la calificación CT 4 y CN 3; calificaciones que corresponden al 25 % de humedad y coinciden con el máximo peso seco y peso fresco, ocurriendo en el muestreo 4 (51 días después de la floración) aproximadamente (cuadro 4, gráfica 3).

V.- CONCLUSIONES

- 1.- Los grados de consistencia del grano y las diferentes tonalidades de la región placentar, evidenciaron una relación directa con el incremento del peso seco y la madurez fisiológica.
- 2.- Los métodos de Capa Negra y Consistencia al Tacto, fueron relativamente fáciles y prácticos en la determinación de la madurez fisiológica del grano de sorgo. Siendo la característica, para Capa Negra, la de un color café en la región placentar; en tanto que, para la Consistencia al Tacto, la dureza del grano correspondió al estado masoso-duro. La humedad del grano, en ambos casos, fué del 25%.
- 3.- La aparición y desarrollo en intensidad, de la Capa Negra, se considera como el método más confiable para determinar madurez fisiológica, en el grano de sorgo, ya que la de Consistencia al Tacto, implica cierta subjetividad en su determinación.
- 4.- La variedad VA-110 alcanzó su madurez fisiológica a los 63 días después de la floración; la variedad VA-120 lo hizo a los 70 días después de la floración, mientras que la variedad VA-130, aún no completaba su ciclo en

el último muestreo, 74 días después de la floración.

VI.- BIBLIOGRAFIA

- Daynard, T. B., and W.G. Duncan. 1969. The black layer and maturity in corn. *Crop. Sci.* 9: 473-476.
- Delouche, C. D. 1964. Seed maturation. Curso de entrenamiento sobre semillas. Campinas, Brazil. Nov. 9-27: 16.
- Eastin, J.D. 1972. Photosynthesis and Trnaslocation in relation to plant development. In: *Sorghum in Seventies*. Ed. N. G. P. Ras y L. R. House. Oxford and IBM Publishing Co., New Delhi: 214-216.
- Eastin, J. D., J. H. Hultquist, and C. Y. Sullivan. 1973. Physiologic maturity in grain sorghum. *Crop. Sci.* 13: 175-178.
- Font, Q. P. 1953. *Diccionario de Botánica*. Ed. Labor, Madrid, España: 364-365.
- Freeman, J. E. 1975. Desarrollo y estructura de la planta de sorgo y su fruto. En: *Producción y usos del sorgo (Compilación)*. Ed. Hemisferio Sur: 19-42.
- García, M. E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. División general de publicaciones. UNAM: 132-138.

- García, Q. E. 1979. Maduración fisiológica del arroz. Contribución al Programa de Arroz. ICA, Palmira: 1-13.
- Giles, K. L; H. C. M. Bassett and J. D. Eastin. 1975
The structure and ontogeny of the hilum region in Sorghum bicolor. In: "Research in the physiology of yield and management of sorghum in relation to genetic improvement. Ann. rp. no. 8. Coop. Res. Univ. Nebraska.
- Gola, G.; G. Negri y C. Cappelletti. 1965. Tratado de Botánica. Ed. Labor, Méx.: 316-323, 505-507.
- Greulach, A. . y J. E. Adams. 1980. Las plantas. Ed. LIMUSA, Méx. : 217-227.
- Hanft, J. M., and R. D. Wych. 1982. Visual indicators of physiological maturity of hard red spring wheat. Crop. Sci. 22: 584-587.
- Hubbard, J. E., H. H. Hall, and F. R. Earle. 1950. Composition of the component parts of the sorghum kernel. Cereal Chem. 27: 415-420.
- Hartmann; H. T. y D. E. Kester. 1976. Propagación de Plantas. CECSA, Méx. : 78-80.
- Jugenheimer, W. R. 1976. Maíz: variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Ed. LIMUSA, Méx.,: 235-246.

- Livera, M., y Carballo C. A. 1977. Mejoramiento genético del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) por tolerancia al frío. Adaptación de genotipos tolerantes. Agric. Téc. Méx., Vol.6 (1): 29-34.
- Ortegón, M. A. 1980. Etapa de la madurez fisiológica del girasol (Helianthus annus L.) Agric. Téc. Méx., Vol.6 (1): 29-34.
- Reyna, T. T. 1978. Características climático-frutícolas en Cuautitlán, Estado de México. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Vol. 8: 55-66.
- Robertson, J. A., G. W. Chapiman, and R. L. Wilson. 1978. Relation of days after flowering to chemical composition and physiological maturity of sunflower seed. The sunflower news letter. I. S. A. 2(4): 14-17.
- Romo, C. E., y Carballo C. A. 1980. Características de tres variedades de sorgo para los Valles Altos. Circular CIAMEC. No. 130: 10.
- Sanders, E. H. 1955. Developmental morphology of the kernel of grain sorghum. Cereal Chem. 32: 12-25.
- Pauli, A. W., F. C. Stickler and J. R. Lawless. 1964. Developmental phases in grain sorghum (Sorghum vulgare, Pers.) as influenced by variety, location and planting date. Crop. Sci. 4: 10-13.

Weibel, D. E., A. Sotomayor-Ríos, H. M. Parra, and R. W. Mc. New. 1982. Relationship of Black Layer to Sorghum Kernel Moisture Content and Maximum Kernel Weight in the Tropics. *Crop. Sci.* 22(2): 219-223.