

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



**" Determinación de Alcalis, Taninos y Fenoles en granos
de sorgo para seleccionar materiales que puedan
utilizarse en procesos de Nixtamalización "**

TESIS PRESENTADA POR :

Selene Cleopatra Posada García
Ana María Valencia Minero

PARA OPTAR AL GRADO DE :

Licenciado en Química y Farmacia

MAYO DE 1991.



T

633.174

P855 d

Ej. 1

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

R E C T O R
DOCTOR BENJAMIN LOPEZ GUILLEN

SECRETARIO GENERAL
ING. RENE MAURICIO MEJIA MENDEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

D E C A N O
LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

S E C R E T A R I O
DRA. MARIA GLADYS DE MENA GUERRERO



A S E S O R

DRA. GLORIA RUTH CALDERON

J U R A D O

DRA. CARMEN ELIZABETH G. DE NAVARRETE

DRA. ALBA GLORIA CAÑAS

ING. MARGARITA DE CISNEROS

DEDICATORIA

"ENCOMIENDA A JEHOVA TU CAMINO, Y CONFIA EN EL, Y EL HARÁ"

Salmo 37. 5

Al Señor sea la Gloria, Honra, Gratitud y toda Alabanza por lo que ha hecho , por lo que hace y por lo que hará por mí. Por ser mi único y suficiente Salvador, mi Fiel Ayudador y mi Consolador. Gracias a mis padres, Jorge Rogelio y Carmen de Valencia por su abnegado amor y su dedicación a través de toda mi vida. Gracias a mis hermanos Jorge Luis, Isabel y Rita por su cariño y en especial a Juan José a quien Dios ha utilizado para hacer de este trabajo una realidad. Gracias a mi esposo Adalberto Henríquez, por su amor y apoyo incondicional y a Domingo y Juanita de Henríquez por su cariño y sus cuidados. Gracias a mis cuñados Alfonso y Mayra ,por su amistad, a mis sobrinitas Mayra Isabel y Marcela por su cariño. Gracias a la familia Zaldivar Rodríguez por el apoyo que me han brindado.

ANA MARIA VALENCIA DE HENRIQUEZ.

RECONOCIMIENTO

Al Centro de Tecnología Agrícola (CFIA) y al Programa Nacional de Sorgo por darnos la oportunidad de realizar esta investigación.

Al personal del Laboratorio de Química y Tecnología en Alimentos por su valiosa colaboración.

I N D I C E

I.	INTRODUCCION	Pág. 4
II.	OBJETIVOS.....	9
III.	REVISION BIBLIOGRAFICA.....	10
	A. Generalidades sobre el Sorgo.....	10
	B. Composición Química.....	16
	C. Aspecto Nutricional.....	24
	1. Efectos Biológicos de los Taninos en la dieta.....	29
	2. Valor Nutritivo de la Proteína.....	32.
	3. Factores que afectan la aceptabilidad y digestibilidad del producto durante el proceso de nixtamalización.....	34

	D. Procesos Utilizados o que se está desarrollando para la utilización del sorgo	37
	E. Utilización del Grano de Sorgo.....	45.
	F. Progresos Bioquímicos en los Análisis de Taninos.....	48
IV.	METODOLOGIA.....	54
	A. Metodología de Campo	54.
	B. Metodología Química	55
	1. Determinación de Alcalis o Cocimiento Alcalino.....	55
	2. Determinación de Humedad.....	56
	3. Determinación de Taninos	56
	4. Determinación de Fenoles.....	57
	C. Metodología Estadística.....	58

V.	RESULTADOS	59
	Cuadros 5 - 12	
	Gráficos 1, 2, y 3.	
VI	DISCUSION DE RESULTADOS.....	61
VII.	CONCLUSIONES.....	66
VIII.	RECOMENDACIONES	67
IX.	RESUMEN	69
X.	BIBLIOGRAFIA	72
IX.	APENDICE	81
	A. Análisis Químico	
	B. Reacciones Químicos	
	C. Figuras	
	D. Glosario	97

INTRODUCCION

El sorgo es una planta que pertenece a la familia de las Gramíneas; como tal es muy eficiente al convertir, por medio de la energía solar el carbono, hidrógeno y oxígeno a carbohidratos y proteínas; además se cultiva muy bien en zonas ecológicas con baja precipitación y altas temperaturas, manifiesta poca pérdida por transpiración, se adapta mejor a una gran gama de suelos y resiste más los ataques de insectos.

Por todas las características mencionadas anteriormente, es parte de la dieta básica de millones de personas en varias partes del mundo. Se ha estimado que el 53% del sorgo producido es utilizado para consumo humano, el resto se usa para la alimentación animal, ya sea como forraje o en la preparación de concentrados para aves, ganado porcino, bovino o caballar.

Entre los granos básicos en nuestro país, este cereal ocupa el segundo lugar, tanto en producción como en superficie y es un cultivo que lo realiza el pequeño y mediano agricultor. Según recopilaciones de Juárez y Vásquez (1983), el cultivo de sorgo se realiza en todo el territorio nacional, pero en la zona oriental se encuentra más concentrado. La razón de porqué la producción se concentra en estas zonas, es debido, básicamente a los tipos de

tenencia de la tierra y al tipo de suelos, dado que este cultivo ha sido marginado por otros productos.

La producción de sorgo está, en cierto modo, condicionada por las perspectivas del maíz y frijol, pues más del 90 % de este grano se siembra bajo la modalidad de asocio con alguno de los dos antes citados.

La superficie cultivada de sorgo en El Salvador es 185,000 Mz. (Ver Figura 1), de las cuales el 97% es sembrado con variedades de polinización libre, principalmente en las sembradas bajo el sistema de asocio con maíz. (Clará y otros, 1983)

Según lo reporta Clará y Portillo (1983), en el cultivo de sorgo de El Salvador predominan variedades locales de bajo rendimiento sembradas en asocio con maíz, pero también existen los sistemas de cultivo en relevo y monocultivo.

Para mejorar el rendimiento y productividad del sorgo en el país, se usó la "heterosis" en los diferentes cultivares, enfocada principalmente a la producción de grano de calidad para consumo humano.

Dentro de las variedades de sorgo comerciales más comunes tales como el sorgo corona, punta de lanza, sapa y sorgo

de leche, existen unas que presentan un alto contenido de polifenoles, ocasionando problemas digestivos en animales monogástricos, debido a la inhibición de enzimas y a la reducción de disponibilidad de proteína asimilable. Además la presencia de estos polifenoles en el grano, pueden dar origen a que se manifiesten colores no apropiados o muy oscuros; estos colores pueden deberse a los mismos pigmentos o a la producción de melanina, que es un producto de la oxidación enzimática de los fenoles del grano.

La importancia del sorgo se debe a que puede llegar a sustituir al maíz cuando éste se pierde por no resistir condiciones adversas que se dan frecuentemente en nuestro medio, principalmente las sequías.

Todo esto ha originado que el sorgo sea un cultivo sometido a una investigación constante; con el fin de aumentar su producción por unidad de superficie y la de obtener variedades para la alimentación humana con poco contenido de taninos y fenoles, pero que conserven ciertas características como la resistencia al ataque de pájaros, a enfermedades y a la germinación del grano en la planta cuando existe una alta humedad en el medio antes de la cosecha (Cea y Ramírez, 1987).

Desde su fundación en 1968, el Programa Nacional de Sorgo localizado en el Centro de Tecnología agrícola, ha

trabajado en las investigaciones genéticas, agronómicas, fitopatológicas y su validación y transferencia de tecnología. Durante este periodo se ha liberado una serie de variedades cuyo propósito ha sido la producción de grano, forraje y doble propósito (forraje y grano), siendo las más recientes la ISIAP Dorado (grano), CENTA S-2 (doble propósito) y SS-41 (forraje) como una forma de llevar al agricultor, variedades con mayor rendimiento y buena calidad, incluyendo su utilización en la alimentación humana y las diversas formas de preparación de platillos típicos salvadoreños (Ortiz, 1988).

En cuanto al valor nutricional del grano del sorgo, el único trabajo nacional del que se tiene conocimiento trata de la Caracterización Nutricional de Granos Básicos (Alas, 1980). En esta investigación se determinó taninos como equivalentes de Catequina a 37 variedades de grano de sorgo, de éstas se seleccionaron las variedades D-59, ES HG-50, Centa SH 501, tortillero I y Chaguaramas III; siendo éstas las de mayor consumo y aceptación por los agricultores del país, pero no se consideró su aptitud para el proceso de miltamalización.

Por lo tanto en este trabajo se pretende, realizar una evaluación de algunas características bioquímicas del grano de sorgo, mediante pruebas predictivas tales como: análisis de taninos, compuestos fenólicos y pruebas de crecimiento

alcalino; para seleccionar aquellas líneas que tengan potencial de uso para procesos de nixtamalización como sustituto de harina de maíz en la elaboración de tortilla.

OBJETIVOS

1. Determinar la concentración de taninos, fenoles y realizar pruebas de cocimiento alcalino en granos de sorgo para seleccionar las líneas con uso potencial en procesos de nixtamalización y que sean utilizadas como sustituto de harina de maíz en la elaboración de tortilla.
2. Aportar las bases químicas que fundamenten futuras investigaciones sobre líneas seleccionadas como aptas para procesos de nixtamalización.
3. Difundir los resultados entre los investigadores para orientarlos sobre las líneas que han de ser incluidas en los programas de fitomejoramiento.

REVISION BIBLIOGRAFICA

A. GENERALIDADES SOBRE EL SORGO

Los sorgos son miembros de la familia de las Gramíneas, dividida a su vez en dos subfamilias : Las Panicoideas y las Festucoideas. La subfamilia de las Panicoideas (caracterizada generalmente por inflorescencias asimétricas, con todas las espiguillas hacia un lado, y otros rasgos distintivos) comprende a las Andropogóneas dentro de las que se agrupan los sorgos.

Descripción de la Planta

Las plántulas pueden agruparse en 3 clases según el color del coleóptilo : 1) Púrpura; 2) ligeramente púrpura , y 3) Verde. El tallo tiene de 8 a 10 yemas basales y cada una de éstas puede alargarse hasta convertirse en un nuevo tallo. La altura del tallo hasta el extremo de la panoja varía según el número y la longitud de los entrenudos y también según la del pedúnculo y la panoja. El diámetro de la base del tallo varía desde menos de un centímetro, en ciertos derivados herbáceos, hasta cinco centímetros en ciertas variedades tropicales tardías. Todos los nudos del tallo (aproximadamente 8 ó 10 de ellos son subterráneos) producen una hoja cada uno. La cantidad total de hojas del tallo suele ser entre 15 a 30 incluyendo las 8 ó 10 hojas subterráneas. (Ver Figura No. 2)

Las hojas aumentan de tamaño progresivamente en el tallo desde la hoja inicial de la espátula hasta la tercera o cuarta anterior del extremo superior ; luego disminuyen hasta la hoja terminal o "bandera" El ancho máximo de la hoja más grande oscila por lo general entre 5 y 12 cm. Pueden ser de color verde oscuro, claro o amarillento. La vena o nervadura central tiene un aspecto opaco en los sorgos de tallos jugosos y es blanca en los de tallo seco. Las láminas foliares son chatas en la mayoría de las variedades y un poco onduladas en los tipos similares al Nijo.

En la planta madura, la panoja puede estar erguida, inclinada o colgando hacia abajo, o bien encorvada. La panoja puede ser compacta, intermedia o difusa (laxa) y tener forma ovoide, cilíndrica, elipsoide, obovoide o comoides. Las espiguillas son de dos tipos: fértiles (que tienen granos o cariopsis) y pediceladas (si son estériles o si poseen un ovario rudimentario).

Las diversas variedades pueden tener glumas de color negro, negro-rojizo, castaño-rojizo, blanco o amarillento claro. Las glumas pueden ser de forma elíptica, ovalada u obovoide, con extremos agudos, obtusos, romos o redondeados. Su longitud en la mayoría de los tipos oscila desde la mitad del largo de la semilla hasta algo más del total.

En la flor, la superficie de la lema puede ser lisa o densamente pilosa, según la variedad. Las nervaduras son chatas o muy prominentes. La lema puede ser muy aristada en la punta o sin aristas.

También los órganos reproductores pueden cambiar de aspecto. El estigma es blanco o amarillo y las anteras secas son de color castaño claro u oscuro.

El grano puede estar completamente cubierto o descubierto hasta la mitad o más, según la longitud y ancho relativos de glumas y granos. Se clasifican en granos pequeños (8-10 mg), medianos (12-24 mg) o grandes (25-35). Su forma puede ser ovoide, elipsoide o esférica, según la variedad. Su color puede ser blanco o amarillo. (Wall y Ross, 1975)

Estructura del Grano

Según Rooney, L.W. y Miller, F.R. (1984), el grano de sorgo o cariopsis está compuesto de tres partes principales: la cubierta exterior o Pericarpio, el tejido de almacenamiento o Endosperma y el Embrión o Gérmen. (Ver Figura No. 3)

El grano es una cariopside en la cual la pared del ovario se seca y se adhiere fuertemente al óvulo maduro.

El pericarpio, que se origina en la pared del ovario, se puede dividir generalmente en tres partes: el epicarpio, el mesocarpio y endocarpio.

El epicarpio es la parte más externa y a menudo es dividida en epidermis e hipodermis. La parte central es el mesocarpio, que puede variar en espesor desde unas pocas células remanentes, sin almidón, hasta varias capas de células conteniendo gránulos de almidón que le dan aspecto grueso o gredoso. El espesor del mesocarpio influye en la resistencia al enmohecimiento; generalmente los granos con mesocarpio delgado parecen ser más resistentes al enmohecimiento. Para la mollienda manual se prefiere un mesocarpio grueso o feculoso.

La capa interna del pericarpio es el endocarpio que consiste de las capas de células transversales y tubulares. Estas últimas parecen ser uno de los puntos principales de fracturación al quitar el pericarpio durante la mollienda seca del grano.

Otras dos partes anatómicas del grano de sorgo, son la Región Estilar y la Región Bilar. La región Estilar tiene pigmentos que a veces provocan manchas en el grano. Es un punto de entrada para la humedad y microorganismos. En el interior del pericarpio, la región Bilar es el tejido

llamada la capa negra que se forma cuando el grano alcanza su madurez fisiológica.

La pigmentación del pericarpio varía entre blanco, amarillo, rosa salmón y rojo.

Según investigaciones de Wall y Ross, (1975) se sabe que el endosperma está formado por células cargadas de almidón e incluye también una fila externa única, denominada capa de aleurona. Debajo de ésta hay una región de células con una densa matriz protéica, de dos a seis capas concéntricas, que recibe el nombre de Capa Periférica del Endosperma. El endosperma puede ser blando y farináceo, duro y muy córneo, ceroso o azucarado. Su color puede ser blanco o amarillo.

Las células del endospermo que almacenan almidón se dividen a su vez en una región córnea externa y otra interna farinácea o amilacea. La proporción del endosperma córneo se modifica según la variedad de sorgo y aún entre uno y otro grano de la misma variedad. El endosperma córneo no tiene el mismo grosor en todo el contorno del grano y lo normal es que falte en la superficie del embrión. (Ver Figura No. 4)

El embrión maduro, que está en la base del cariopsis, consta de una raíz primaria, un eje corto, la gémula o plúmula terminal y el escutelo. Este constituye la mayor

parte del embrión y rodea a todo el eje del mismo. La plúmula está encerrada dentro de una vaina protectora denominada coleóptilo, y la raíz primaria o radícula está envuelta en la coleorriza. La región situada entre el nudo del coleóptilo y la placa escutelar se denomina comúnmente mesocótilo.

Rooney y Miller reportaron que el embrión cumple un papel importante en la absorción de agua y susceptibilidad al enmohecimiento en los granos de sorgo. Las células del escutelo contienen glóbulos de aceite, cuerpos proteicos y sólo unos pocos gránulos de almidón. Wall y Ross (1975), afirma que la testa cuando existe, es de color púrpura, castaño o marrón. Se encuentra inmediatamente debajo de la capa de células transversales y tubulares, es altamente pigmentada y también se le llama subcubierta.

Algunas líneas de sorgo poseen una testa parcial que se encuentra en algunos lugares alrededor del grano. El espesor de la testa varía entre los genotipos de sorgo y entre los granos individuales, teniendo la parte gruesa en la corona y la más delgada sobre el embrión. (Rooney y Miller, 1984).

La testa está siempre en el ovario, pero en muchas variedades es absorbida, y por ello desaparece antes del desarrollo total de los granos.

La pigmentación de la testa llega al pericarpio cuando en la testa existe el gene propagador dominante. En este caso el pericarpio se transforma de color crema, castaño, castaño amarillento o rojizo. Los granos blancos con testa castaña, que carece del factor propagador, tienen aspecto blanco azulado. (Wall y Ross, 1975)

B. COMPOSICION QUIMICA

Los datos de composición química del sorgo son bastante bien conocidos y en términos generales no son muy diferentes a los del maíz. El sorgo contiene en promedio niveles de fibra cruda y cenizas un poco más elevados que los promedios que se informan para el maíz, conteniendo los dos cereales cantidades similares en otros nutrientes mayores. (Cuadro 1)

Cuadro No. 1 Composición Química Proximal (%). Promedio de 25 selecciones de Sorgo Blanco

Humedad.....	14.0
Proteína.....	9.4
Extracto Etéreo	3.4
Fibra Cruda.....	2.0
Cenizas.....	2.6
Carbohidratos.....	68.0

Según Bressani y Ríos, 1962

El componente orgánico de mayor importancia en el sorgo es el carbohidrato. La importancia de los carbohidratos no sólo es que son el componente que aporta la mayor cantidad de calorías en el grano, sino también porque juega un papel importante en su funcionalidad para consumo en diferentes alimentos. Los carbohidratos del sorgo así como los de otros cereales consisten principalmente en almidón y pequeñas cantidades de monosacáridos. El contenido de almidón es variable, influenciado por ambiente y composición genética, con un promedio de 74%. Este almidón está constituido por amilosa entre 20.0% y 30.0%, y amilopectina entre 70.0% y 80.0% del contenido de almidón. (Bressani, R. 1965).

Wall, J. (1975) afirma que el almidón comprende el 83% del endosperma, el 13.4% del germen y el 34.6% del afrecho obtenido por separación manual del grano.

Existen variedades de sorgo, los cerosos, que contienen un almidón compuesto de 100% de amilopectina, los cuales se han utilizado en el desarrollo de varios productos alimenticios. Los azúcares que provienen de las partes verdes de las plantas son los precursores del almidón depositado en el grano. El contenido de azúcar en los granos maduros oscila entre 0.9 y 2.0 % en las variedades normales (Bressani, R. 1985).

Wall, J. (1975) reporta que se ha identificado en extractos de sorgo granífero, el trisacárido Rafinosa y el tetrasacárido Estaquinoso además de la Sacarosa, Fructosa y Glucosa.

El sorgo tiene muchas proteínas que presentan distintas propiedades físicas, actividades biológicas y valores nutritivos. Se han clasificado las proteínas del grano de sorgo en: Albúminas, Globulinas, Prolaminas y Glutelinas. Aunque en menor proporción, las fracciones de albumina y globulina de las proteínas del grano comprenden enzimas y otras sustancias biológicamente activas.

Los niveles de lisina, treonina, arginina, metionina y ácido aspártico son mucho más elevadas en la fracción globulina que en el total de la proteína del endosperma (Cuadro 2).

Cuadro No. 2 Composición de los Aminoácidos de las fracciones Protéicas de un grano de sorgo (% de Proteína)

Aminoácido	Harina de endosperma	Fracción Protéica		
		Globulina	Prolamina	Glutelina
Lisina	1.7	3.36	0.14	3.12
Histidina	2.16	1.45	0.67	3.12
Arginina	3.25	6.14	0.66	5.91
Acido Aspártico	6.25	8.68	6.72	9.07
Treonina	3.81	4.87	---	4.88
Serina	4.5	5.55	3.32	5.38
Acido Glutámico	29.75	15.00	25.07	24.08
Prolina	10.31	5.33	11.63	14.86
Glicina	3.27	6.25	1.28	5.33
Alanina	12.58	6.74	13.96	9.40
Cisteína	1.08	1.99	vestigios	1.21
Valina	7.25	6.46	5.88	5.50
Metionina	1.51	2.24	1.33	---
Isoleucina	4.91	3.45	5.04	4.07
Leucina	16.58	6.72	15.33	12.49
Tirosina	4.64	4.01	5.17	3.23
Fenilalanina	6.4	4.77	5.84	4.90

(Wall, J.W. 1975)

Una de las proteínas de la fracción prolamina es la Kafirina, que contiene siete componentes distintos. La Kafirina tiene baja calidad nutritiva, dado que es deficiente en varios aminoácidos esenciales. La cantidad de lisina, arginina, histidina, glicina y metionina es

baja en las kafirinas. El contenido de ácido glutámico es alto. Los aminoácidos leucina, prolamina y alanina también se encuentran en gran cantidad en la kafirina.

La segunda fracción proteica en importancia es la glutelina la cual tiene más lisina, arginina y glicina que la kafirina. Como la lisina, la treonina y la metionina son los aminoácidos esenciales más deficientes en los cereales, es evidente que las proteínas de la albumina y la globulina son las mejores en valor nutritivo; la kafirina es la que contiene menos, y la glutelina es intermedio.

La gran cantidad de kafirina influye en el bajo valor nutritivo proteico del grano.

Las distintas partes del grano difieren en cantidad de proteína; también difieren en la proporción de los diversos tipos de proteína. En el germen y la cáscara casi no hay prolaminas, mientras que predominan en el endosperma. Por tanto, las proteínas del germen tienen mayor valor nutritivo que los del endosperma. La capa de aleurona del endosperma es rica en albúminas y globulinas. (Cuadro 3).

Cuadro No. 3 Composición Química del grano entero y sus parte componentes (sin Humedad)

Porción del	Parte del Grano					
	Grano entero	Afrecho	Endosperma	Córneo	Endosperma Amiláceo	Germen
Grano	100.00	5.50	54.70		28.70	11.10
Ceniza %	1.89	3.07	0.56		0.71	9.46
Extracto de						
Eter %	3.47	4.33	0.15		0.28	19.92
Proteína %	13.99	7.08	15.11		8.91	20.84
Fibra Cruda %	1.93	15.36	0.69		0.81	9.11
Fracción no						
Proteica %	78.72	70.16	83.49		89.29	40.67
Almidón %	68.52	1.60	72.24		82.50	1.53

El nivel de proteína así como la composición de aminoácidos de la proteína es afectada por el uso de fertilizantes y el lugar de siembra. La fertilización nitrogenada aumenta en forma lineal la proporción de ácido glutámico, prolina, alanina, isoleucina, leucina y fenilalanina en la proteína, mientras que reducen la de lisina, histidina, arginina, treonina y glicina. La fertilización nitrogenada favorece un aumento en la acumulación de kafirina en el grano.

Los lípidos del sorgo son importantes para la nutrición humana y animal, pero pueden dar sabores desagradables y ranciedad a los productos alimenticios elaborados con

sorgo. La grasa o aceites del grano normalmente contienen concentraciones bajas de ácidos grasos libres. La mayor parte de los ácidos grasos están combinados en mono, di y triglicéridos y en fosfolípidos. El contenido medio de aceite en el grano entero es de 3.6% y las proporciones en el endosperma, germen y afrecho son del 0.6%, 28.1% y 4.9% , respectivamente. El endosperma contiene 13% del aceite total del grano, el germen 76% y el afrecho 11% .

Se ha establecido que el aceite del grano de sorgo es ligeramente menos saturado y que contiene más ácido oleico y esteárico y menos linoleico, mirístico y hexadecanoico que el del maíz. El grano de sorgo contiene aproximadamente 0.25% de cera, o sea 50 veces más que el del maíz.

Los fosfolípidos representan alrededor del 5% del total de lípidos.

Los fenoles comprenden muchos compuestos orgánicos aromáticos incluso flavonoides, glucósidos cianogénicos, taninos y lignina. El grupo flavonoide comprende antocianinas, antocianógeno, flavonas y otras sustancias de 15 carbonos similares. Numerosos fenoles vegetales por ejemplo, la durrina y glucósidos flavonoides , como la cianina aparecen como combinaciones químicas de una aglicona como varias azúcares.

Un grupo de precursores de pigmentos flavonoides sin co-

lor, denominados leucoantocianinas o antocianógenos, pueden ser los responsables de la aparición de pigmentos durante la elaboración del grano. Cuando están presentes, se localizan principalmente en el pericarpio y por lo general no se los halla en el endosperma. Se encuentran en el pericarpio tres flavonoides del tipo antocianogénicos cromógenos I, II, III. Estos compuestos son sustancias polimerizadas cuyos monómeros son una flavona, probablemente Eridictiol, y una antocianina, la Pelargonidina.

Otro componente importante en el sorgo lo constituyen los taninos. En los sorgos de semilla castaña hay entre 1.3 y 2 % de tanino, mientras que en otras variedades comunes oscila entre 0.2 y 0.4% .Se ha comprobado que los taninos consisten en flavonoides condensados.

Otros pigmentos no fenólicos presentes en el grano de sorgo son los carotenos y xantófilas. Las variedades de sorgo con endosperma amarillo descubiertos en Nigeria y la India contienen apreciable cantidad de carotenoides.

El grano de variedades comunes contienen alrededor de 1.5 ppm, mientras que las cruas obtenidas con variedades de endosperma amarillo llegan a las 10 ppm.

Los carotenoides presentes en los extractos de cruas de sorgo con endosperma amarillo se identificaron como D₁-xantina, 2.8 ppm; Luteína, 2.2 ppm; y el B-caroteno, 0.9 ppm. También se encontraron dos pigmentos no

identificados Xantófilas I con 1.8 ppm y Xantófilas II con 0.4 ppm.

Respecto a las vitaminas, el sorgo contiene aproximadamente iguales cantidades de riboflavina y piridoxina, pero más ácido pantoténico, nicotínico y biotina que el maíz. El sorgo granífero es mejor que el trigo y el arroz por sus niveles de tiamina y niacina, pero tiene menos riboflavina. El germen tiene de 2 a 5 veces la cantidad de vitaminas presentes en el endosperma y el afrecho. El germen y el afrecho contienen casi iguales cantidades de riboflavina, mientras que el afrecho y el endosperma tienen casi la misma cantidad de niacina, ácido pantoténico y piridoxina.

Los principales minerales en el grano de sorgo son el fósforo, magnesio, potasio y silicio, con menores cantidades de calcio y sodio. Casi el 20% del total de calcio y el 13% del total de fósforo están en la cubierta, entre el 40% y el 75% del fósforo se encuentra como componente del fitato.

ASPECTO NUTRICIONAL

En varias regiones de América Latina y en particular en Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, el sorgo es consumido por la población ya sea solo o mezclado con

maíz, en la preparación de algunos alimentos, principalmente tortillas. Como es de todos conocido el sorgo se cultiva en la mayor parte de países latinoamericanos siendo su uso principal como fuente de calorías y de proteínas en la alimentación avícola y porcina. Recientemente y por una mayor producción, disponibilidad del grano y por razones económicas principalmente se ha creado un interés en utilizar el grano para fines de desarrollo de productos alimenticios para el hombre en América Latina.

Por consiguiente, es importante conocer el valor nutritivo del grano, sus características físico-químicas y el efecto que varios procesos industriales pueden tener sobre su utilización biológica y características funcionales en combinación con otros alimentos. (Bressani, R., 1985).

Axtell, Gebisa y otros (1982) sostienen que básicamente el sorgo contiene sólo altos niveles de los mayores nutrientes: almidón (68-73%) y proteína (9-14%), como los cereales que se han considerado más nutritivos. Sin embargo tres principales factores complican la utilización de esta rica fuente de almidón y proteínas:

- 1- La disponibilidad de energía y proteína está limitada en algunos genotipos de sorgo por la presencia de compuestos polifenólicos (taninos) localizados

principalmente en la testa del grano. Estos compuestos pigmentados recientemente han sido químicamente caracterizados y tradicionalmente se refieren como taninos.

2- La calidad de proteína de una dieta a base de sorgo está limitada por el bajo contenido de lisina en el grano, lo cual refleja el alto contenido de prolamina del endosperma. Si se observa la composición de aminoácidos esenciales del grano de sorgo, en comparación con los requerimientos nutricionales monogástricos, es obvio que la lisina es deficiente y que hay un gran exceso de leucina en comparación con la isoleucina, mientras que no hay mayor deficiencia en los otros aminoácidos esenciales. (Cuadro 4).



CUADRO No.4 Contenido de aminoácidos esenciales en el grano de sorgo (mg/g N)

Triptófano.....	70	Tirosina.....	172
Treonina.....	224	Fenilalanina...	311
Isoleucina.....	340	Valina.....	357
Leucina.....	1004	Arginina.....	237
Lisina.....	170	Histidina.....	120
Metionina.....	108	Cistina.....	104
Total azufrados..	212	Total aromáticos...	483

3- Hay limitaciones dietéticas específicas en la utilización de productos de sorgo cocidos u horneados para humanos, debido a factores como la alta temperatura de gelatinización, la alta viscosidad de los productos cocidos que conducen a problemas de aceptabilidad y digestibilidad.

A continuación se desarrollarán los 3 aspectos antes mencionados :

1- Influencia de los Taninos en el Valor Nutritivo del Grano.

Según investigaciones realizadas por Bressani, R. (1985) , los granos blancos contienen cantidades más bajas de taninos en comparación con los granos de color rojo y los dos menos que los de color café. Esto hace que los granos de color blancos sean de mejor

valor nutritivo que los de color café, no por su contenido en aminoácidos, sino por los efectos adversos en digestibilidad y en la utilización metabólica afectada por los taninos.

Wall, J. (1975), afirma que la baja digestibilidad y calidad de proteína es peor en grano de variedad de sorgo que contiene tanino. La estructura de la matriz proteínica, la de los carbohidratos y la presencia de taninos hace más difícil el proceso digestivo de hidrólisis, efecto que se hace más fuerte en el caso del hombre.

Además de taninos, el sorgo contiene otros compuestos fenólicos que contribuyen al sabor y color de los alimentos y piensos derivados del sorgo; y que pueden interferir en la digestibilidad hasta hacerlos tóxicos especialmente los sorgos forrajeros.

Las variedades de sorgo difieren mucho en cuanto al color de su semilla, que varía del blanco al castaño oscuro y que depende de los pigmentos fenólicos. Estos colores se pueden transferir a la sémola resultante de la elaboración en seco, así como al almidón y el gluten durante el procesamiento húmedo y pueden dar el sabor amargo y palatabilidad del grano y sus productos.

Efectos Biológicos de los Taninos en la Dieta

Feathersen, W.R. y Rogler, J.C. (1977) muestran que las investigaciones en general están de acuerdo en que los taninos producen ciertos efectos en detrimento cuando son consumidos por animales no rumiantes. Investigaciones en Pardue con pollos y ratas han demostrado que la alimentación con granos de sorgo con alto contenido de taninos reduce el crecimiento cuando se compara con una alimentación a base de sorgo con bajo contenido. En la alimentación con sorgo ricos en taninos la utilización de nitrógeno y de la energía total se ve reducida comparada con sorgos con un bajo contenido.

Los taninos aparentemente interfieren con la utilización de carbohidratos y/o lípidos además de las proteínas.

Buttler y Rogler, (1985) han observado que los taninos en la dieta de ratas y ratones, y presumiblemente en humanos, rápidamente inducen la hipertrofia de la glándula parótida.

En estudios realizados por Feathersen y Rogler (1977) se ha observado una alta incidencia de anomalías en las piernas y huesos en pollos alimentados con sorgo con un alto contenido de taninos el cual ha sido marcado con yodo radioactivo. Estas anomalías se han

caracterizado como una curvatura de los huesos tibia y fémur, sin cambiar en la calcificación, lo cual sugiere anomalías en la matriz orgánica. Es posible que la degradación bacteriana de los polímeros de taninos en el intestino resulte en la absorción de monómeros, los cuales se ven involucrados en el aumento de entrecruzamientos de las fibras de colágeno en los huesos. Esto debería resultar en un hueso más fuerte, mientras que la matriz orgánica sería anormal y quizá conduzca al doblamiento observado de los huesos. Si esta hipótesis es correcta, no afectaría solamente a los huesos sino todo el colágeno del cuerpo sería similarmente influenciado; habría una reducción de la elasticidad en las venas, lo cual en los humanos podría agravar la hipertensión.

Otros efectos biológicos de los taninos incluyen producción de astringencia, paralización del desarrollo de cobayos jóvenes, inducción de la secreción de taninos enlazados a las proteínas en la saliva, unión y precipitación de las proteínas selectivamente e inhibición en la digestión de proteínas y algunos enzimas. Se ha demostrado que en sorgos altos en taninos algunas kafirinas forman complejos con los taninos y son indigeribles por la pepsina.

Las kafirinas, que son deficientes en lisina y por tanto nutricionalmente pobres, al ser complejados con los taninos mejoran la calidad del resto de las proteínas del sorgo. (Buttler y Rogler, 1985)

Se ha concluido que los taninos se enlazan especialmente a residuos de prolina en proteínas y a las proteínas almacenadas (las prolaminas) que son ricas en prolina pero pobres en lisina. (Axtell y otros, 1985)

De aquí que para que una proteína se una fuertemente a los taninos debe reunir ciertas características, a saber, que debe tener una estructura relativamente abierta (más bien compacta), un tamaño grande y un alto contenido de prolina. (Buttler y Rogler, 1985)

Los efectos antinutricionales de los taninos se explican por la tendencia de éstos a unirse a las proteínas de la dieta y a las proteínas digestivas.

Según investigaciones acerca de la interacción de los taninos del sorgo con enzimas digestivos, los taninos a pH 2 de los contenidos gástricos, inhiben marcadamente la activación del precursor de la pepsina, el pepsinógeno, y disminuye en un 60% la actividad de la pepsina. En el caso de la tripsina y quimiotripsina, los taninos reducen la actividad de las enzimas en un 90% y 30%, respectivamente. (Chebber, Tomich y otros, 1976)

Featherson, W.R. y Rogler (1977) coinciden con Buttler y sus colaboradores al indicar que aunque las variedades con alto contenido de taninos tienen la desventaja de ser inferiores nutricionalmente, ellos tienen ciertas características agronómicas deseables, particularmente: repelen pájaros predadores, resisten la acción atmosférica y la germinación precosecha, así como al ataque de insectos e infecciones fúngicas, por la acción inhibidora de esporas de hongos patógenos que poseen los taninos.

2-Valor Nutritivo de la Proteína del Grano de Sorgo.

La proteína del grano de sorgo híbrido contiene poca lisina, treonina, metionina y tirosina; también contiene poca arginina, histidina y glicina que son aminoácidos esenciales. El nivel de triptófano apenas se acerca a los requerimientos mínimos, pero es más elevado que en el maíz. Generalmente los cereales se complementan con una fuente adecuada de proteínas, como la harina de grano de soya, sin grasa y debidamente tostada para proporcionar el nivel proteico requerido en las fórmulas alimenticias para la buena alimentación de los niños preescolares y para un óptimo crecimiento de los animales jóvenes no rumiantes. Por ejemplo la harina del grano de soya se agrega a menudo a las raciones de

grano de sorgo para proporcionar un nivel suficiente de lisina y treonina, pero en este caso la metionina se convierte en el aminoácido limitante de la fórmula alimentaria. (Wall, J., 1975)

En estudios biológicos realizados en el INCAP, se relacionó el valor de taninos con el Índice de Eficiencia Proteínica y se observó que al grano de concentración más baja le correspondió el valor más alto de Índice de Eficiencia Proteínica y al de concentración más alta, el más bajo Índice de Eficiencia Proteínica. (Alas García, A.E. , 1980)

El suplemento de una dieta de soya-sorgo con alto contenido en taninos con 0.15% de metionina es un medio práctico para invertir los efectos detrimentos de los taninos en el crecimiento de los pollos. Se desconoce aún como actúa la metionina para invertir completamente el efecto de los taninos en la disminución del crecimiento en pollos. (Featherson y Rogler, 1977)

En estudios realizados por técnicos del INCAP se ha demostrado que al combinar maíz con sorgo para la elaboración de tortilla, la calidad proteínica disminuye conforme aumenta el contenido de sorgo en la mezcla , siendo la proporción de mezcla óptima 75% de maíz y 25% de sorgo. Además se ha evaluado la efectividad del frijol en suplementar la proteína del sorgo usando el PER y se comprobó que una mezcla por

peso de 3.6 partes de sorgo y una parte de frijol da el mejor valor proteínico equivalente al 76.4% del valor de la caseína. Una mezcla similar de maíz y frijol dio un valor proteínico relativo a caseína del 88.2%, indicando esto que el maíz es ligeramente superior al sorgo. (Bressani, R. y Elías, L.G., 1985).

3- Factores que afectan la Aceptabilidad y Digestibilidad del Producto durante el proceso de Nixtamalización.

El producto a base de sorgo más consumido es sin duda la tortilla, la cual se elabora por el proceso de nixtamalización el cual consiste en un cocimiento controlado del grano en una suspensión de agua y cal al 1%. Después de cocido el grano se deja en reposo junto con el agua de cocimiento por 17 horas, transcurrido este tiempo se separa el agua de cocimiento (nejayote) del grano cocido (nixtamal), éste se lava y muele utilizando un molino de piedra.

Rooney y Murty, 1982 exponen que la aceptabilidad y calidad de la tortilla dependerá de la textura del endosperma y el color del grano. La textura del endosperma es la proporción del endosperma harinoso contra endosperma córneo en el grano. La textura del endosperma está relacionada a la dureza, propiedades molineras y características de cocimiento de la harina.

El endosperma córneo posee gránulos de almidón pequeños, temperatura de gelatinización alta y viscosidad intrínseca alta comparada con el endosperma harinoso.

El Rango de Temperatura de Gelatinización es la característica definida como la diferencia en grados centígrados entre la temperatura a la cual se inicia la penetración del agua en los gránulos de almidón y éstos comienzan a hincharse con un subsecuente aumento de viscosidad y la temperatura a la cual la muestra alcanza su viscosidad máxima durante el ciclo de calentamiento, como resultado de una interacción entre gránulos hinchados y quebrados.

Valores altos indican mayor resistencia del almidón a la gelatinización. Valores altos de Viscosidad a las temperaturas de cocimiento (95° C) indican una mayor resistencia del grano a las condiciones de cocimiento durante la nixtamalización, asociado al tiempo de cocimiento. En estudios realizados por Vásquez, M.G. y otros se ha observado que a mayor tiempo de cocción hay mayor gelatinización del almidón ya que los valores de viscosidad (máxima y final) son menores.

La viscosidad final (50° C) nos indica el grado de Retrogradación del almidón denominado también Cristalización. Valores bajos pueden estar relacionadas con tiempos más prolongados de vida de anaquel de la

tortilla, es decir la tortilla tardará más tiempo en endurecerse, una vez elaborada.

Estas propiedades, además del bajo grado de degradación ácida observado sugiere que los pequeños gránulos de almidón del endosperma córneo tienen una estructura más cristalina y componentes moleculares más largos que los gránulos de almidón del endosperma harinoso. Esto significa que el almidón de endosperma córneo puede soportar un mayor grado de retrogradación sobre el enfriamiento. Esto resulta en un caldo (Nejayote) alcalino espeso , lo cual indica que el grano de sorgo duro produce un gel más espeso que el grano de sorgo blando. Por lo tanto , el almidón y la proteína , que son componentes del endosperma tienen influencia en la calidad y aceptabilidad de los productos elaborados a base de sorgo.

El color de la tortilla es el factor más importantes en la aceptabilidad del sorgo. Granos con un pericarpio coloreado dan productos con un incremento de color. La gran cantidad de pigmentos fenólicos o taninos como componentes del grano de sorgo produce un color chocolate en los panecillos o un color negro en la tortilla. (Rooney , L.W. , 1985)

Buttler y Rogler, (1985) explican que por esta razón los sorgos con grano coloreado son indeseables para la elaboración de tortilla. El color que el grano de

sorgo confiere a la tortilla es afectado por el genotipo, el proceso de cocimiento y el ambiente en el cual el grano madura. El tiempo de cocimiento depende de la textura del grano (dureza), absorción del agua y otros factores que aún no están definidos.

Rooney, L.W. (1985) sostiene que los cambios de pH durante la elaboración de la tortilla causan que las harinas de sorgo blanco cambien a café oscuro o color negro. Evidentemente el pH alcalino causa el color oscuro por la acción sobre los pigmentos. Los endospermas amarillos y los sorgos de grano blanco proporcionan la mejor harina para utilizarse en panadería.

Los tipos de sorgo que tienen el mayor potencial para usarse en la alimentación humana deberán ser de grano blanco, tener textura de endosperma córneo y de endosperma amarillo.

PROCESOS QUE SE HAN USADO O SE ESTAN DESARROLLANDO PARA LA UTILIZACION DEL SORGO.

Bressani, R., (1985) expone que los procesos que se están estudiando pretenden, primero, eliminar los taninos de las variedades que los pueden contener; segundo, eliminar

la cáscara o testa que interfiere en el desarrollo de productos, y tercero, lograr mejorar la calidad nutritiva del sorgo.

Es evidente la necesidad de introducir en los programas de mejoramiento genético del sorgo, aspectos de calidad del grano, ya que los productos alimenticios a base de sorgo requieren características específicas tanto físicas como químicas, que se comporten en forma adecuada a los diferentes tipos de procesamiento que se emplean para producir diferentes alimentos.

Los métodos se pueden clasificar en procesos húmedos y procesos secos. Existen 2 alternativas en el proceso húmedo, una de las cuales después de moler el grano con agua se deja fermentar por 48 horas para dar un producto similar al posol de maíz nixtamalizado preparado por los Aztecas y Mayas. Información reciente indica que este proceso eleva los niveles de vitaminas del complejo B en el producto, y aumenta la calidad de la proteína debido a que la bacteria que indujo la fermentación contiene proteínas que son ricas en lisina. En la segunda alternativa el sorgo se deja que germine, lo que causa que el sistema enzimático degrade los almidones y parte de la proteína, dando como resultado un producto más digerible. Sin embargo, información reciente indica que durante la germinación se produce ácido cianhídrico, compuesto de alta toxicidad que puede causar problemas de

salud en los consumidores, como sería por ejemplo daño a los nervios y bocio.

Los métodos secos presentan 2 alternativas de procesamiento. En un caso el grano es tostado y luego molido, proceso similar al que se le aplica al maíz para producir pinol. Este proceso da origen a un sabor agradable pero reduce el valor proteínico pobre del sorgo aún más. Finalmente está la molienda en seco, que da origen a dos productos, uno de los cuales es la harina y el otro granos quebrados de pequeño tamaño principalmente de la región dura del grano.

En los países en donde se utiliza el sorgo para fines alimenticios emplean un proceso húmedo con la adición de hidróxido de calcio seguido de un proceso similar al que se utiliza para preparar tortillas de maíz y aunque el sorgo puede transformarse en producto similar, la tortilla desarrolla un color gris claro.

El proceso de molienda para remover taninos y producir una materia prima que permita ser utilizada en los productos antes mencionados es una alternativa que posibilita reducir los niveles de taninos utilizando un molino descascarador, el cual remueve las capas externas del sorgo con lo cual se logra reducir el nivel de taninos significativamente. (Bressani, R., 1985).

Moscoso, W. (1984), cita que la molienda industrial del sorgo consistía en la pulverización de la cáscara y subsecuentemente el mezclado de ésta con el endosperma haciendo imposible la separación de ambos. El método más avanzado de molienda de sorgo consiste en:

- 1- Limpieza del grano para remover pajas, arenas, polvo y otras impurezas.
- 2- Descortezado del grano con una máquina que trabaja por fricción del grano contra una superficie pulidora a manera de pulidora de piedra. La decorticación consiste en una eliminación del pericarpio y testa del grano. El grano pulido puede ser usado como sustituto del arroz.
- 3- Molienda mediante un molino de fricción el cual trabaja a base de fuerza centrífuga. El sorgo pulido se convierte en una harina fina con partículas de tamaño uniforme.

Otro proceso que se ha estado usando recientemente es una combinación de descascarado seguido de extrusión, (extrusión, del latín extrudere, extruir, empujar o empeler hacia afuera con una bomba un material fundido haciéndolo pasar por una matriz específica para darle una forma). Uno de los requerimientos para extrudir eficazmente un material biológico es que éste se

encuentre en forma granular. Dado que la extrusión requiere, para su óptima transferencia de calor que el material entre en forma granular al extrusor; en el caso del sorgo que es un grano bastante pequeño, esta tecnología resulta ideal para su procesamiento. En particular, dado que una de las maneras de eliminar la presencia de taninos es la decorticación del grano, las fracciones de endosperma obtenidos pueden ser alimentados fácilmente al extrusor con una ligera premoilienda. (Durán de Bazúa, C., 1988)

Las investigaciones de Axtell y otros, (1982) demuestran que la decorticación del grano de sorgo con alto contenido de taninos mejora el valor nutritivo del grano. En este estudio se alimentaron ratas con grano completo y grano de sorgo alto en tanino decorticado de la línea IS-8260. Ambas dietas se suplementaron con lisina. El resultado observado fue un crecimiento deficiente de las ratas alimentadas con grano completo IS-8260, con y sin suplemento de lisina. En contraste, los granos de IS-8260 decorticado mejora el valor biológico substancialmente, y también permite una respuesta de crecimiento de las ratas significativa al aumento de lisina suplemental.

Sin embargo, los estudios de Bakshy y otros científicos (1976), demostraron que la decorticación presenta una influencia negativa sobre la distribución de proteínas y calidad nutritiva de los sorgos con alto y bajo conteni-

do de taninos. Variedades de grano de sorgo con alto y bajo contenido de taninos fueron sujetos a operaciones secuenciales de decortinado con un molino Pahlí. En este estudio el sorgo normal usado fue el RS-626 y el sorgo con alto contenido en tanino fue el VR-64. Los granos completos fueron decortinados secuencialmente, con cada paso a través del molino removiendo aproximadamente 12% de la corteza. Con 12% de la muestra decortinada, 23% de los taninos y 20% de las proteínas se perdió de las muestras de sorgo con alto contenido de taninos. Con 24% de la muestra decortinada, aproximadamente, 75% de los taninos y 34% de las proteínas se perdió. Con 37% de decorticación 98% de los taninos y 45% de las proteínas habían sido removidos. Se realizaron análisis de todos los aminoácidos de los granos completos y luego de los granos decortinados. Se encontró que el contenido de lisina de los granos decortinados aumentó ligeramente con 12% de decorticación pero luego bajó significativamente con 24% y 37% de decorticación. La remoción del 90% de los taninos en muestras de alto contenido de éstos cambió el patrón de distribución de proteínas el cual fue muy anormal y distante en las muestras con alto contenido de taninos del patrón de la muestra de sorgo RS-626. Los datos de este estudio demuestran que se obtienen pérdidas inaceptables en el contenido de proteínas y en lisina cuando se remueven los taninos en un sorgo con alto

contenido de éstos utilizando el proceso de decorticación con el molino Pahlí.

Butler juntamente con Price, (1976) investigaron algunos tratamientos químicos para detoxicar los taninos del sorgo. Ellos han encontrado que los taninos del sorgo parece ser reactivos y fácilmente modificados a formas que no responden a las pruebas químicas para taninos. Los tratamientos incluyen vapor y calor seco, amoniación (ambos anhidro y acuoso, con presiones y tiempos de exposición diferentes) y soluciones acuosas de hidróxido de sodio y carbonato de potasio. Muchos de los tratamientos disminuyen la cantidad de taninos ensayables por pruebas químicas a 10-50% de los niveles originales. Los tratamientos en ausencia de agua añadida (amoníaco anhidro y calor seco) son relativamente menos efectivos que tratamientos comparables, con humedad añadida. El contenido de nitrógeno del grano de sorgo aumenta en la amoniación solamente si el sorgo es de un tipo con alto contenido de tanino, sugiriendo que el amoníaco reacciona o se acompleja con los taninos. Los tratamientos con calor disminuyen la digestibilidad de la proteína del grano, pero la amoniación tiene poco efecto en la digestibilidad.

Las ganancias de peso generalmente mejoran por el tratamiento de sorgos con alto contenido de taninos: se han demostrado grandes mejoras por el tratamiento con hidróxido de amonio NH_4OH , el cual da ganancias de peso equivalente a aquellos de sorgos con bajo contenido de taninos no tratados.

Butler y Rogler, (1985) presentan el método con amoníaco que elimina casi todos los fenoles excepto los taninos y es más eficiente que el tratamiento en el que se usa ceniza humedecida que ha sido reportado de Uganda y Honduras. Este método no es de uso tecnológico porque hace que el grano se oscuresca y lo hace menos atractivo para alimentación .

Otro método que Featherson y Rogler (1976) encontraron efectivo en la eliminación de los efectos detriménticos de los taninos sobre el crecimiento fue la adición a la dieta de 1% de polivinilpirrolidona (PVP). El PVP es un polímero no digerible inabsorbible el cual se ha demostrado que se une a los taninos en vitro. El suplemento de una dieta de sorgo con bajo contenido de tanino con PVP no influyó en el rango de crecimiento; pero la adición de PVP a la dieta de sorgo con alto contenido de tanino aumentó el crecimiento a un nivel comparable al de la dieta con sorgo con bajo contenido de taninos. Aparentemente, el PVP se enlaza a los taninos en el tracto digestivo y previene su acción.

UTILIZACION DEL GRANO DE SORGO

El sorgo es utilizado en diversas formas como alimento por millones de seres humanos. Existen ocho categorías de alimentos tradicionales elaborados con sorgo: panes sin levadura (rotitortillas), panes con levadura, salsas espesas, salsas aguadas, productos cocinados al vapor, productos tipo arroz, botanas y bebidas alcohólicas y no alcohólicas.

El sorgo es parte de la dieta básica de millones de personas en varias partes del mundo, se ha estimado que el 53% del sorgo producido en el mundo, es usado para consumo humano. En Africa el 85% es utilizado para el consumo humano, la mayoría del sorgo restante es usado para consumo animal. (Murty y otros, 1984)

Trabajos realizados por Rooney, (1985) indican la posibilidad de reemplazar la harina de trigo por harina de sorgo en la elaboración tradicional de panes tipo sobao, agua y sandwich sin afectar significativamente la calidad del pan.

Debido a que el grano de sorgo no contiene gluten como el presente en el trigo, la harina de sorgo no produce crecimiento en el pan, brillantes y aireación. El sorgo es usado para obtener productos tales como muffin, tortillas y arepas en los cuales la textura fina no es deseada.

Moscoso, (1984) muestra que el grano de sorgo pulido hasta un nivel de extracción de 60-70% puede ser usado como un sustituto del arroz.

Según Sanchez y Salazar, (1982) el sorgo que ha sido alimento para países de Asia y Africa puede ser nixtamalizado para producir una masa y una tortilla similar a la del maíz, cuyo color va a depender del descascarado del grano, que puede ser mecánico o por tratamiento alcalino con lechada de cal.

Experimentalmente Moscoso, (1984) ha logrado reemplazar la semolina por harina de sorgo hasta un nivel de 35%, sin que sean afectadas las características organolépticas de las pastas alimenticias elaboradas. Además se ha elaborado espagueti en escala industrial sustituyendo 20% de la semolina por harina de sorgo con buenos resultados.

Wall, (1975) cita que las variedades de semilla castaña se usan en Africa para producir cerveza pero se ha considerado que esa pigmentación es un inconveniente por su gusto amargo y porque a veces se ha observado que la semilla de ese color está en estado de latencia

Quinby y otros, (1958) mencionan que el azúcar de Dextrosa y el jarabe de la industria de la molienda húmeda son usados en alimentos, particularmente, frutas enlatadas.

El aceite extractado del embrión del grano es adecuado para aceite de ensalada. Durante la Segunda Guerra

Mundial, se elaboró un postre similar en gusto y calidad a la tapioca a partir del almidón de sorgo de tipo ceroso.

El sorgo "palomero" (Pop sorghum) es también deseable para elaborar palomitas de maíz. A nivel industrial, el grano de sorgo ha sido siempre una fuente potencial de materia prima, pero no fue sino hasta la Segunda Guerra Mundial que se usó ampliamente.

La cubierta de la semilla de sorgo contiene una cera similar a la cera carnauba que es usada en la elaboración de ceras para muebles y zapatos, y en la elaboración de papel carbón, cera sellante, aisladores eléctricos y otros productos.

El procesamiento del grano de sorgo, como una fuente de alcohol de grano comenzó durante la guerra y en 1945 la industria del alcohol usaba 2 billones de litros, cerca de la mitad de la cual se convertía en alcohol. Menos cantidades se usa similarmente en el presente.

El almidón del grano de sorgo puede usarse para productos adhesivos, papel y fibra.

La parte aérea de la planta puede usarse ya sea fresca o ensilada como forraje y el grano en la preparación de concentrados para aves, ganado porcino y caballar. (Clará y Vega, 1984)

El residuo de la decorticación (pericarpio) puede utilizarse en formulaciones para alimento animal debido a su aceptable composición química. (Bedolla y Rooney, 1982)

PROGRESOS BIOQUIMICOS DE LOS ANALISIS DE TANINOS.

El Dr. Axtell y sus colegas han agrupado el sorgo en tres grupos, basados en una comparación de los ensayos Vainillina y Vainillina Modificado:

Grupo I : Las variedades que dieron equivalentes de catequina de menos de uno por ambos ensayos.

Grupo II : Aquellos que fueron menores de un equivalente de catequina con la vainillina y mayores que dos equivalentes de catequina con el ensayo modificado (rango de extracción mucho menor que el III).

Grupo III : Las variedades que dieron valores idénticos para ambos ensayos. La gran mayoría de sorgos que contienen testa caen dentro de este grupo.

Los tiempos de extracción fueron de veinte minutos, las extracciones más prolongadas previamente usadas destruyeron muchos de los taninos en el procedimiento modificado; se

usaron blancos para corregir los efectos del color de fondo interferente.

Los resultados del Grupo II se deben a enlaces covalentes de los taninos a algún componente no identificado del grano.

Se ensayaron extractos con agua, HCl 1N en agua, metanol y HCl 1% en metanol; solo este último fue efectivo para remover los taninos de los granos del Grupo II. (Buttler y Price, 1977)

Desarrollo de los Ensayos de Taninos

Se ha encontrado muchos problemas con los ensayos para taninos; por lo tanto se ha mejorado tres ensayos, cada uno de los cuales mide una propiedad química diferente de los taninos. Estos ensayos ayudarán a los distintos tipos de investigaciones de taninos.

a) Ensayo de Azul de Prusia

Se desarrolló un método en el cual los taninos se analizaron en forma rápida. El método está basado en la reducción de Fe^{+++} por los taninos extractados y la formación de un complejo azul (Azul de Prusia) entre el ferricianuro y los iones Fe^{++} resultantes. En granos con alto contenido de taninos, el azul se desarrolla en segundos, variedades intermedias en

taninos dan un color verde oscuro y aquellas bajas en taninos dan un color verde pálido.

El ensayo es muy sensible y se pueden obtener resultados altamente reproducibles en muestras de treinta mg.

Como otros métodos redox comunmente usados para taninos (el método de Folin Dennis), este detecta todos los fenoles, algunos de los cuales no son verdaderos taninos.

Pero se ha encontrado que el NaCl 0.2M extrae selectivamente a los fenoles que no son taninos. Substrayendo la absorbancia obtenida con el extracto salino del extracto acuoso, se mide los taninos verdaderos.

b) Ensayo de Vainillina

Es el método más frecuentemente usado para determinar el contenido de taninos en sorgo, éste detecta un rango estrecho de compuestos incluyendo taninos condensados y monómeros de taninos.

La literatura indica que el método nunca ha sido completamente examinado, que existen factores que pueden causar variabilidad en los resultados, tales como:

- i) Variedad de compuestos presentes en el grano de sorgo, que interfieren al realizar el ensayo de vainillina, ya que absorben a la misma longitud de onda; ocurriendo serias sobreestimaciones del contenido de taninos. Esto se corrige con el uso de un blanco.
- ii) Forma de Extracción de los taninos. Esta se lleva a cabo muy bien en veinte minutos, en un tubo de ensayo rotatorio; se extraen tantos taninos como el extraído en veinticuatro horas.
- iii) La catequina es un standard inadecuado. Cuando se utilizó taninos la absorbancia aumentó con el tiempo, pero con la catequina sufrió una disminución .
- Esto resulta en una duplicación o triplicación de sobreestimación del contenido de taninos.
- iv) Extrema sensibilidad de la reacción de la vainillina a las fluctuaciones de temperaturas. Si la prueba se hiciera en un clima cálido, en un laboratorio sin aire acondicionado donde la temperatura cambia de 22°C en la mañana a 30°C en la tarde, las lecturas variarían un 30% mayor que aquellas tomadas en la mañana. Se recomienda que la reacción se realice en un baño de agua de temperatura controlada.

c) Ensayo de Vainillina Modificado.

Una variación del ensayo de vainillina, es cuando se usa HCl 1% en metanol como extractante. De esta forma da lecturas mayores, que cuando se usa como extractante el metanol. Se ha encontrado que esas lecturas mayores se han debido completamente a materiales no tanínicos coloreados que se extraen. Excepto por el Grupo II de sorgo, este ensayo da los mismos resultados que el ensayo de vainillina, usando blancos. El ácido Clorhídrico lentamente destruye los taninos, de modo que una extracción de veinte minutos da valores considerablemente mayores que un día de extracción.

Se ha encontrado que el pretratamiento por diez minutos con HCl a temperatura ambiente parece remover un grupo enmascarante. En verdad, el lento aumento en absorbancia con el tiempo parece ser debido a la lenta remoción de este grupo, más que a la lentitud de la reacción con vainillina; después de expuesto al ácido, la vainillina reacciona más rápidamente con los taninos alterados.

Sustituto para el Ensayo de Vainillina.

En experimentos realizados se ha determinado que se puede usar ácido acético glacial como solvente en vez de metanol y un derivado metilado (2,4-dimetoxibenzaldehído)

en lugar de vainillina; esto aumenta la sensibilidad de la prueba más o menos cinco veces más. De esta forma es mucho menos sensitivo a las variaciones de temperatura; la catequina y los taninos presentan una cinética similar. Una ventaja importante de este ensayo modificado es que es cinco veces tan sensible como el ensayo de vainillina, ya que muestras mucho más pequeñas son ensayadas. La interferencia debida al color de fondo se reduce a solamente un 20% de la encontrada con el ensayo de vainillina. (Buttler y Price, 1977)

M E T O D O L O G I A

A. METODOLOGIA DE CAMPO

Se trabajó experimentalmente con 186 muestras de granos de sorgo en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos del Centro de Tecnología Agrícola, dependencia del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Las muestras estaban constituidas por aproximadamente 100 gramos de grano de sorgo recibidas en Abril de 1989, este material corresponde al Proyecto de Mejoramiento Genético de Sorgos Criollos Sorghum bicolor (L) Moench adaptables al asocio con maíz casechados en Enero de 1989.

Cada muestra estaba contenida en su respectiva bolsa de papel craft rotulada con un número clave, y se le asignó un número de muestra con el cual se le identificó a través del proceso de análisis.

Las muestras fueron sometidas previamente a proceso de limpieza en el cual se eliminó manualmente la cáscara o gluma, los granos dañados, restos de planta, basura e insectos.

Posteriormente, las muestras ya limpias y reducidas a 60 gramos, se envasaron en frascos de vidrio con tapa de rosca debidamente rotulada con un número de muestra. A las muestras así preparadas se les realizaron los análisis de % de Humedad , Alcalis , taninos y fenoles; para los dos últimos análisis se necesitó que las muestras fueran molidas y reducidas a harina de sorgo.

Es importante hacer notar que las muestras se hallaban exentas de cualquier material insecticida o fungicida, para evitar interferencias en los análisis, por lo que estaban expuestas al ataque de insectos y hongos.

B.METODOLOGIA QUIMICA

1.DETERMINACION DE ALCALIS (COCIMIENTO ALCALINO)

1.1 Fundamento del Método

Método establecido por Khan et. al. (1980). Está basado en el color desarrollado por el grano debido a la presencia de polifenoles cuando es sometido a calentamiento en presencia de Hidróxido de Sodio . (Brand y Ruíz, 1982)

2. DETERMINACION DE HUMEDAD

2.1 Fundamento del Método.

La humedad de la muestra se pierde por la volatilización debida al calor, la muestra se seca a 130 C; la cantidad de materia residual después de eliminar la humedad constituye la materia seca total. (Cruz Morán, D.C., 1987)

3. DETERMINACION DE TANINOS

3.1 Fundamento del Método.

Los taninos se describen generalmente como polifenoles de alto peso molecular solubles en agua, los cuales precipitan soluciones de gelatina. Las semillas de numerosas variedades de sorgo contienen taninos, primariamente del tipo condensado, los cuales están asociados con una capa de testa pigmentada en el pericarpio. Además de impartir un sabor astringente, se ha encontrado que los taninos en el grano de sorgo reducen su valor biológico cuando alimenta a animales monogástricos y humanos.

El método empleado para la determinación de taninos se efectúa en medio ácido, donde el aldehído vainillina sufre una protonación y reacciona con una molécula de catequina (extraída con metanol de la muestra) dando

un compuesto intermediario que es deshidratado rápidamente para producir un complejo de color rosado que se determina colorimétricamente a 500 nm. La reacción es específica para leucoantocianinas y catequinas, aunque las antocianinas y dihidrochalcones pueden interferir en alguna medida.

Los genotipos que posean contenidos menores a 0.05 equivalentes de catequina pueden usarse mezclados con maíz en proporciones menores al 10% en la producción de tortillas. (Alas García, A.E. ,1980)

4. DETERMINACION DE FENOLES

4.1 Fundamento del Método.

El método de formación del complejo de Azul de Prusia fué desarrollado por Price y Buttler (1977); éste mide la cantidad de taninos presentes en granos de sorgo blancos. Los compuestos polifenólicos presentes en el grano son capaces de reducir el cloruro férrico a cloruro ferroso y éste reaccionar con el ferricianuro de potasio dando el complejo ferricianuro férrico potásico conocido como Azul de Prusia soluble.

La solución de cloruro férrico debe estar en medio ácido para que el ión ferroso reducido reaccione con la pequeña cantidad de ferricianuro agregado, formando

una sal de ferricianuro férrico potásico. Si la sal formada se encuentra en medio neutro, la oxidación es instantánea y no es posible medir la reacción en el colorímetro. Este análisis permite eliminar los genotipos con valores superiores a 0.4 miligramos de ácido tánico por gramo de sorgo, ya que produce tortillas con colores oscuros. (Cea y Ramírez, 1987)

C. METODOLOGIA ESTADISTICA.

Los resultados obtenidos se ordenaron en cuadros y figuras dependiendo de las diversas características analizadas, agrupándolos posteriormente en base a distribución de frecuencias o clases para poder seleccionar aquellas líneas que se encontraron dentro de los valores establecidos como normales y que cumplieron los requisitos necesarios para incluirlas en el proceso de nixtamalización .

RESULTADOS

A. Prueba de cocimiento alcalino.

Para esta prueba los códigos 1 y 2 dan la base para seleccionar las muestras de sorgo que pueden ser aptas para procesos de nixtamalización.

En el cuadro 6 puede observarse que de las 186 muestras analizadas, 110 resultaron con posibilidad a ser utilizadas en dicho proceso y de éstas 36 se encontraron entre los códigos antes mencionados.

Debido a que algunas muestras no presentaban color semejante fue necesario establecer códigos intermedios: 1-2, 1-3, 2-3, 2-4, 3-4 de los cuales las muestras encontradas en los últimos cuatro parámetros no se consideraron como óptimas debido a su heterogeneidad entre parámetros no aceptables.

B. Análisis de Taninos

De las muestras analizadas, 168 se encontraron con valores inferiores de 0.05 equivalentes de Catequina, valor indicado como límite a ser utilizado en la elaboración de tortillas y de éstas los rangos predominantes fueron entre 0.030-0.039 presentado en 48 de las muestras que pasaron la prueba. (Cuadro 7).

C. Análisis de Fenoles

Este análisis elimina los granos con valores superiores a 0.4 mg de ácido tánico por gramo de sorgo.

Los resultados se detallan en el Cuadro 8.

Según revelan los datos, el contenido de ácido tánico por gramo de sorgo fue aceptable en 109 muestras. De las muestras que son aptas para el proceso de nixtamalización, la mayor cantidad (47) se encontraron dentro del rango 0.0-0.099 .

En el Cuadro 12 se reportan las líneas y variedades que son aptas para el proceso de nixtamalización, y su resultado de los análisis de taninos, fenoles y álcali.

DISCUSION DE RESULTADOS

Los datos provenientes de la distribución de frecuencias para la determinación de alcalis (Gráfico 1 y Cuadro 6) indican que el 30.10% de las muestras desarrollaron un color amarillo al ser sometidas al tratamiento alcalino y al calor y 9.67% desarrollaron un color crema. El 19.35% de muestras presentaron en la prueba de alcalis ambigüedad de color. Esto posiblemente se debe a que al efectuar los cruces para obtener determinada línea, pudo ocurrir una contaminación con material proveniente de otra lo cual produjo una heterogeneidad de color resultante en la prueba de cocimiento alcalino.

Los porcentajes antes mencionados constituyen el 59.12% del total aprobado para el proceso de nixtamalización ya que los granos de dichas muestras al ser nixtamalizadas darán tortillas de color aceptables para el consumo humano. Mientras que el 40.88% fue rechazado por desarrollar colores café claro, rojo ladrillo o morado; esto indica que son genotipos con alto contenido de polifenoles, lo cual los hace indeseables respecto al color y sabor que dan a la tortilla y al bajo valor nutritivo que ésta tenga.

En el gráfico de distribución de frecuencias para taninos (Gráfico 2 y cuadro 7) se observa que el 90.31% del total de muestras fueron aceptadas : 13.98% poseen el contenido mínimo de catequina, 13.44% el valor máximo permitido y 62.89% presentan un contenido de catequina intermedio aceptable.

La selección para granos aptos para el proceso de nixtamalización se basó en el criterio reportado por Cea y Ramírez (1987), el cual considera que los genotipos que posean contenidos menores a 0.05 equivalentes de catequina pueden usarse mezcladas con maíz en diferentes proporciones para elaboración de tortilla.

La minoría de la población de muestra, 9.69%, fueron rechazadas para esta prueba ya que poseen un contenido de equivalentes de catequina igual o mayor a 0.05 eq., lo cual disminuye el valor nutricional, digestibilidad y palatabilidad del grano de sorgo debido al enlace de los taninos a las proteínas de la dieta.

Respecto al contenido de fenoles en el gráfico 3 de distribución de frecuencias se observa que la máxima altura corresponde al 25.27% de las muestras con el contenido mínimo de ácido tánico. El contenido máximo permitido fue presentado por sólo el 7.53% de las muestras y 25.8% presentaron un contenido intermedio,

constituyendo un total de 58.6% de muestras aceptadas para ser nixtamalizadas. (Cuadro 8)

En base al criterio de selección reportado por Cea y Ramírez (1987), se eliminaron 41.4% de los genotipos por presentar valores superiores a 0.4 mg de Acido Tánico por gramo de sorgo ya que producen tortillas de color oscuro y presentar efectos antinutricionales.

Al comparar el porcentaje de muestras aceptadas para las pruebas de Alcalis, Taninos y Fenoles, se encontró que el mayor porcentaje le corresponde a la prueba de taninos (90.31%) luego la prueba de Alkali (59.12%) y finalmente la prueba de Fenoles (58.6%). Esto posiblemente se debe a que el contenido de catequina en el grano de sorgo es bajo comparado con el total de polifenoles presentes en este cereal. Además la especificidad del análisis de taninos para determinar catequina es mayor que la de las otras dos pruebas ya que en el análisis de cocimiento alcalino se determina el color producido por todos los polifenoles presentes en el pericarpio y en el análisis de fenoles, el $FeCl_3$ es reducido no tan sólo por el ácido tánico del sorgo sino también por otros fenoles contenidos en el grano.

En el Cuadro 5 pueden observarse varias situaciones: 64 muestras con resultados aceptables dentro de los tres análisis realizados. Por ejemplo : la muestra 456 clave MG-312 la cual presentó el código 1 para la prueba de álcali, 0.033 equivalentes de catequina en la prueba de taninos y 0.201 mg de ácido tánico por gramo de sorgo para la prueba de fenoles , a diferencia de muestras como la 508, clave 64-T-87SA-620 cuyo resultado de álcali es rechazado (color café) pero los resultados para taninos y fenoles fueron aceptables .

Situaciones similares se abservan en muestras que presentaron variaciones entre los parámetros en estudio (muestras 535, 517, 532, 558, 618). Esto podría deberse a la no pureza en la recolección y selección de los materiales a ser enviados al laboratorio , a la contaminación del polen de una planta por otro en el momento de realizar los cruces, al ataque de insectos y hongos a ciertas muestras como la 476, clave MG-333 que presentaba color verde y humedad y la muestras 637, clave Criollo Chinanga que presentaba abundantes insectos.

No se obtuvo una relación directa entre los tres análisis como se esperaba , lo cual posiblemente se debió a que en la prueba de álcali se determinó el color producido por los polifenoles del pericarpio del grano al reaccionar con el hidróxido de sodio, en

cambio la prueba de taninos determina el contenido de catequina, un polifenol condensado, y las leucoantocianinas aunque las antocianinas y dihidrochalcones pueden interferir (Cea y Ramírez, 1987), por el contrario el análisis de fenoles determina el contenido de ácido tánico.

Se observó una diferencia de porcentaje de muestras aprobadas entre las diversas líneas analizadas, así por ejemplo, la línea P presentó un 80% de muestras aptas, a diferencia de la línea ENA-87 que sólo obtuvo un 33.33% de muestras aprobadas y la línea Criollo que solamente alcanzó un 9.09% de muestras promisorias para el proceso de nixtamalización. Esto podría deberse a las diferentes condiciones agronómicas en las que se desarrollaron las plantas lo cual pudo afectar los resultados de los análisis. (Ver Cuadro 12).

Cuadro 5. Resultados de Análisis de Humedad, prueba de Alcalis, Taninos y Fenoles

No. de Laboratorio	Muestra	Clave	Alcalis	Z Humedad Promedio	Taninos Equivalentes de Catequina	Fenoles mg Acido Tánico/gramo	Observación
445		MG-301	1-2	11.713	0.000	0.262	
446		MG-302	1	11.430	0.011	0.098	
447		MG-303	3	11.202	0.026	0.260	
448		MG-304	2	10.550	0.000	0.141	
449		MG-305	2-3	13.133	0.033	0.373	
450		MG-306	2	16.255	0.010	0.307	
451		MG-307	1-2	11.560	0.034	0.292	
452		MG-308	2-3	11.070	0.011	0.186	
453		MG-309	3	17.023	0.021	0.532	
454		MG-310	3	14.107	0.018	0.162	
455		MG-311	2	10.372	0.034	0.170	
456		MG-312	1	10.984	0.033	0.201	
457		MG-313	3	12.113	0.039	0.143	
458		MG-314	1-2	12.352	0.014	0.355	
459		MG-315	1	10.473	0.035	0.185	
460		MG-316	4	10.624	0.040	0.200	
461		MG-317	3	10.556	0.050	0.224	
462		MG-318	3	10.398	0.010	0.191	
463		MG-319	2	11.887	0.034	0.099	
464		MG-320	1-2	12.078	0.034	0.068	
465		MG-321	1-2	11.517	0.047	0.020	
466		MG-322	3	10.575	0.026	0.019	
467		MG-323	2	12.485	0.056	0.000	verde
468		MG-324	1-2	10.113	0.037	0.035	
469		MG-325	2	11.483	0.026	0.130	
470		MG-326	2	11.768	0.036	0.051	
471		MG-327	1-2	13.003	0.041	0.052	
472		MG-328	1	10.847	0.042	0.004	
473		MG-329	2	11.926	0.020	0.163	
474		MG-330	2	11.871	0.005	0.147	
475		MG-332	2-3	11.371	0.000	0.019	
476		MG-333	3	15.756	0.024	0.000	verde
477		MG-334	3	11.530	0.041	0.146	
478		MG-335	3	14.932	0.040	0.185	
479		MG-336	3	20.162	0.014	0.000	verde
480		36-P-301	2	13.181	0.025	0.262	
481		37-P-302	1-2	12.619	0.019	0.244	verde claro
482		38-P-303	2	11.357	0.011	0.209	
483		39-P-304	2	10.849	0.011	0.145	
484		40-P-305	3	10.372	0.024	0.035	
485		41-P-306	1-2	10.986	0.035	0.000	
486		42-P-307	1	10.693	0.004	0.000	
487		43-P-308	1-2	10.859	0.011	0.000	
488		44-P-309	1	9.966	0.004	0.000	
489		45-P-310	2	11.600	0.035	0.000	
490		46-P-311	1-2	11.482	0.031	0.210	
491		47-P-312	1-2	11.710	0.019	0.000	
492		48-P-313	2	11.052	0.015	0.472	

Cuadro 5. Resultados de Análisis de Humedad, prueba de Alcalis, Taninos y Fenoles

No. de Laboratorio	Muestra	Clave	Alcalis	% Humedad Promedio	Taninos Equivalentes de Catequina	Fenoles mg Ácido Tánico/gramo	Observación
493		49-P-314	3-4	10.857	0.000	0.719	
494		50-P-315	2	13.371	0.019	0.229	gris verdoso
495		51-T-87SA-524	2	9.974	0.020	0.821	
496		52-T-87SA-525	3	11.138	0.027	0.805	
497		53-T-87SA-528	1-3	10.113	0.004	0.862	
498		54-T-87SA-530	2	10.356	0.000	1.070	
499		55-T-87SA-535	2	11.261	0.000	0.859	
500		56-T-87SA-544	1-2	11.391	0.007	0.294	verde
501		57-T-87SA-575	2	10.840	0.016	0.856	
502		58-T-87SA-577	2-3	11.298	0.030	1.111	
503		59-T-87SA-578	3	11.013	0.023	1.024	
504		60-T-87SA-586	3	9.866	0.010	0.806	
505		61-T-87SA-605	3	11.289	0.020	0.972	
506		62-T-87SA-	3	10.536	0.000	0.963	
507		63-T-87SA-610	2	15.017	0.028	0.522	gris verdoso
508		64-T-87SA-620	3	10.750	0.010	0.241	
509		65-T-87SA-633	1-2	11.089	0.020	0.000	
510		66-T-87SA-646	2	10.073	0.006	0.106	
511		67-T-87SA-659	1-2	11.053	0.003	0.000	
512		68-T-87SA-674	3-4	13.523	0.039	0.386	gris verdoso
513		69-T-87SA-680	2-3	10.431	0.013	0.040	
514		60-T-87SA-687	1-2	10.862	0.010	0.041	
515		71-T-21-87SA-699	1-2	13.105	0.049	0.590	
516		72-T-22-87SA-712	2-3	10.865	0.030	0.148	
517		73-T-23-87SA-732	2	11.387	0.060	0.391	
518		74-T-24-87SA-736	2	11.370	0.019	0.095	
519		75-T-25-87SA-743	2	9.819	0.027	0.370	
520		76-T-26-87SA-744	3-4	11.195	0.000	0.094	
521		77-T-27-87SA-745	3	10.153	0.011	0.000	
522		78-T-28-87SA-747	4	9.647	0.019	0.172	
523		79-T-29-87SA-751	2	10.956	0.030	0.416	
524		80-T-30-87SA-776	2	11.120	0.027	0.677	
525		81-T-31-87SA-804	2	11.145	0.011	0.164	
526		82-T-32-87SA-809	3	11.203	0.003	0.152	
527		83-T-33-87SA-816	3-4	11.312	0.011	0.678	
528		84-T-34-87SA-822	2	10.244	0.000	0.422	
529		85-T-35-87SA-826	1-3	10.726	0.019	0.239	
530		86-T-36-87SA-841	2	11.827	0.007	0.997	
531		87-T-37-87SA-845	4	10.491	0.007	0.200	
532		88-T-38-87SA-849	3	9.723	0.023	0.679	
533		89-T-39-87SA-853	2	10.604	0.031	0.860	
534		90-T-40-87SA-859	2	10.632	0.003	0.586	
535		91-T-41-87SA-860	4	11.315	0.007	0.566	
536		92-T-42-87SA-881	2	11.535	0.003	0.705	
537		93-T-43-87SA-905	2	11.414	0.019	0.529	
538		94-T-44-86SLT-861	1-3	10.815	0.042	0.899	
539		96-T-46-87SA-1377	1-2	11.351	0.019	1.016	

Cuadro 5. Resultados de Análisis de Humedad, prueba de Alcalis, Taninos y Fenoles

No. de Laboratorio	Clave	Alcalis	Humedad Promedio	Taninos Equivalentes de Catequina	Fenoles mg Acido Tánico/gramo	Observación
540	97-T-47-87SA-1688	1-2	10.731	0.038	0.114	
541	98-T-48-87SA-1712	2	10.581	0.035	0.000	
542	99-T-49-Criollo Sapo	2-3	9.933	0.060	0.617	
555	11x11-3	2	12.608	0.066	0.346	verde
556	11 -57	3	14.237	0.030	0.365	verde
557	11 -80	1	11.503	0.031	1.460	
558-559	11 -98-99	3	12.649	0.086	1.913	
560	11 -237	1-2	14.131	0.061	0.468	verde
561	11 -283	3-4	11.753	0.000	1.224	
562	11 -299	2	15.133	0.026	0.735	verde
563	11 -301	3	14.616	0.033	0.523	verde
564	11 -303	1-2	14.264	0.027	0.844	verde
565	11 -317	2	14.381	0.033	1.182	verde claro
566	85-EO-56	3	13.247	0.030	0.450	verde claro
567	85-EO-128	3	11.251	0.035	1.239	
568	85-EO-137	1-2	13.002	0.037	0.000	verde claro
569	85-EO-148	2	13.504	0.044	0.387	verde
570	85-EO-228	3-4	10.623	0.042	0.127	
571	85-EO-237	3	11.918	0.034	0.104	
572	85-EO-239	1-2	12.356	0.034	0.000	
573	85-EO-265	3	14.012	0.023	0.493	verde
574	85-EO-270	1-2	13.997	0.071	0.093	verde
575	85-EO-321	1	11.508	0.024	0.000	
576	85-EO-341	2	12.519	0.024	0.079	verde
577	85-EO-368	3	12.980	0.042	0.266	verde
578	85-EO-924	1	11.268	0.042	0.000	
579	86-SCP-128	1	10.863	0.068	0.595	
580	86-SCP-156	1-2	13.880	0.037	0.254	verde
581	86-SCP-421	2-3	11.996	0.072	0.687	
582	86-SCP-610	1-2	12.507	0.042	0.478	
583	86-SCP-708	3	12.617	0.063	0.779	
584	86-SCP-ES-727	2	13.115	0.050	0.008	
585	86-SCP-739	2-4	12.152	0.046	0.391	
586	86-SCP-776	3	12.238	0.054	0.576	
587	86-SCP-797	3	13.771	0.029	0.701	
588	86-SCP-802	3	13.302	0.033	1.200	
589	86-SCP-808	1-3	12.784	0.054	0.251	
590	86-SCP-850	3	13.725	0.033	0.000	verde claro
591	86-SCP-862	1-2	13.548	0.016	0.008	verde claro
592	86-SCP-ES-900	1-2	12.200	0.012	0.319	
593	86-SCP-980	1-2	10.567	0.043	0.468	
594	86-SCP-1435	2	13.050	0.025	0.000	verde
595	86-SCP-1477	1	12.883	0.041	0.000	verde
596	86-SCP-1488	2	11.557	0.042	0.317	
597	86-SCP-1492	3	12.505	0.037	1.003	
598	86-SCP-1507	2-3	11.669	0.029	0.008	
599	ENA(CS-3541xLiberal)-87-1	1	12.201	0.038	0.022	con insectos

Cuadro 5. Resultados de Análisis de Humedad, prueba de Alcalis, Taninos y Fenoles

No. de Laboratorio	Clave	Alcalis	% Humedad Promedio	Taninos Equivalentes de Catequina	Fenoles mg Acido Tánico/gramo	Observación
600	ENA(TAM 428xPorvenir)-87-2	1-2	12.661	0.024	0.000	
601	ENA(Sepon 77xSta. Isabel)-83	1	12.385	0.062	0.000	
602	ENA(SC-326-6x5c-103-121x Liberal)-87-5	2-3	12.562	0.027	0.108	
603	ENA-87-6	3	11.838	0.038	0.000	
604	ENA-87-7	1	11.553	0.035	0.000	
605	ENA-87-8	3	15.409	0.043	0.000	verde claro
606	ENA-87-9	2	13.349	0.034	0.195	verde
607	ENA-87-10	3	12.745	0.024	0.000	
608	ENA-87-12	1	11.354	0.045	0.288	
609	ENA-87-13	2	14.054	0.047	0.200	humeda
610	ENA-87-14	5	13.178	0.030	0.960	humeda
611	ENA-87-15	2	11.668	0.038	0.300	
612	ENA-87-17(San Bernardo)	1-2	12.679	0.044	1.086	
613	ENA-87-18	3	11.607	0.031	0.874	
614	ENA-87-19	3	11.677	0.027	0.241	
615	ENA-87-20	1	11.283	0.028	0.742	humeda
616	ENA-87-21(Porvenir)	3	12.291	0.000	0.763	
617	ENA-87-22	2-3	12.797	0.030	0.744	
618	ENA-87-25	1-2	12.033	0.052	0.843	
619	ENA-87-26	2	11.670	0.034	1.003	
620	ENA-87-27	2-3	12.668	0.027	0.802	
621	ENA-87-28	2	12.985	0.034	0.757	
622	ENA-87-29	5	14.891	0.035	0.932	verde y humed
623	ENA-87-30-81 LL691xPorvenir	1	13.519	0.032	0.654	
624	ENA-87-31-EPR-130	2	14.978	0.047	0.239	
625	ENA-87-32-TAM-428xPeloton	2	13.268	0.024	0.437	
626	ENA-87-33	1-2	12.370	0.041	0.137	
627	ENA-87-34	2	12.768	0.028	0.268	
628	ENA-87-35	1-2	12.250	0.028	0.622	
629	Criollo Liberal	1	13.192	0.024	0.282	
630	Criollo Guanaco	2	14.251	0.028	0.502	
631	Criollo Santa Cruz	4	13.508	0.044	0.713	
632	Criollo Chalatenango-2	3-4	12.013	0.016	0.702	
633	Criollo La Paz	2	13.246	0.008	0.759	
634	Criollo Tortillero	1-2	12.648	0.032	0.504	
635	Criollo San Bernardo III	2	11.619	0.033	0.568	
636	Criollo ES-198	2	12.633	0.049	0.603	
637	Criollo Chinanga	3	13.440	0.004	1.125	con insectos
638	Criollo Curvo	3	12.019	0.976	3.501	
639	Criollo	3	14.898	0.036	0.311	verde
640	EPR-103	2	12.486	0.128	0.469	
641	EPR-130	2	12.871	0.016	0.980	
642	ES-981	3	11.629	0.029	0.604	
643	ES-1442	1-2	12.206	0.012	0.490	con insectos

Cuadro 6. Frecuencias para prueba de Alcalis y su porcentaje

CODIGO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1	18	9.67
1-2	36	19.35
1-3	4	2.15
2	56	30.1
2-3	12	6.45
2-4	1	0.54
3	45	24.19
3-4	7	3.76
4	5	2.69
5	2	1.075
Total		186

Cuadro 7. Frecuencias de resultados de análisis de Taninos y sus porcentajes

CLASES		FRECUENCIA	PORCENTAJE
Contenido	taninos		
0.00	- 0.0099	26	13.98
0.01	- 0.0199	32	17.2
0.02	- 0.0299	37	19.89
0.03	- 0.0399	48	25.8
0.04	- 0.0499	25	13.44
0.05	- 0.0599	6	3.22
0.06	- 0.0699	7	3.76
0.07	- 0.0799	2	1.075
0.08	- 0.0899	1	0.537
0.09	- 0.0999	0	0
0.10	- 0.9999	2	1.075

Cuadro 8. Frecuencias para resultados de análisis de Fenoles y sus porcentajes

CLASES		FRECUENCIA	PORCENTAJE
Contenido	Fenoles		
0.00	- 0.0999	47	25.27
0.10	- 0.1999	24	12.9
0.20	- 0.2999	24	12.9
0.30	- 0.3999	14	7.53
0.40	- 0.4999	11	5.91
0.50	- 0.5999	12	6.45
0.60	- 0.6999	9	4.84
0.70	- 0.7999	12	6.45
0.80	- 0.8999	12	6.45
0.90	- 0.9999	6	3.22
1.00	- 1.0999	6	3.22
1.10	- 1.1999	3	1.613
1.20	- 1.2999	3	1.613
1.30	- 4.0000	3	1.613

Cuadro 3. Frecuencias de prueba de Alcali, según clave

CODIGO CLAVE	1	1-2	2	1-3	2-3	2-4	3	3-4	4	5	TOTAL
MG	4	7	9	-	3	-	11	-	1	-	35
P	2	5	6	-	-	-	1	1	-	-	15
T-87SA	-	4	6	1	2	-	6	1	-	-	20
T	-	3	13	2	2	-	3	2	3	-	28
11 x 11	1	2	3	-	-	-	3	1	-	-	10
85-E0	2	3	2	-	-	-	5	1	-	-	13
86-SCD	2	5	3	1	2	1	6	-	-	-	20
ENA-87	6	5	8	-	3	-	6	-	-	2	30
CRIOLLO	1	1	4	-	-	-	3	1	1	-	11
EPR	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2
ES	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	2
TOTAL	18	36	56	4	12	1	45	7	5	2	186

Cuadro 10. Frecuencias de Resultados de análisis de Taninos por clave

CLAVE	RANGO										TOTAL
	0.0 - 0.0099	0.01 - 0.019	0.02 - 0.029	0.03 - 0.039	0.04 - 0.049	0.05 - 0.059	0.06 - 0.069	0.07 - 0.079	0.08 - 0.089	0.09 - 0.099	
MG	4	7	6	10	6	2	-	-	-	-	35
P	3	7	2	3	-	-	-	-	-	-	15
T-87SA	7	5	6	2	-	-	-	-	-	-	20
T	8	8	3	5	2	-	2	-	-	-	28
11 x 11	1	-	2	4	-	-	2	-	1	-	10
85-E0	-	-	3	5	4	-	-	1	-	-	13
86-SCD	-	2	3	4	5	3	2	1	-	-	20
ENA-87	1	-	9	12	6	1	1	-	-	-	30
CRIOLLO	2	1	2	3	2	-	-	-	-	1	11
EPR	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2
ES	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	2
TOTAL	26	32	37	48	25	6	7	2	1	2	185

Cuadro 11. Frecuencias de Resultados de Analisis de Fenoles según clave

CLAVE	0.0 - 0.099	0.1 - 0.19	0.2 - 0.29	0.3 - 0.39	0.4 - 0.49	0.5 - 0.59	0.6 - 0.69	0.7 - 0.79	0.8 - 0.89	0.9 - 0.99	1.0 - 1.099	1.1 - 1.199	1.2 - 1.299	1.3 - 4.0	TOTAL DE MUESTRAS
M6	13	12	6	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	35
P	7	1	5	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	15
T-87SA	4	1	2	1	-	1	-	-	6	2	2	1	-	-	20
T	4	5	2	2	2	4	4	1	2	1	1	-	-	-	28
11 x 11	-	-	-	2	1	1	-	1	1	-	-	1	1	2	10
85-E0	6	2	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	13
86-SCD	6	-	2	3	2	2	1	2	-	-	1	-	1	-	20
ENA-87	7	3	5	1	1	-	2	4	3	2	2	-	-	-	30
CRIOLLO	-	-	1	1	-	3	1	3	-	-	-	1	-	1	11
EPR	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2
ES	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
TOTAL	47	24	24	14	11	12	9	12	12	6	6	3	3	3	186

Cuadro 12. Resumen de muestras aptas para el proceso de Nixtamalización.

Clave	Alcalis	Taninos Equiv. de catequina	Fenoles mg Acido Tánico/gramo	Porcentaje de muestras aceptadas
MG-301	1-2	0.000	0.262	-----+
MG-302	1	0.011	0.098	-----
MG-304	2	0.000	0.141	-----
MG-306	2	0.010	0.307	-----
MG-307	1-2	0.034	0.292	-----
MG-311	2	0.034	0.170	-----
MG-312	1	0.033	0.201	-----
MG-314	1-2	0.014	0.355	-----
MG-315	1	0.035	0.185	-----
MG-319	2	0.034	0.099	-----
MG-320	1-2	0.034	0.068	-----
MG-321	1-2	0.047	0.020	-----
MG-324	1-2	0.037	0.035	-----
MG-325	2	0.026	0.130	-----
MG-326	2	0.036	0.051	-----
MG-327	1-2	0.041	0.052	-----
MG-328	1	0.042	0.004	-----
MG-329	2	0.020	0.163	-----
MG-330	2	0.005	0.147	-----+
36-P-301	2	0.025	0.262	-----+
37-P-302	1-2	0.019	0.244	-----
38-P-303	2	0.011	0.209	-----
39-P-304	2	0.011	0.145	-----
41-P-306	1-2	0.035	0.000	-----
42-P-307	1	0.004	0.000	-----
43-P-308	1-2	0.011	0.000	-----
44-P-309	1	0.004	0.000	-----
45-P-310	2	0.035	0.000	-----
46-P-311	1-2	0.031	0.210	-----
47-P-312	1-2	0.019	0.000	-----
50-P-315	2	0.019	0.229	-----+
56-T-87SA-544	1-2	0.007	0.294	-----+
65-T-87SA-633	1-2	0.020	0.000	-----
66-T-87SA-646	2	0.006	0.106	-----
67-T-87SA-659	1-2	0.003	0.000	-----
70-T-87SA-687	1-2	0.010	0.041	-----+
74-T-24-87SA-736	2	0.019	0.095	-----+
75-T-25-87SA-743	2	0.027	0.370	-----
81-T-31-87SA-804	2	0.011	0.164	-----
97-T-47-87SA-1688	1-2	0.038	0.114	-----
98-T-48-87SA-1712	2	0.035	0.000	-----+
85-EO-137	1-2	0.037	0.000	-----+
85-EO-148	2	0.044	0.387	-----
85-EO-239	1-2	0.034	0.000	-----
85-EO-321	1	0.024	0.000	-----
85-EO-341	2	0.024	0.079	-----
85-EO-924	1	0.042	0.000	-----+
86-SCP-156	1-2	0.037	0.254	-----+

54.28

80

25

17.86

46.15

Cuadro 12. Resumen de muestras aptas para el proceso de Nixtamalización.

Clave	Alcalis	Taninos Equiv. de catequina	Fenoles mg Acido Tánico/gramo	Porcentaje de muestras aceptadas
86-SCP-862	1-2	0.016	0.008	}
86-SCP-ES-900	1-2	0.012	0.319	
86-SCP-1435	2	0.025	0.000	
86-SCP-1477	1	0.041	0.000	
86-SCP-1488	2	0.042	0.317	
ENA(CS-3541xLiberal)-87-1	1	0.038	0.022	-----+
ENA(TAM 428xPorvenir)-87-2	1-2	0.024	0.000	}
ENA-87-7	1	0.035	0.000	
ENA-87-9	2	0.034	0.195	
ENA-87-12	1	0.045	0.288	
ENA-87-13	2	0.047	0.200	
ENA-87-15	2	0.038	0.300	
ENA-87-31-EPR-130	2	0.047	0.239	
ENA-87-33	1-2	0.041	0.137	
ENA-87-34	2	0.028	0.268	
Criollo Liberal	1	0.024	0.282	

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS PARA PRUEBAS DE ALCALI

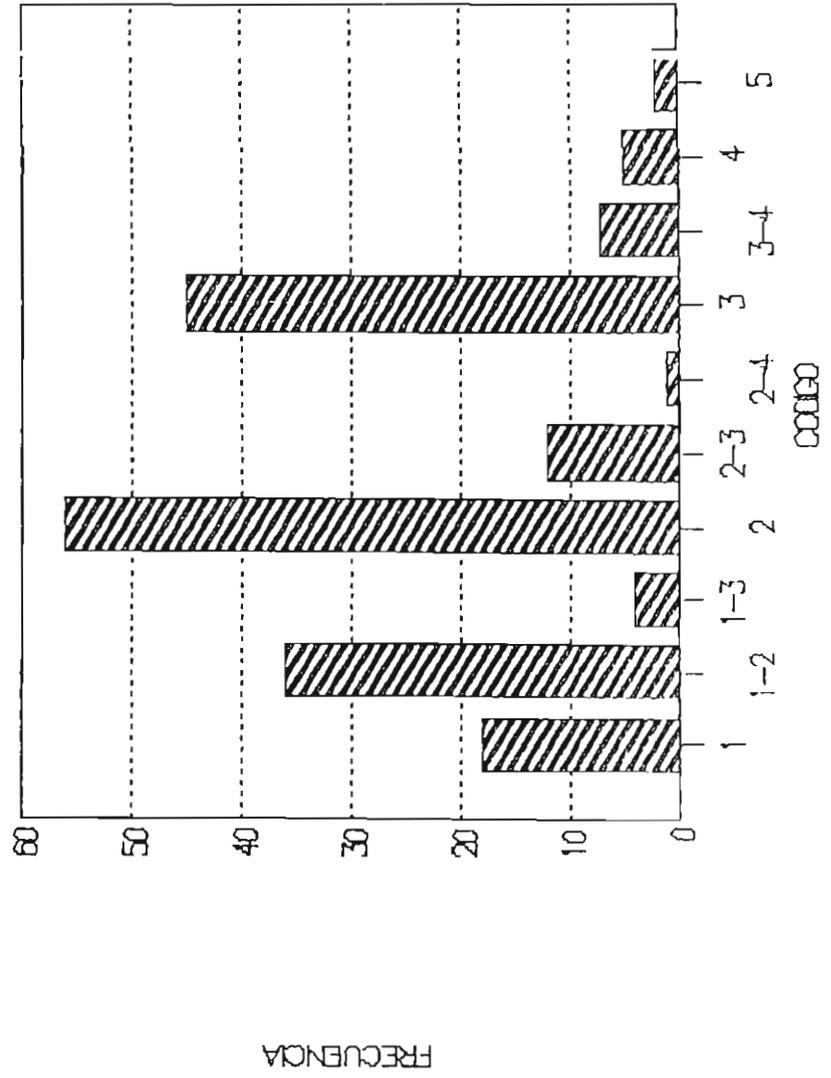


GRAFICO No. 1 Distribución de Frecuencias
para prueba de Alkali

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS PARA ANALISIS DE TANNINOS

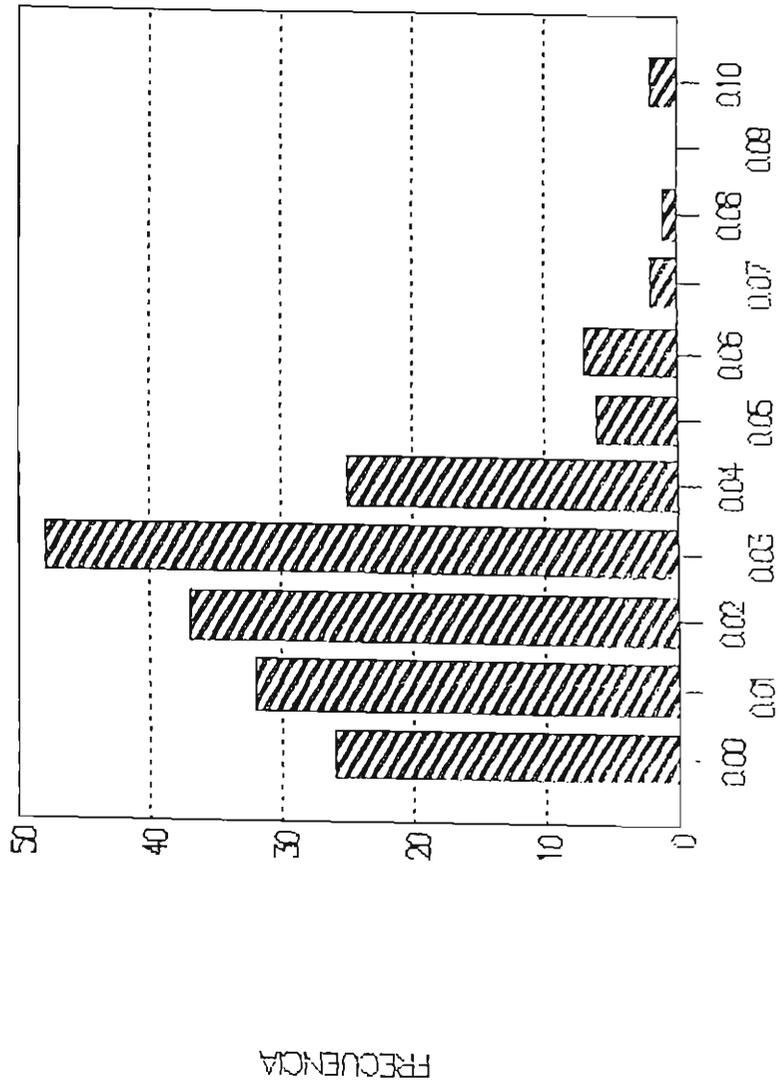


GRAFICO No. 2 Distribución de Frecuencias
para Análisis de Taninos

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS PARA ANALISIS DE FENOLES

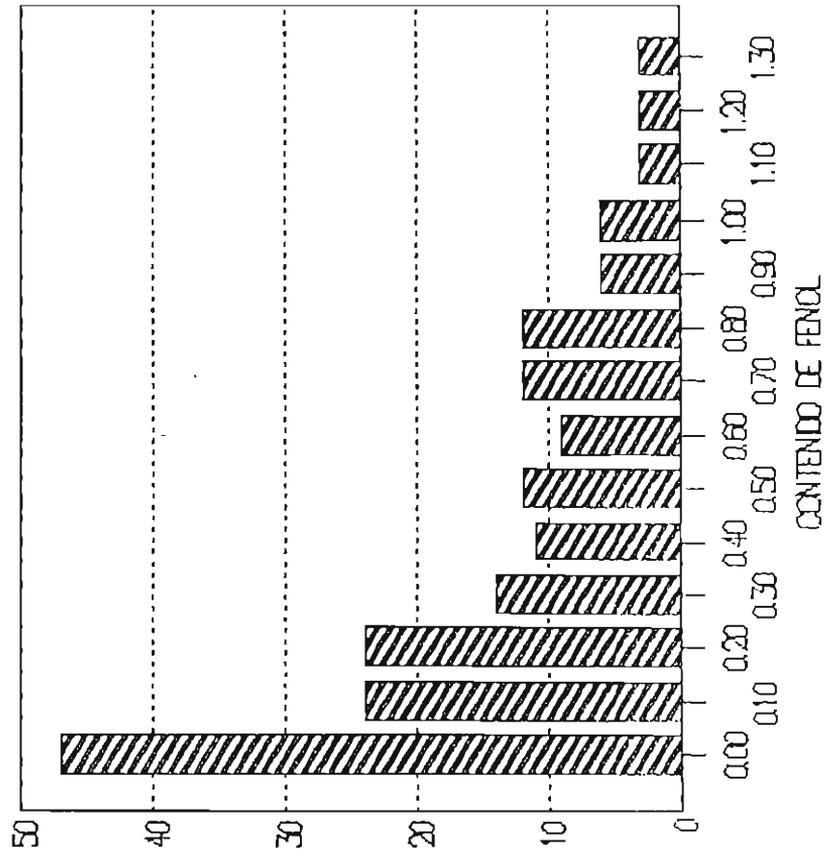


GRAFICO No. 3 Distribución de Frecuencias
para Análisis de Fenoles

C O N C L U S I O N E S

1. De las muestras analizadas, 64 fueron seleccionadas como aptas para el proceso de nixtamalización predominando las líneas P, MG, 85-EO, ENA-87, 86-SCP, T-87SA, T y una variedad Criolla.
2. El mayor porcentaje (80%) de muestras aptas para nixtamalización se presentó en la línea P lo que la hace la línea más promisoría para continuar su evaluación en el mejoramiento genético y su posible uso para consumo humano.
3. Entre las muestras analizadas, las catequinas fueron el grupo que se encontró en menor proporción como componente de los polifenoles
4. Los resultados obtenidos en los análisis de taninos, fenoles y cocimiento alcalino, no presentaron relación entre ellos, debido probablemente a interferencias que pudieron repercutir en las determinaciones analíticas y posteriormente, en la selección de materiales como: no uniformidad o pureza de los materiales que componían cada una de las muestras así como la presencia de insectos y hongos como contaminantes.

R E C O M E N D A C I O N E S

1. Las muestras pertenecientes a las líneas detalladas en el Cuadro 12 (34.41% del total analizado), deben ser incluidas en futuros proyectos de nixtamalización y estudios biológicos, a fin de evaluar su aptitud molinera y propiedades nutritivas, respectivamente
2. Es necesario que los fitomejoradores continúen las pruebas de mejoramiento genético de las líneas analizadas a fin de obtener materiales que presenten relaciones más estrechas entre el contenido de taninos y fenoles, así como buenas características agronómicas.
3. Evaluar los métodos y técnicas de obtención, recolección y selección de muestras a nivel de campo para lograr una mejor respuesta en sus determinaciones químicas.
4. Establecer una eficiente coordinación entre los requerimientos del químico y del fitomejorador en cuanto a la recolección de las muestras que se van a analizar, procurando que presenten el mínimo ataque de insectos y hongos durante el período de almacenamiento.

5. Dedicar esfuerzos para evaluar permanentemente los métodos analíticos establecidos para estas prueba y lograr una mayor especificidad y precisión en los resultados , así como mantener los contactos necesarios con los responsables del laboratorio de calidad del ICRISAT, CIMMYT e INIFAP; y poder de dicha forma hacer una mejor interpretación de los resultados
6. Es importante realizar análisis químicos predictivos tales como : cocimiento alcalino, contenido de taninos y fenoles en el grano de sorgo previo a llevar a cabo un proceso de nixtamalización , así como evaluar los Indices de Eficiencia Proteica en el material procesado.

R E S U M E N

El aumento de la población y la escasez de alimentos en nuestro país hace necesaria la búsqueda de nuevos recursos a bajo costo; con este fin se procedió a evaluar el potencial alimenticio del grano de sorgo para utilizarlo sólo o en combinación con el maíz para la elaboración de tortillas.

Las limitantes que el sorgo presenta en su utilización para consumo humano son : el oscurecimiento de la tortilla, la disminución de la digestibilidad y del valor nutritivo del grano, causado por la presencia de un alto contenido de polifenoles.

Por lo anterior es necesario evaluar el contenido de estos elementos en líneas de grano de sorgo a utilizarse en la selección de materiales para procesos de nixtamalización, lo cual constituyó el principal objetivo de este trabajo.

Para obtener estos resultados se utilizó el método de cocimiento alcalino basado en el color desarrollado por el grano en presencia de hidróxido de sodio y calor, determinación de taninos como catequina (Método de Vainillina) y determinación de Fenoles (Método de

Azul de Prusia modificado).

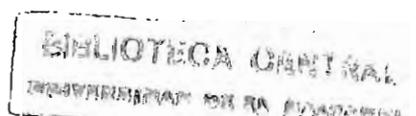
Se analizaron 186 muestras repartidas en diez líneas y una variedad, de las cuales 64 muestras resultaron seleccionadas para el proceso de nixtamalización; debido a que presentaron color amarillo y crema en la prueba de álcali, por poseer un contenido de equivalentes de catequina menor a 0.05 y 0.4 mg de ácido tánico por gramo de sorgo.

Entre las muestras seleccionadas predominaron las líneas MG, P, T-87SA, T-85-ED, 86-SCP, ENA-87 y una variedad Criollo presentándose el mayor porcentaje en la línea P.

Existieron variables que influyeron en las determinaciones analíticas como heterogeneidad de materiales componentes de la muestra, presencia de insectos y hongos como contaminantes.

Se recomienda establecer una mejor selección de materiales a nivel de campo y mayor coordinación entre químico y fitomejorador así como mantener los contactos necesarios con laboratorios internacionales (ICRISAT, CIMMYT e INIFAP) para lograr mayor especificidad y precisión de los métodos analíticos.

utilizados y realizar una mejor interpretación de resultados.



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

- ALAS GARCIA, A.E., OTROS. (1980). Caracterización Nutricional de Granos Básicos. Tesis Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. Págs. 40, 64-67.
- AXTELL, GEBISA, EJETA, MUNCK. (1982). Calidad Nutricional del Sorgo. Sorgo en los Ochenta. Volumen II. International Crops Research. Institute for the semi-arid tropics (ICRISAT). India. Págs. 589-591.
- BAKSHY, A.K.; CHEBBER, E.; AXTELL, J.D. (1977). Efectos de la decorticación sobre el contenido de taninos, distribución de proteína y calidad de los sorgos con alto y bajo contenido de taninos. Annual Report on Inheritance and Improvement of protein quality and content in Sorghum bicolor (L. Moench). April 1, 1976 March 31, 1977. Purdue University. USA. Págs. 15.
- ; TOMICH, J.M. (1977). Interacción de los Taninos del sorgo con las Enzimas Digestivas. Annual Report on Inheritance and Improvement of protein quality and content in Sorghum Bicolor (L.) Moench. April 1, 1976- March 31, 1977. Purdue University. USA. Págs. 16, 17.

BEDOLLA, S.; ROONEY, L.W. (1982). Utilización del Sorgo en la Elaboración de tortilla. Proceedings of the Grain Quality Workshop for Latin America. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (CIMMYT). México. Págs. 113, 114, 115.

BRAND, A.A.; RUIZ R., J.C. (1982). Análisis y Evaluación de Calidad del grano de Sorgo. Sorghum bicolor (L) Moench para consumo Humano. Informe de Trabajo. Laboratorio de Tecnología de Alimentos. ICRISAT-CIMMYT-INIFAP. El Batán, México. Págs. 44, 45.

BRESSANI, R. (1985). El Sorgo en la Alimentación Humana. IV Reunión Anual de la Comisión Latinoamericana de Investigadores del Sorgo (CLAIS) 28-31 Oct, 1985. Memoria. Guatemala. Págs. 86-102

-----, ELIAS, L.G. (1985). Estudios sobre la Utilización y el Procesamiento de Sorgo. Proyecto Subprograma A. Estudios sobre Cereales. Informe Anual. Suplemento de Investigación. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Guatemala. Págs. 4

BUTTNER, L.G.; PRICE, M.L. (1977). Progreso Bioquímico de los Taninos. Annual Report on Inheritance and Improvement of Protein quality and Content in Sorghum bicolor (L) Moench. April 1, 1976-March 31, 1977. Report No.13. Prepared by John D. Axtell. Purdue University, USA. Págs. 4-12.

-----; ROGLER, J. (1985). Enhancement of High Tannin Sorghum Utilization: Characterization, Metabolism and Detoxication of Sorghum Tannins and other Polyphenols. Fighting Hunger with Research. A five year Technical Research Report of the Grain Sorghum/Pearl Millet. Collaborative Research Support Program (INTSORMIL) Purdue University. Págs. 121-157

CEA, I.A.; RAM REZ, M.J. (1987). Análisis y Evaluación de Calidad de Grano de Sorgo. Sorghum bicolor (L) Moench para Consumo Humano. Caracterización, Uso y Criterios de Selección. Laboratorio de Tecnología de Alimentos. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Informe de Trabajo. El Batán, México. Págs. 3-29, 43-50, 69-89.

CEJUDO, H. (1985). Criterios de Selección de Cultivares de Sorgo para el Uso del Grano en la Alimentación Humana. IV Reunión Anual de la Comisión Latinoamericana de Investigaciones del Sorgo (CLAIS). Guatemala. Memoria. Págs. 56, 57.

CLARA, R.; CORDOVA, R.H.; COTO AMAYA, H. (1983). Formación de Variedades de Sorgo de Polinización Libre para grano y Forraje. Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA). Memoria de XXIX Reunión. Tomo IV. Abril 5-8, 1983. Panamá. Págs. 1-4.

-----; VEGA LARA, R. (1984). Conozca la variedad de Sorgo Centa S-2. Boletín Técnico No. 11. Centro de Tecnología Agrícola (CENTA). El Salvador. Págs. 1

CRUZ MORAN, D.C. (1987). Determinación del Valor Nutritivo de Treinta Plantas Comestibles No Tradicionales. Tesis Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. Págs. 31

DURAN DE BAZUA, C. (1988). Una Nueva Tecnología para la Extrusión Alcalina de Maíz y Sorgo. Proyecto Multinacional de Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de Desarrollo

Científico y Tecnológico. Organización de Estados Americanos (OEA). México. Págs. 8,9

FEATHERSTON, W. R.; ROGLER, J. C. (1977). Investigaciones en la Relación de Los Taninos del Grano y el Valor Nutritivo. Annual Report on Inheritance and Improvement of Protein Quality and Content in Sorghum bicolor (L) Moench. April 1, 1976-March 31, 1977. Purdue University. USA. Págs. 21-23.

HERRERA, A. V. (1982). Uso del Sorgo en la Alimentación Humana en El Salvador. Proceedings of the Grain Quality Workshop for Latin America. Sorghum\Millet Collaborative Research Support Program (INTSORMIL). Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INTA). The International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics (ICRISAT). México. Págs. 16-24

JUAREZ VASQUEZ, M. A. (1977). Aspectos Económicos del Maicillo en El Salvador. Publicaciones Varias No.2. Centro Nacional de Tecnología Agrícola (CENTA). El Salvador. Págs. 2,3

KIRK, R. E.; OTHMER, D. F.; otros (1962). Enciclopedia de Tecnología Química. Tomo II. Primera Edición en Español. Unión Tipográfica. Editorial Hispano Americana. México. Págs. 523-553

MOSCOSO, W. (1984). Perspectivas del Sorgo Blanco en la Alimentación Humana en la República Dominicana. Primer Seminario Nacional sobre Producción y Utilización del Sorgo. Secretaria de Estado de Agricultura CESDA/INTSORMIL. Marzo 26-28, 1984. Santo Domingo. República Dominicana. Págs. 5-69

MORRISON, R. T.; BOYD, R. N. (1976). Química Orgánica. Fondo Educativo Interamericano. Versión en Español de Peter Fredler. México. Págs. 808-827

MURTY, D. S. ; HOUSE, L. R. ; ROONEY, L. W. (1984). Usos Alimenticios del Sorgo a Nivel Mundial. Primer Seminario Nacional sobre Producción y Utilización del Sorgo. Secretaria de Estado de Agricultura (CESDA-INTSORMIL). Santo Domingo. República Dominicana. Págs. 68-71

- ORTIZ, R. (1988). Informe de Labores Realizados por el Programa Nacional de Sorgo de El Salvador durante 1988. VI Taller de la Comisión Latinoamericana de Investigadores del Sorgo (CLAIS). Memoria. El Salvador. Págs. 53
- QUER, P.F. (1953). Diccionario de Botánica. Editorial Labor. España.
- QUINBY, J.R.; KRAMER, N.W. ; otros (1958). Grain Sorghum Utilization. Grain Sorghum Production in Texas. Bolletín 912. Texas Agricultural Experiment Station. Department of Agricultural. USA. Page 6
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (1984). Diccionario de la Lengua Española. Tomo I y II. Vigésima Edición. Talleres Gráficos de la Editorial. Madrid, España.
- ROONEY, L.W. (1985). Food and Nutritional Quality of Sorghum Fighting Hunger with Research. INTSORMIL. Texas A. & M. University. USA. Edited by Judy F. Winn. Page 121-157

-----; MILLER, F.R. (1984). Variación en la Estructura y Características del Grano de Sorgo. 1er. Seminario Nacional sobre Producción y Utilización del Sorgo. Centro Sur de Desarrollo Agropecuario (CESDA). Santo Domingo, República Dominicana. Págs. 83-100

-----; MURTY, D.S. (1982). Evaluation of Sorghum Food Quality. Sorghum in the Eighties. Vlm. II. Section 7. International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics (ICRISAT). India. Page 571-588

SANCHEZ, L.M.; SALAZAR, M.G. (1982). Fortificación de la Harina de Sorgo Nixtamalizado para tortillas, Utilizando Soja, Lisina y Metionina. Proceedings of the Grain Quality Workshop for Latin America. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Universidad de Sonora, México. Págs. 116-121

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. Análisis Físico Químico y Proceso de Nixtamalización. Instituto de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central. Laboratorio de Calidad. Págs. varias

TYLER, VARRD E.; (1979). *Farmacognosia*. Segunda Edición Argentina. Páginas 89,90.

UMAÑA ROJAS, M.R.; ALVARENGA MONTIEL, D.R. (1988). *Formación de Híbridos de Maíz (Zea mays) de Alta Calidad Proteínica*. Tesis. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador, San Salvador. El Salvador. Págs. 99-103.

VASQUEZ CARRILLO , M.G.; COMPTON, P. ; CLARA, R. *Dureza Relacionada con Propiedades de Nixtamalización en Sorgo. Sorghum bicolor (L) Moench* Folleto. Págs. varias.

WALLS, J. ; ROSS, W. (1975). *Producción y Usos del Sorgo*. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional AID. México / Buenos Aires, Argentina. Editorial Hemisferio Sur. 1a. Edición. Págs. 3-29, 43-50, 69-89.

A P E N D I C E

A. - ANALISIS QUIMICO

1. - Determinación de alcalis (Cocimiento Alcalino)

1.1 Equipo.

Olla de ebullición para baño de María

Hot Plate

Cronómetro

1.2 Material

Tubos de ensayo de 30 ml.

Pipetas volumétricas de 1 ml.

Tapones de hule

Toallas de papel

1.3 Reactivos.

Hidróxido de Sodio (Q.P.) en perlas

1.4 Procedimiento

-Colocar 5 granos de sorgo en un tubo de ensayo.

-Agregar 1 ml. de agua destilada y 2 perlas de Hidróxido de Sodio (Q.P.).

-Agitar el tubo hasta que las perlas se disuelvan totalmente.

-Colocar el tubo en una olla para ebullición, y someter a baño de María por un periodo de 1:45 horas.

-Retirar los granos del tubo y colocarlos sobre papel toalla, con el fin de secarlos y poder hacer la observación visual, sobre una superficie blanca.

1.5 Interpretación.

En esta prueba es posible determinar 5 diferentes tipos de respuesta que responde a la siguiente escala de colores y valor codificado de selección. Los valores de código 1 y 2 son considerados aptos para ser nixtamalizados.

COLOR	CODIGO
Crema o amarillo claro	1
Amarillo	2
Café claro	3
Rojo ladrillo	4
Morado	5

2. Determinación de Humedad

2.1 Equipo

Balanza analítica Sartorius

Desecador

Estufa al vacío

Estufa

2.2 Material.

Cápsulas de aluminio
Espátulas
Bandejas de acero inoxidable
Pinzas
Brocha o pincel
Pistilo y mortero
Toallas de papel

2.3 Reactivos.

Muestra: Granos de sorgo triturados

2.4 Procedimiento.

Colocar la cápsula de aluminio y su tapa, bien limpios y secos, en la estufa a 105°C durante 30 minutos.

Colocar la cápsula y su tapa en el desecador auxiliándose de pinzas para evitar engrasarla.

Dejar enfriar.

Pesar exactamente y anotar su peso.

Pesar 2.0 gramos de muestra homogénea.

Colocar la cápsula con muestra húmeda en la estufa de vacío a 130°C durante 1 hora.

Retirar la cápsula de la estufa al vacío, taparla y dejarla enfriar en el desecador.

Pesar exactamente y anotar el peso.



Calcular el porcentaje de humedad con la siguiente fórmula :

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{(b - c)}{(b - a)} \times 100$$

En donde:

a = Peso de cápsula vacía.

b = Peso de cápsula con muestra húmeda.

c = Peso de cápsula con muestra seca.

3.-DETERMINACION DE TANINOS

3.1 Equipo.

Agitador magnético Shaker, modelo 75

Balanza analítica Sartorius

Centrífuga Damon /IEC Divis. modelo HT

Colorímetro Boush & Lomb . modelo Spectronic 20

Molino tipo Ciclón VOY con malla 0.4mm

3.2 Material.

Balones volumétricos de 100 ml.

Baño de María

Erlenmeyer de 50 ml.

Probetas de 5 y 10 ml.

Buretas de 10 ml.

Tubos de colorímetro

Tubos de centrífuga

Tubos de Ensayo

3.3 Reactivos.

1. Acido Clorhídrico-Metanol 4 %
4 ml. de Acido Clorhídrico concentrado aforados a 100 ml. con Metanol.

 2. Acido Clorhídrico-Metanol 8 %
8 ml. de Acido Clorhídrico concentrado aforados a 100 ml. con Metanol.

 3. Vainillina-Metanol 1%
1 gramo de Vainillina y llevar a 100 ml. con Metanol.

 4. Solución de Catequina 0.6 mg/ml.
60 mg de Catequina y llevar a 100 ml. con Metanol.
- 1 y 2 pueden conservarse en cuarto frío a 4 C por una semana.
- 2 y 3 se mezclan en volúmenes iguales el día del ensayo.
- 3 y 4 se preparan el mismo día del ensayo.

3.4 Procedimiento

Preparación de Standards

Pesar 60 mg de Catequina y diluir en Metanol. Llevar a un volumen de 100 ml.

Correr la Curva Standard A

mg Catequina	Solución de Catequina	Metanol
0.60	1.00 ml	0.00 ml
0.48	0.80 "	0.20 "
0.36	0.60 "	0.40 "
0.24	0.40 "	0.60 "
0.12	0.20 "	0.80 "
0.00	0.00 "	1.00 "

Para preparar la Curva Standard A:

- Colocar en tubos de ensayo las correspondientes cantidades de Catequina y Metanol de modo que todos contengan un volumen de 1 ml.
- Añadir 5 ml. de la mezcla de reactivos 2 y 3 a cada tubo.
- Agitar los tubos y dejarlos en baño de María a 30°C por 20 minutos.
- Leer en el colorímetro Boush & Lomb la Absorbancia de cada Standard.

Preparación de Muestra

- Colocar en frascos erlenmeyer de 50 ml., 500 mg de la muestra, agregar 10 ml. de metanol. Colocar tapones de hule sujetandolos con cinta adhesiva. Colocar en baño de María a 30 °C por 20 minutos, agitando a la vez en un agitador magnético colocando el dial en el No. 5 .
- Pasar el contenido del frasco erlenmeyer a tubos de centrifuga, sin importar que quede muestra en el erlenmeyer porque se supone que en el Metanol se encuentra la Catequina extraída.
- Centrifugar por 20 minutos a 2000 r.p.m.
- Tomar 2 ml. del sobrenadante para poner 1 ml. en 2 tubos de ensayo: muestra y blanco.
- Añadir al tubo muestra 5 ml. de la mezcla de reactivos 2 y 3 y al tubo blanco, 5 ml. del reactivo 1.
- Agitar los tubos y dejarlos en baño de María a 30°C por 20 minutos.
- Leer en el colorímetro Boush & Lomb a 500 nm.

Cálculo de Equivalentes de Catequina

Los Equivalentes de Catequina se determinan por la fórmula siguiente:

$$\frac{d}{b} \times D.O.C. = \text{Equiv.de Catequina} \times \frac{100}{100 - H \%}$$

$$\text{De donde Equiv.de Catequina} = \frac{d}{b} \times \text{D.O.C.} \times \frac{100 - \text{HZ}}{100}$$

En la que d: en función del peso de muestra y volumen de extracción.

b: Pendiente de la curva Patrón (Determinado por el método estadístico).

D.O.C.: Densidad Óptica Corregida (Densidad óptica de muestra - Densidad óptica del blanco).

HZ: Porcentaje de Humedad de la muestra.

$$\text{Determinación de d : } \frac{100 \times 10}{\text{Peso de muestra mg}}$$

d: es 2 cuando se pesan exactamente 0.500g de muestra y se extrae en 10 ml de Metanol.

Determinación de Pendiente b: por el método estadístico

$$\text{Calcular b de las fórmulas } \Sigma Y = an + b\Sigma X \quad *$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 \quad **$$

ΣY = sumatoria de las densidades ópticas de las soluciones patrón

ΣX = sumatoria de las concentraciones reales de las soluciones patrón (mg/ml)

a = Intercepto en el eje Y

n = Número de patrones.

ΣXY = Sumatoria de los productos de las concentraciones por las densidades ópticas, ambos de las soluciones patrón.

ΣX^2 = Sumatoria de los cuadrados de las concentraciones reales de las soluciones patrón.

Ejemplo: Determinación de los Equivalentes de Catequina de la muestra 465

Peso muestra: 499.98 mg
Volumen de extracción: 10 ml de metanol
% Humedad: 11.5500%
D.O. muestra : 0.01
D.O. blanco : 0.001
D.O.C. = 0.01 - 0.001 = 0.009

Curva Patrón	Conc. mg/ml Catequina	D.O. sin patrón
	0.62080	0.229
	0.49664	0.204
	0.37248	0.171
	0.24832	0.120
	0.12416	0.061

De donde se obtiene que :

$$\Sigma X = 1.8624$$

$$\Sigma Y = 0.785$$

$$\Sigma XY = 0.3445438$$

$$\Sigma X^2 = 0.8478636$$

Sustituyendo estos valores en las ecuaciones * y **
simultaneando y despejando b tenemos :

$$b = 0.3382723$$

Luego sustituimos los términos en la fórmula

$$\text{Equiv. de Catequina} = \frac{d}{b} \times \text{D.O.C.} \times \frac{100 - \text{HZ}}{100}$$

$$\text{Equiv. de Catequina} = \frac{2.00008}{0.3382723} \times 0.009 \times \frac{100 - 11.5500}{100}$$

$$\text{Equiv. de Catequina Mtra.465} = 0.047 \text{ Equiv. de Catequina.}$$

4.-DETERMINACION DE FENOLES

4.1 Equipo.

Agitador Rotatorio modelo G-10

Centrífuga IEC modelo K3/4HP

Balanza analítica Sartorius

Molino tipo Ciclón VOY con malla 0.4mm

Cronómetros

Espectrofotómetros Perkin Elmer modelo Coleman 570

4.2 Material.

Matraces erlenmeyer de 125 ml.

Probetas graduadas de 50 ml

Pipetas volumétricas de 1, 3, 5, y 10 ml.

Vasos de Precipitados de 250 ml.

Matraces volumétricos de 10, 50, 100 y 500 ml.

Tubos de centrifuga

Frascos de vidrio de color ámbar de 500 ml.

Tapones de hule

Papel parafilm

4.3 Reactivos.

Acido Tánico (Baker 0377)

Metanol

Solución de Cloruro Férrico 0.01 M $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Pesar 2.7034 g. de Cloruro Férrico hexahidratado y diluir a 100 ml. con Acido Clorhídrico 0.1N, tomar 10 ml. de esta solución y diluir a 100 ml. con Acido Clorhídrico 0.1N. Envasar en frascos de vidrio color ámbar.

Solución de Ferricianuro de Potasio 0.0008M $\text{K}_3[\text{Fe}^{\text{+3}}(\text{CN})_6]$

Pesar 0.1317 g. de Ferricianuro de Potasio $\text{K}_3[\text{Fe}^{\text{+3}}(\text{CN})_6]$ y diluir a 500 ml. en agua destilada. Envasar en frasco de vidrio color ámbar.

4.4 Procedimiento

Preparación de Curva Standard

Preparar una curva standard disolviendo 0.100 g. de Acido Tánico en Metanol hasta 100 ml. para obtener una concentración de 1.0 mg/ml.

Tomar 10 ml. de esta solución y diluir a 100 ml. en metanol para obtener una concentración de 0.1 mg/ml.

Preparar con esta solución 11 tubos conteniendo diferentes concentraciones.

Tomar 1 ml. de cada tubo, transfiriendo a un matríz erlenmeyer de 125 ml., agregar 50 ml. de agua, 3 ml. de Cloruro Férrico 0.01M (FeCl_3) y 3 ml de Ferricianuro de Potasio 0.0008M $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Agitar y dejar reaccionar por 10 minutos.

Leer las Absorbancias en el espectrofotómetro Perkin Elmer, modelo Coleman 570 a 720 nm.

CURVA STANDARD - DETERMINACION DE FENOLES

Tubo	Dilución	Metanol	Concentración
#1	0 ml	10 ml	0.00 mg/ml
#2	1 ml	9 ml	0.01 "
#3	2 ml	8 ml	0.02 "
#4	3 ml	7 ml	0.03 "
#5	4 ml	6 ml	0.04 "
#6	5 ml	5 ml	0.05 "
#7	6 ml	4 ml	0.06 "
#8	7 ml	3 ml	0.07 "
#9	8 ml	2 ml	0.08 "
#10	9 ml	1 ml	0.09 "
#11	10ml	0 ml	0.10 "

Preparación de Muestra

- Moler el grano en un molino VDY tipo ciclón con malla 0.4 mm.
- Pesar 500 mg. de harina de sorgo colocándola en un matraz erlenmeyer de 125 ml.
- Agregar 25 ml de metanol, cubrir el tapón de hule con papel parafilm y tapar firmemente el erlenmeyer ajustando el tapón de hule con cinta adhesiva.
- Agitar el matraz durante 2 horas.
- Centrifugar parte de la muestra en tubo de vidrio a 3000 r.p.m. durante 10 minutos.
- Tomar una alicuota de 1 ml. del sobrenadante en un matraz erlenmeyer de 125 ml, agregar 50 ml de agua destilada.
- Agregar 3 ml de la solución de Cloruro Férrico 0.01M FeCl_3 y 3 ml. de Ferricianuro de Potasio 0.0008 M $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.
- Cronometrar 10 minutos a partir del instante en que se adicionó la primera solución para efectuar las lecturas de Absorbancia en el espectrofotómetro Perkin Elmer modelo Coleman 570 a una longitud de onda de 720 nm.
- Para eliminar la Absorbancia de los solventes y reactivos, se prepara un blanco, sustituyendo 1 ml. del sobrenadante por metanol y procediendo en igual forma

como en la muestra.

Cálculos

$$\frac{\text{mg. de ácido tánico}}{\text{gramo de sorgo}} = \frac{\text{D.O.} - a}{b} \times 100,000$$
$$= \frac{h (100 - \%H)}{h (100 - \%H)}$$

Donde: D.O.: Densidad Óptica de la Muestra

a : Absorbancia (ordenada al origen, intercepto)

b : Pendiente

% H : Porcentaje de Humedad

h : Peso de muestra (mg)

Volumen de solución extractante

$$b = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y) / n}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n}$$

$$a = \frac{\Sigma xy - (\Sigma y \Sigma x^2) / \Sigma x}{\Sigma x - (\Sigma x^2 / n) / \Sigma x}$$

X = Concentración de Patrones

Y = Densidad óptica de Patrones

n = Número de patrones

Ejemplo. Determinación de mg de ácido tánico/ g de sorgo de la muestra 592.

Peso muestra: 501.53 mg

Densidad Optica de muestra: 0.084

% Humedad : 12.2003

Volumen Extractante: 25 ml Metanol.

Curva Patrón	Concentración Patrones mg/ml	Densidad Optica
	0.100320	0.440
	0.090288	0.419
	0.080256	0.402
	0.070224	0.372
	0.060192	0.388
	0.050160	0.256
	0.040128	0.210
	0.030096	0.174
	0.020064	0.151
	0.010032	0.100

De donde se determina que:

$$\Sigma X = 0.55176$$

$$\Sigma Y = 2.8280$$

$$\Sigma XY = 0.189354$$

$$\Sigma X^2 = 0.088746794$$

$$b = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y) / n}{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n}$$

sustituyendo los valores antes mencionados en la fórmula:

$$b = 4.012614412$$

$$a = \frac{\Sigma xy - (\Sigma y \Sigma x^2) / \Sigma x}{\Sigma x - (\Sigma x^2 / n) / \Sigma x}$$

sustituyendo los valores antes mencionados en la fórmula:

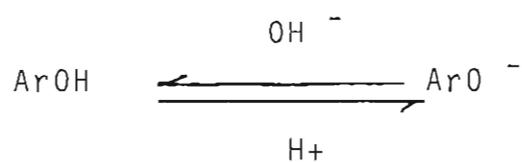
$$a = 0.06139997$$

Sustituyendo las variables en la fórmula tenemos

$$\text{mg ác.tánico / g sorgo} = \frac{0.084 - 0.06139997 \times 100,000}{4.012614412}$$
$$20.0612 \quad (100 - 12.2003)$$

$$\text{mg ácido tánico/g sorgo} = 0.319765531$$

REACCION QUIMICA PARA PRUEBA DE
ALCALIS



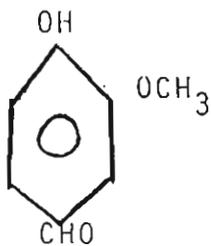
Un Fenol
(Acido)

Insoluble
en agua

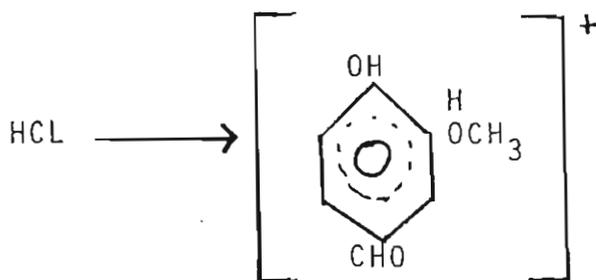
Un Ión
Fenóxido

(Sal)
Soluble en
Agua

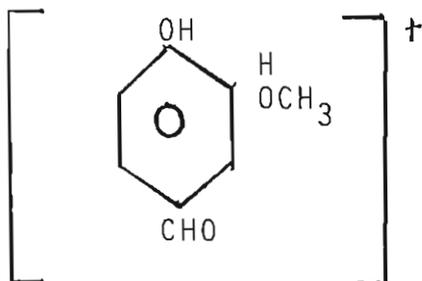
REACCION QUIMICA DE TANINOS



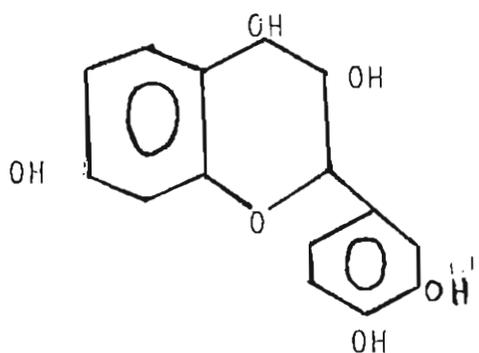
Vainillina



CL-

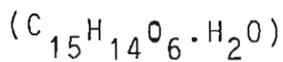


+



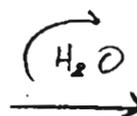
• 4 H₂O

Catequina



→

COMPUESTO INTERMEDIO



COMPUESTO

COLOR ROSA

REACCION QUIMICA DE FENOLES

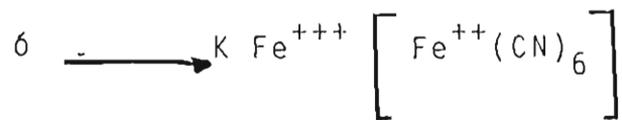
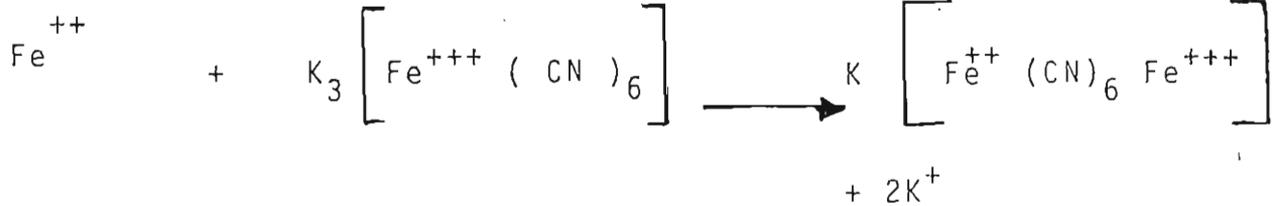


Cloruro Férrico

Fenol

Cloruro
Ferroso

Fenóxido



ION FERROSO

FERRICIANURO
DE POTASIO

FERRICIANURO FERRICO
DEPOTASIO

(AZUL DE PRUSIA)

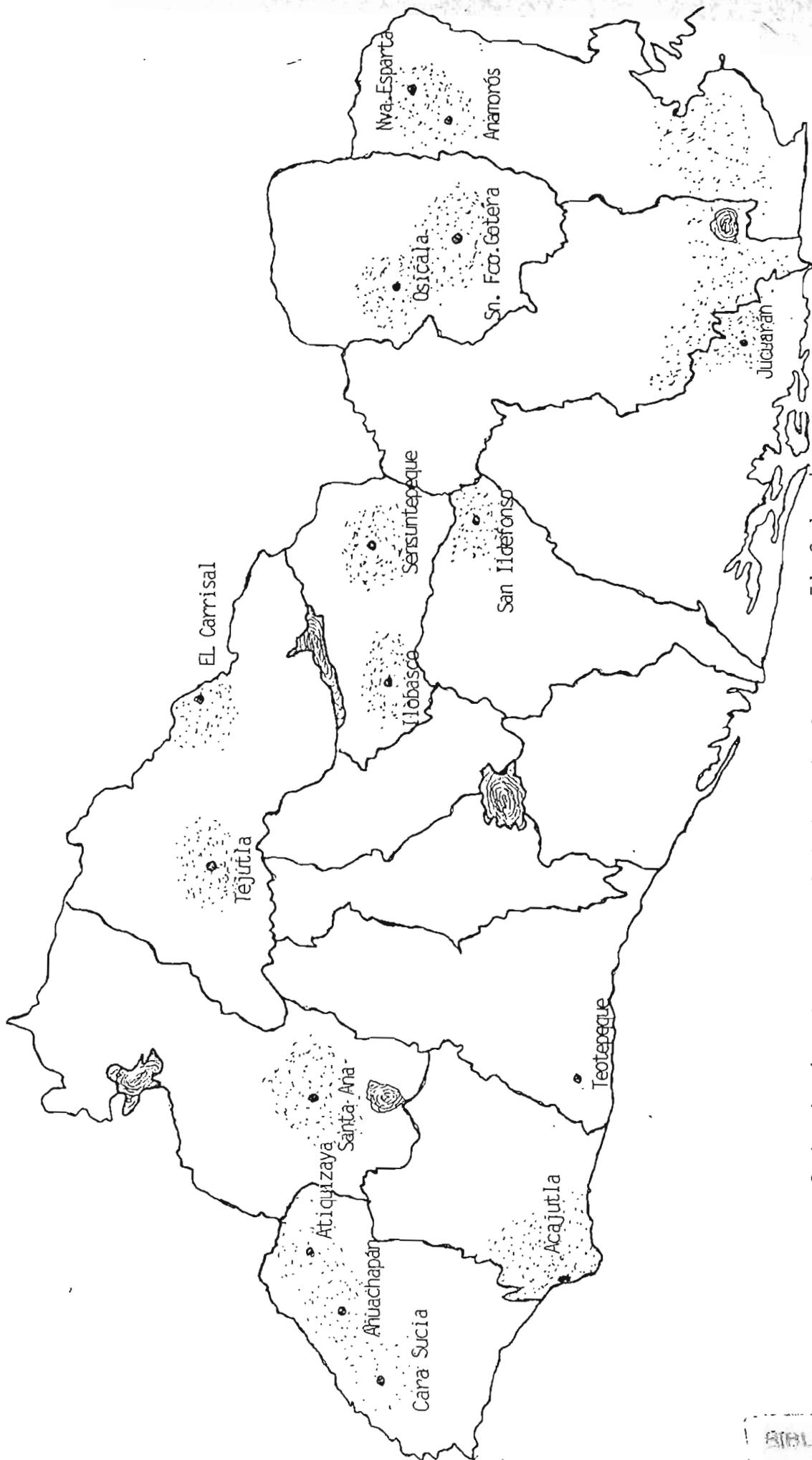


Figura No.1.-Principales Zonas de Cultivo de Sorgo en El Salvador
 Según Juárez Vásquez, M.A., 1977.

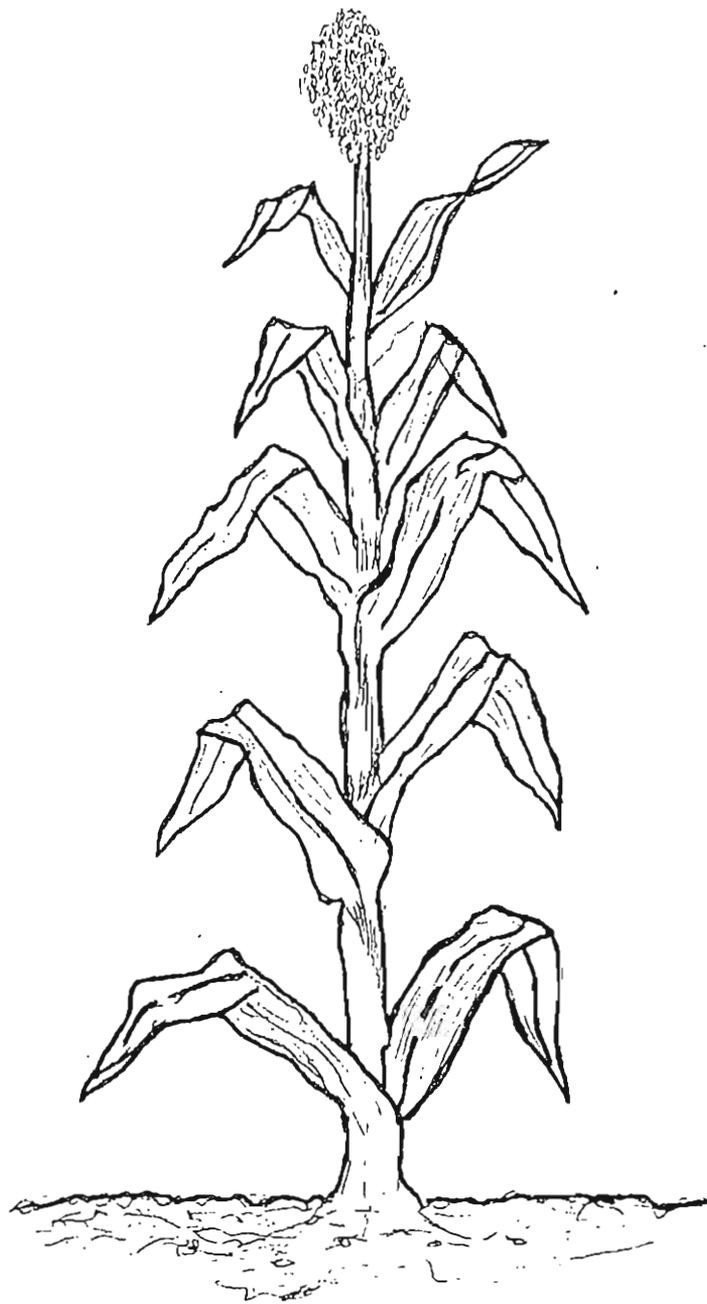


Figura No. 2 -Esquema de una plántula adulta
de sorgo. Sorghum bicolor(L) Moench

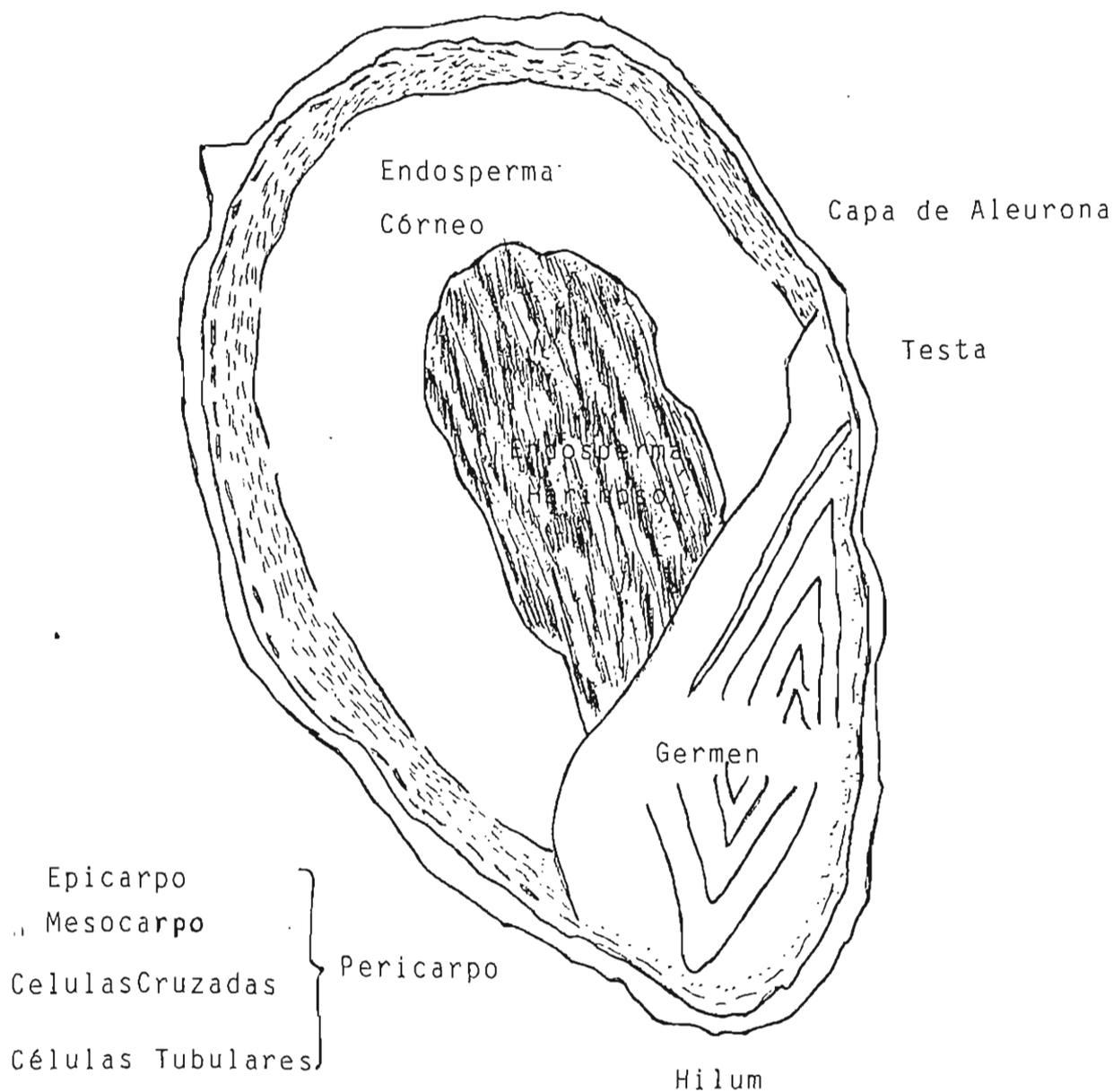
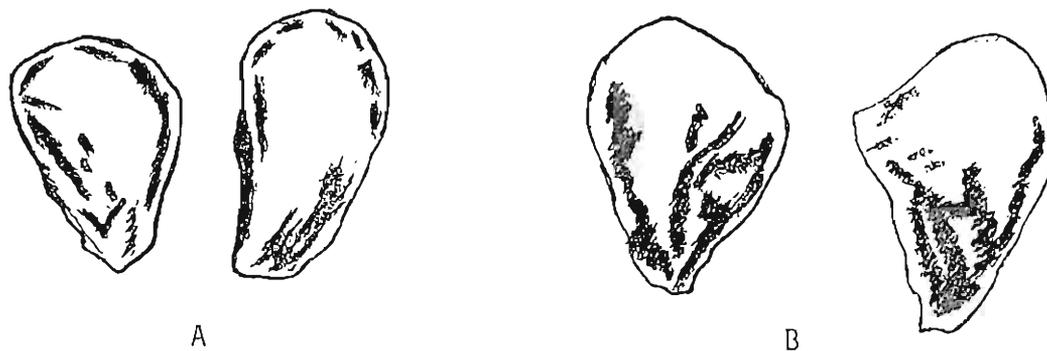
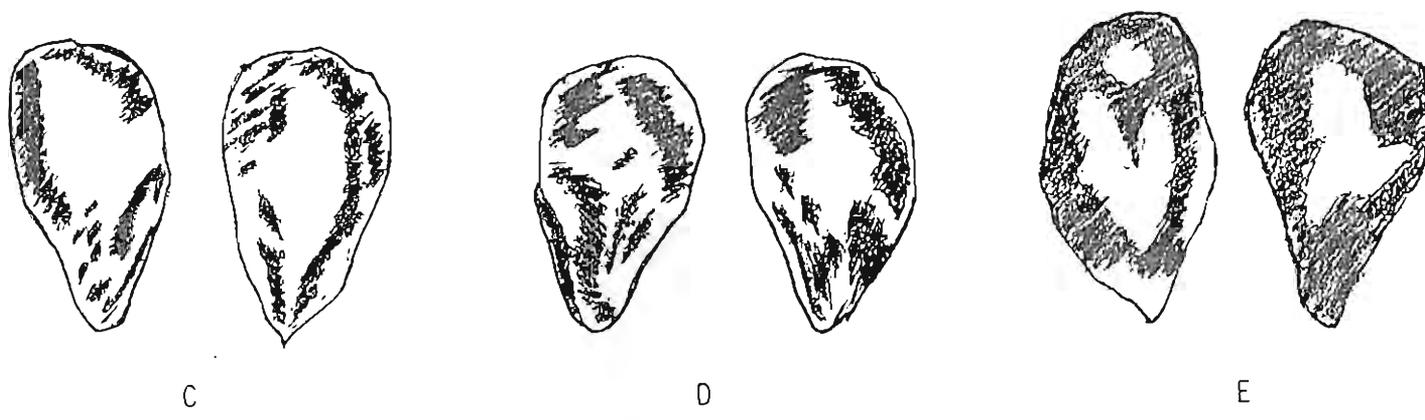


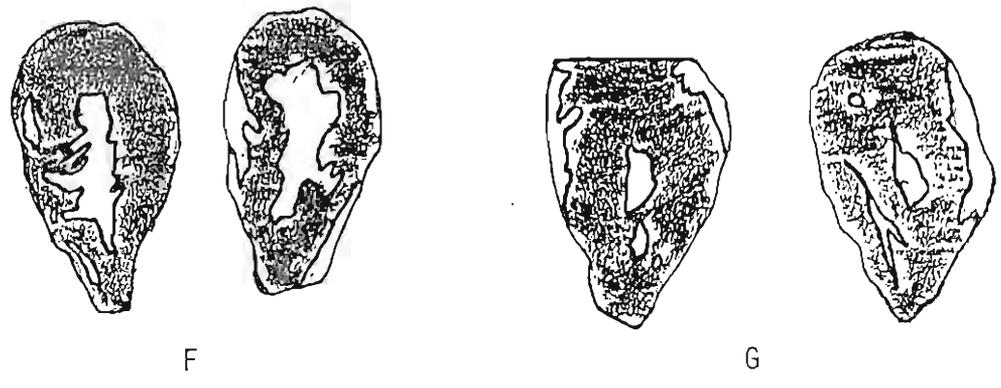
Figura No3. Esquema del Corte Transversal de un Grano de Sorgo, con sus partes delimitadas.



H A R I N O S O



I N T E R M E D I O



C O R N E O

Figura No. 4 Textura del endospermo de sorgo: Mitades de Longitudinales de granos de sorgo que muestran la variación de endospermos desde casi completamente córneos hasta otros completamente harisosos.

G L O S A R I O

Aminoácido indispensable o esencial. Es aquel que no puede ser sintetizado por el organismo o no puede ser sintetizado al ritmo lo suficientemente rápido con que se necesita, por lo que debe ser suministrado en la dieta.

Aminoácido Limitante: Es aquel aminoácido esencial que se encuentra en cantidades mínimas y que limita la utilidad de una proteína alimenticia como fuente proteica para la síntesis de las del organismo.

Antera: Parte del estambre, más o menos abultada, en que se contiene el polen.

Arepa: Pan de forma circular que se usa en América, compuesto de maíz salcochado, mojado y pasado por tamiz, huevos y manteca, y cocido al humo.

Astringente: Dícese de lo que en contacto con la lengua produce en ésta una sensación mixta entre la sequedad intensa y el amargor, como, especialmente ciertas sales metálicas.

Cariopsis: Fruto monospermo, seco o indehiscente, semejante a la nuez a al aquenio, pero con el pericarpio delgado y soldado al tegumento seminal, como el fruto de las gramíneas.

Coleoptilo: Vaina cerrada del embrión de las gramíneas y de otras monocotiledóneas, que representa la primera hoja de la plántula (aparte el cotiledón, convertido en escutelo), dentro de la cual se contiene la plúmula.

Coleorriza: Vaina cerrada del embrión de las gramíneas, dentro de la cual se contiene la radícula. Al desarrollarse ésta durante la germinación atraviesa la coleorriza y se hinca en el suelo.

Cruzamiento : Acción y efecto de cruzar plantas, para mejorar la especie.

Decorticar: Extirpar la corteza de una formación orgánica normal o patológica.

Digestibilidad de la proteína: Es el porcentaje de la ingesta de nitrógeno que se absorbe. El valor de digestibilidad, tiene influencia en el valor nutricional de los alimentos. La digestibilidad influye en la disponibilidad o utilización de la proteína.

Disponibilidad de un aminoácido: Es la capacidad de un aminoácido para ser absorbido y utilizado por el organismo, en el momento que se necesite para realizar una función .

Escutelo: Término propuesto por Gaertner para designar el cotiledón de las gramíneas.

Estigma: Porción apical de la hoja carpelar, de forma muy variada, frecuentemente provista de células papilares, y de la cual rezuma en muchos casos un humor azucarado y pegajoso.

Farináceo: Que participa de la naturaleza de la harina, o se parece a ella .

Forraje: Pasto seco conservado para la alimentación del ganado, y también los cereales destinados a igual uso.

Gémula: Yemecilla embrional, llamada por otro nombre plúmula. En el embrión de los antófilos, la yemecilla apical, situada entre ambos cotiledones en las dicotiledóneas.

Gen: Unidad de material hereditario que ocupa un locus definido en un cromosoma.

Genotipo: Son las características cualitativas hereditarias de un material o constitución genética.

Gluma: Cada uno de los dos hipsófilos (hojas superiores) estériles que suelen hallarse enfrentados en la base de las espículas o inflorescencia de las gramíneas. Son dos : gluma inferior y gluma superior.

Heterosis: Fenómeno por el cual los híbridos superan en vigor a sus progenitores. Se atribuye a la compensación de factores semilaterales o de menor viabilidad , que en el heterocigoto se cubren unos a otros; o a la reunión de factores de mayor vigor, de efecto acrecentado cuando se juntan; o a la desaparición de reagrupaciones cromosómicas detrimentales de la viabilidad por otras reagrupaciones más favorables .

Hibridación: Proceso mediante el cual se obtienen especímenes de calidad provenientes de dos o más líneas.

Híbrido: Es el primer resultado del cruzamiento de dos o más líneas puras que tengan características especiales.

Hipertrofia: Aumento excesivo del volumen de un órgano.

Índice de Eficiencia Proteínica (IEP): Es el método que expresa numéricamente el crecimiento estimulado por la proteína ingerida. Determina la ganancia en peso por gramo de proteína consumida. Es el índice para la evaluación del valor nutritivo de la proteína.

Inflorescencia: Recibe el nombre de inflorescencia todo sistema de ramificación que se resuelve en flores. Supone una ramificación, y como ésta, en líneas generales, es constante para cada especie vegetal.

Lema: Glumela inferior de la espícula de las gramíneas, que corresponde a una bráctea fértil y florífera.

Línea: Se forman a través de autofecundaciones sucesivas en diferentes materiales genéticos.

Monogástrico: Que no tienen más que un vientre o estómago.

Nixtal: ^{ma/} Se le llama a la masa de harina de maíz previamente cocido con agua de cal y luego molida.

Nixtamalización : Del Nahuatl Nextri, cenizas de cal y tamalli, masa de maíz cocida. Este proceso es una lixiviación alcalina en caliente en la que el Árc

superficial para la transferencia de masa y calor es el factor limitante. Por ende, mientras mayor sea el área de transferencia, más eficaces serán los fenómenos de transporte de iones calcio e hidróxido y como consecuencia de estos fenómenos aumentarán las velocidades de las reacciones químicas.

Palatabilidad: Calidad de un alimento de ser grato al paladar.

Panoja: o Panícula es la inflorescencia compuesta de tipo racemosa, en la que los ramitos van decreciendo de la base al ápice, por lo que toma aspecto piramidal.

Pienso: Porción de alimento seco que se da al ganado.

Plántula: EL embrión ya desarrollado como consecuencia de la germinación; plantita recién nacida.

Polinización Libre: Es el proceso por el cual las plantas se fecundan unas con otras de la misma especie, al saltar libremente el polen

Pozol: En Costa Rica y Honduras, Pozole se le llama al guiso de maíz tierno, carne y chile con mucho caldo. En Guatemala designa al maíz pulverizado.

Sémola : Trigo quebrantado.

Taninos: Son sustancias químicas complejas; a menudo se presentan como mezclas de polifenoles, muy difíciles de separar porque no cristalizan. Algunos autores prefieren denominarlos "extractos de tanino" y no "taninos". La determinación de éstos es importante porque suele considerarse que los taninos complejos se forman a partir de los polifenoles por polimerización. Muchos taninos condensados nunca fueron aislados ni caracterizados; por esta razón no se conoce con certeza su desarrollo biogenético.

Valor Biológico de Una Proteína: Es la evaluación única y Exclusiva de la cantidad de aminoácidos esenciales disponibles al animal, para satisfacer sus respectivos requerimientos durante la situación fisiológica en que se encuentra. Es un método que se utiliza para determinar la "calidad nutricional de una proteína".

Variedad: Significa ensamblaje de fenotipos relativamente uniformes, que presentan la fracción superior de una población en un ciclo dado de mejoramiento y selección.