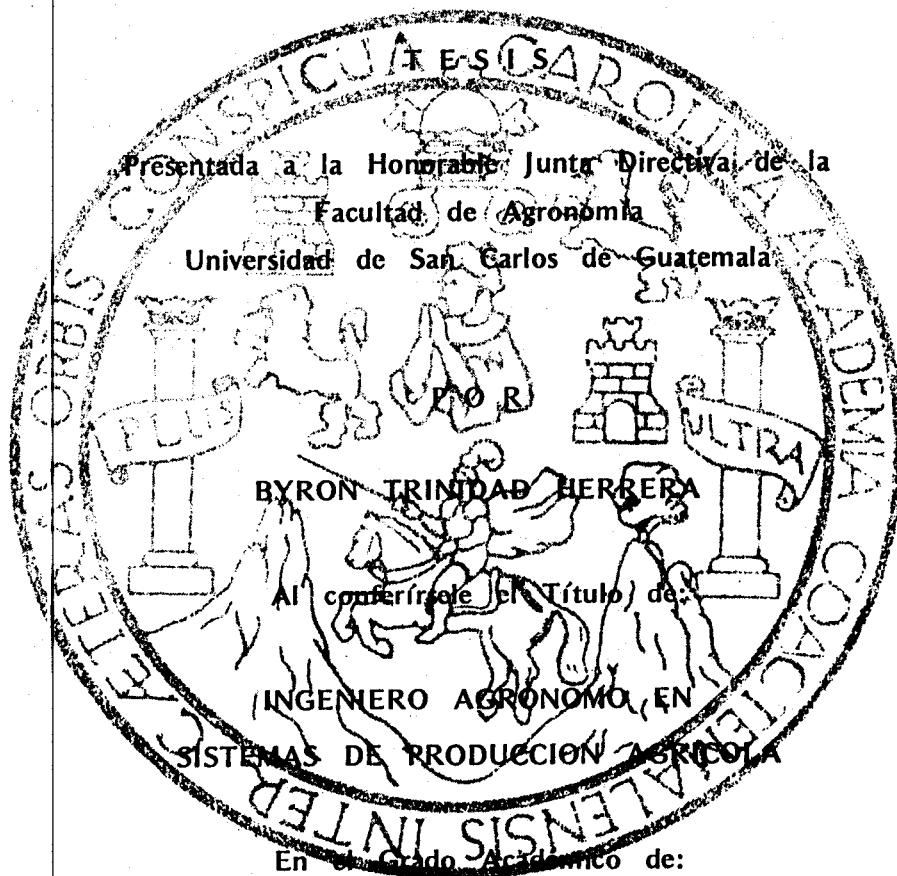


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

"DETERMINACION Y COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS FACTORES NUTRICIONALES  
DURANTE LA FORMACION Y EL DESARROLLO DEL GRANO DE CUATRO  
VARIETADES DE FRIJOL COMUN (Phaseolus vulgaris)"



LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, MAYO DE 1990

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

D.L.  
01  
T(1944)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR  
LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Aníbal B. Martínez M.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez G.
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Efraín Medina G.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Wotzbelí Méndez Estrada
VOCAL CUARTO:	P. A. Hernán Perla González
VOCAL QUINTO:	P. A. Julio López Maldonado
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio

# INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA

OFICINA SANITARIA PANAMERICANA  
Oficina Regional de la  
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

IN-CA-CJ-90-176

10 de abril de 1990

Ing. Agr. Hugo Tobías  
Director  
Instituto de Investigaciones Agronómicas  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos  
Ciudad Universitaria

Estimado Ing. Tobías:

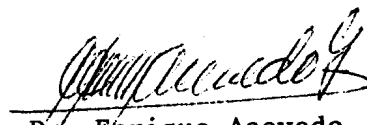
Por medio de la presente deseamos manifestarle que hemos asesorado el trabajo de tesis del Br. Byron Trinidad Herrera. Dicho trabajo se titula: "Comportamiento de algunos factores nutricionales durante el desarrollo del grano de frijol común (Phaseolus vulgaris)", y ha sido encontrado enteramente satisfactorio; y en nuestra opinión, llena ampliamente los requisitos para su aceptación como tal.

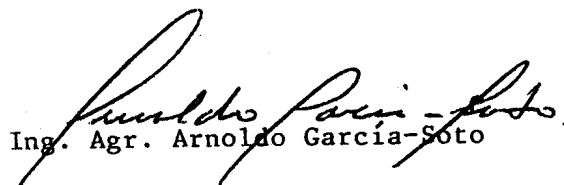
Por lo anteriormente indicado, agradeceremos que usted se sirva revisar el trabajo, a fin de dar su visto bueno para que el señor Herrera pueda llevar a cabo su examen de tesis respectivo.

Agradeciendo de antemano su atención a la presente, nos es grato suscribimos,

Atentamente,

  
Dr. Ricardo Bressani

  
Dr. Enrique Acevedo

  
Ing. Agr. Arnoldo Garcia-Soto

Guatemala, Abril de 1990

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

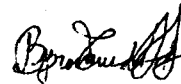
SEÑORES:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Tesis titulado:

"DETERMINACION Y COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS FACTORES NUTRI  
CIONALES DURANTE LA FORMACION Y EL DESARROLLO DEL GRANO  
DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL COMUN (Phaseolus vulgaris)"

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Inge-  
niero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias  
Agrícolas.

Deferentemente,



Byron Trinidad Herrera

ACTO QUE DEDICO

A DIOS TODO PODEROSO

Por su iluminación divina.

A MIS PADRES

Manuel Trinidad García y  
Marta Herrera de Trinidad

Por sus sacrificios y acertada  
orientación.

A MIS ABUELOS

María (Flores sobre su tumba),  
Victoria y Angel.

A MIS HERMANAS

Erika Lilian, Marnie Lisette,  
Fabricio y Carolina Minerva.

A MIS SOBRINOS Y AHLJADOS

Erik Ricardo, Claudia Alejandra,  
Eddy, Melisa y Sofía.

A MIS PRIMOS Y TIOS

En especial a María Elena y  
René Herrera (Flores sobre  
su tumba).

A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCION

Por la convivencia universita-  
ria y afecto manifestado.

A MIS AMIGAS Y AMIGOS

En especial a María Rosaura, y  
Juan Herminio Alvarado  
Con mucho aprecio y afecto.

TESIS QUE DEDICO

A: GUATEMALA.

A: ESCUELA DAVID VELA.

A: INSTITUTO Dr. CARLOS FEDERICO MORA.

A: FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS.

A: INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA.

A: SUB-AREA DE CIENCIAS QUIMICAS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS.

## AGRADECIMIENTOS

A: Ing. Agr. Arnoldo García, Dr. Enrique Acevedo, Dr. Bressani, por su valiosa asesoría y asistencia en la realización del presente trabajo.

A: La División de Ciencias Agrícolas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

A: Personal de Campo de la Finca Experimental de San Antonio Pachalí del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

## CONTENIDO

	TITULO	PAGINA
	RESUMEN .....	i
I.	INTRODUCCION .....	1
II.	HIPOTESIS .....	2
III.	OBJETIVOS .....	3
IV.	REVISION DE LITERATURA .....	4
	1) Composición química del frijol común .....	4
	2) Descripción de los principales factores nutricionales del frijol común .....	4
	2.1) Proteínas .....	4
	2.2) Almidones .....	5
	2.3) Fibra dietética .....	6
	2.4) Taninos y polifenoles .....	7
	3) Estudios de maduración del grano de frijol .....	7
V.	MATERIALES Y METODOS .....	10
	1) Descripción del área donde se condujo la investigación .....	10
	2) Descripción de los materiales experimentales .....	10
	2.1) Variedad Centa Izalco .....	10
	2.2) Variedad Porrillo Sintético .....	10
	2.3) Variedad Talamanca .....	10
	2.4) Variedad Arbolito Retinto .....	11
	3) Descripción del trabajo de investigación .....	11
	4) Diseño experimental .....	12
	4.1) Variedades .....	13
	4.2) Cortes .....	13
	4.3) Diseño de tratamientos .....	13
	4.4) Variables de respuesta .....	13
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	14
	1) Contenido de materia seca .....	14
	2) Contenido de taninos .....	17
	2.1) Polifenoles totales, método de Folin-Denis .....	17
	2.2) Taninos biológicamente activos que precipitan las proteínas, método de Hagerman-Butler .....	21
	2.3) Taninos condensados, método de Vainillina .....	24
	3) Contenido de nitrógeno por el método de Microkjeldhal .....	27
	4) Contenido de fibra y fraccionamiento celular .....	30



TITULO	PAGINA
4.1) Pared vegetal y contenido celular .....	30
4.2) Contenido de celulosa y hemicelulosa .....	35
4.3) Contenido de lignina y cenizas .....	40
5) Contenido de almidones totales .....	46
6) Análisis de azúcares .....	46
6.1) Azúcares libres .....	46
6.2) Análisis de azúcares por cromatografía en capa fina (azúcares de flatulencia) .....	49
VII. CONCLUSIONES .....	54
VIII. RECOMENDACIONES .....	56
IX. BIBLIOGRAFIA .....	57
X. APENDICE .....	59

LISTA DE CUADROS EN EL TEXTO

NUMERO	TITULO	PAGINA
1	Análisis proximal y composición mineral del frijol negro durante el proceso de maduración, en base fresca .....	8
2	Análisis químicos realizados .....	12
3	Tiempo en que se realizaron los muestreos de las cuatro variedades de frijol .....	15
4	Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de regresión y correlación para la variable contenido de materia seca en gramos/100 gramos de muestra .....	16
5	Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de taninos (método de Folin-Denis) en gramos/100 gramos de muestra. Nivel de significancia alfa = 0.05 .....	19
6	Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de taninos (método de Hagerman-Butler) en gramos/100 gramos de muestra. Nivel de significancia alfa = 0.05 .....	22
7	Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de taninos (método de Vainillina) en gramos/100 gramos de muestra. Nivel de significancia alfa = 0.05 .....	25
8	Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de nitrógeno total en gramos/100 gramos de muestra. Nivel de significancia alfa = 0.05 .....	28
9	Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido celular en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia alfa = 0.05 .....	31
10	Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de paredes celulares en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia alfa = 0.05 .....	32

NUMERO	TITULO	PAGINA
11	Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de celulosa en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia alfa = 0.05 .....	36
12	Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de hemicelulosa en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia alfa = 0.05 .....	37
13	Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de lignina en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia = 0.05 .....	41
14	Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de cenizas en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia = 0.05 .....	42
15	Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de almidones en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia = 0.05 .....	47
16	Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de azúcares libres en gramos/100 gramos de muestra. Nivel de significancia alfa = 0.05 .....	50
17A	Contenido de humedad y materia seca de las cuatro variedades de frijol en gramos/100 gramos .....	60
18A	Análisis de Varianza para el contenido de humedad y materia seca (g/100g) .....	61
19A	Prueba de Tukey para el contenido de humedad y materia seca (g/100g) .....	61
20A	Contenido de Nitrógeno <sup>1</sup> y de taninos <sup>2</sup> en gramos/100 gramos .....	62
21A	Análisis de Varianza para el contenido de nitrógeno total (g/100g)	63
22A	Prueba de Tukey para el contenido de nitrógeno total (g/100g) ..	63
23A	Análisis de Varianza para el contenido de polifenoles totales (g/100g) .....	64

NUMERO	TITULO	PAGINA
24A	Prueba de Tukey para el contenido de polifenoles totales (g/100g)	64
25A	Contenido de Taninos por los métodos de Hagerman-Butler <sup>1</sup> y vainillina <sup>2</sup> en gramos/100 gramos .....	65
26A	Análisis de Varianza para el contenido de taninos biológicamente activos (g/100g) .....	66
27A	Prueba de Tukey para el contenido de taninos biológicamente activos (g/100g) .....	66
28A	Análisis de Varianza para el contenido de taninos condensados (g/100g) .....	67
29A	Prueba de Tukey para el contenido de taninos condensados (g/100g).	67
30A	Contenido de Fibra y fraccionamiento celular en gramos/100 gramos en base seca .....	68
31A	Resultados de Fibra y fraccionamiento celular en base húmeda en gramos/100 gramos .....	69
32A	Análisis de Varianza para el contenido celular (g/100g) .....	70
33A	Prueba de Tukey para el contenido celular (g/100g) .....	70
34A	Análisis de Varianza para el contenido de paredes celulares (g/100g)	71
35A	Prueba de Tukey para el contenido de paredes celulares (g/100g).	71
36A	Análisis de Varianza para el contenido de celulosa (g/100g) ....	72
37A	Prueba de Tukey para el contenido de celulosa (g/100g) .....	72
38A	Análisis de Varianza para el contenido de hemicelulosa (g/100g) ...	73
39A	Prueba de Tukey para el contenido de hemicelulosa (g/100g) .....	73
40A	Análisis de Varianza para el contenido de lignina (g/100g) .....	74
41A	Prueba de Tukey para el contenido de lignina (g/100g) .....	74
42A	Análisis de Varianza para el contenido de cenizas (g/100g) .....	75
43A	Prueba de Tukey para el contenido de cenizas (g/100g) .....	75
44A	Contenido de Almidones y azúcares libres en gramos/100 gramos ..	76
45A	Análisis de Varianza para el contenido de almidones totales (g/100g)	77
46A	Prueba de Tukey para el contenido de almidones totales (g/100g).	77
47A	Análisis de Varianza para el contenido de azúcares libres (g/100g).	78
48A	Prueba de Tukey para el contenido de azúcares libres (g/100g) ..	78
49A	Rf para Azúcares de flatulencia en granos de frijol negro .....	79
50A	Rf para Azúcares de flatulencia en granos de frijol rojo .....	79

LISTA DE FIGURAS EN EL TEXTO

NUMERO	TITULO	PAGINA
1	Contenido de humedad y materia seca en las variedades de grano rojo .....	18
2	Contenido de humedad y materia seca en las variedades de grano negro .....	18
3	Contenido de polifenoles totales en las variedades de grano rojo	20
4	Contenido de polifenoles totales en las variedades de grano negro	20
5	Contenido de taninos biológicamente activos en las variedades de grano rojo .....	23
6	Contenido de taninos biológicamente activos en las variedades de grano negro .....	23
7	Contenido de taninos condensados en las variedades de grano rojo	26
8	Contenido de taninos condensados en las variedades de grano negro	26
9	Contenido de nitrógeno total en las variedades de grano rojo ..	29
10	Contenido de nitrógeno total en las variedades de grano negro .	29
11	Contenido celular en las variedades de grano rojo .....	33
12	Contenido de paredes celulares en las variedades de grano rojo	33
13	Contenido celular en las variedades de grano negro .....	34
14	Contenido de paredes celulares en las variedades de grano negro	34
15	Contenido de celulosa en las variedades de grano rojo .....	38
16	Contenido de hemicelulosa en las variedades de grano rojo .....	38
17	Contenido de celulosa en las variedades de grano negro .....	39
18	Contenido de hemicelulosa en las variedades de grano negro .....	39
19	Contenido de lignina en las variedades de grano rojo .....	43
20	Contenido de cenizas en las variedades de grano rojo .....	43
21	Contenido de lignina en las variedades de grano negro .....	44
22	Contenido de cenizas en las variedades de grano negro .....	44
23	Contenido de almidones en las variedades de grano rojo .....	48
24	Contenido de almidones en las variedades de grano negro .....	48
25	Contenido de azúcares libres en las variedades de grano rojo ..	51
26	Contenido de azúcares libres en las variedades de grano negro .	51

DETERMINACION Y COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS FACTORES NUTRICIONALES DURANTE LA FORMACION Y EL DESARROLLO DEL GRANO DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL COMUN (Phaseolus vulgaris)

DETERMINATION AND BEHAVIOUR OF SOME NUTRITION FACTORES DURING FORMATION AND EVOLUTION OF THE SEED OF FOUR VARIETIES OF COMMUN BEAN (Phaseolus vulgaris)

### RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en el terreno de la finca experimental del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, la cual se localiza a 14° 43' latitud y 90° 39' longitud, en San Antonio Pachalí, municipio de San Juan Sacatepéquez, departamento de Guatemala.

La investigación se plasmó a nivel de laboratorio y los objetivos planteados consistieron en determinar la concentración en diversas etapas del desarrollo del grano de frijol y establecer en que etapa de la formación y/o desarrollo se sintetizan, los componentes bioquímico-nutricionales: nitrógeno total, taninos, almidones totales, fibra y azúcares libres; asimismo, comparar tres métodos de extracción de taninos.

El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar, con diseño de tratamientos factorial 4 x 6 incompleto con dos repeticiones; empleando las variedades Centa Izalco, Porrillo Sintético, Talamanca y Arbolito Retinto. El trabajo consistió en sembrar las cuatro variedades y al apareamiento de las primeras vainas con grano de tamaño adecuado se iniciaron los muestreos sucesivos de dichas vainas a cada semana, durante el transcurso de la formación y el desarrollo del grano de frijol, hasta que se completaron 5 ó 6 cortes. Después de recolectar 3 libras de vainas por parcela y por muestreo se llevaron las muestras al laboratorio donde se analizaron en la División de Ciencias Agrícolas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que al transcurrir el tiempo de desarrollo del grano de frijol, sucedió lo siguiente:  
En base seca: el contenido de materia seca, el contenido de nitrógeno total, los azúcares libres, la lignina y la hemicelulosa se incrementan; el contenido de humedad, los polifenoles totales y la celulosa disminuyen su concentración;

el contenido celular, los almidones totales y las paredes celulares permanecen constantes; y los taninos condensados y los taninos biológicamente activos se comportan irregularmente.

En base húmeda: el contenido de taninos condensados, nitrógeno total, almidones, azúcares libres, el contenido celular, las paredes celulares, la lignina, la hemicelulosa y la celulosa se incrementaron; mientras que los polifenoles totales, taninos biológicamente activos y cenizas se comportan de forma irregular.

A medida que madura el grano de frijol se puede notar según los resultados obtenidos, que los componentes polifenólicos que tienen la función en la planta de proteger el grano en sus primeros estadios de desarrollo y constituyen factores antinutricionales para la dieta humana, disminuyen; los componentes fibrosos y nutricionales (nitrógeno total) se incrementan.

## I. INTRODUCCION

La concentración y el sistema de tenencia de la tierra provocan que el uso actual del suelo sea inadecuado, constituyéndose ésto en uno de los factores condicionantes de los altos niveles de desnutrición en la población de Guatemala.

La existencia de poca disponibilidad de proteína de origen animal, así como la falta de un buen aprovechamiento de otras especies de leguminosas, que por su gran aceptabilidad, bajo costo y alto valor nutricional, son la base de la alimentación del guatemalteco hacen que el grano de frijol tenga un elevado consumo por la población.

Estudios realizados por INCAP determinaron que el consumo diario promedio per cápita de frijol es de 27.9 gramos, lo que constituye el 7.3% del consumo total de alimentos y suple el 19.3% de las proteínas de la dieta diaria. El frijol por su alto contenido de proteínas se presenta como una solución para ayudar a resolver los problemas nutricionales de la población, pero posee inconvenientes fisiológicos que no permiten su eficiente aprovechamiento.

Esta investigación tiene como objetivo la cuantificación y descripción del comportamiento de los principales componentes bioquímico-nutricionales durante el desarrollo del grano de frijol necesarios para establecer una relación de calidad desde el inicio hasta la obtención del producto final. Lo anterior servirá de base para proseguir estudios donde se obtengan variedades mejoradas que permitan alcanzar un óptimo aprovechamiento del grano establecer los cambios bioquímicos que se llevan a cabo en el grano de frijol, como un medio para determinar la etapa de formación y/o desarrollo en que aparecen los principales componentes nutricionales y así comprender los mecanismos de funcionamiento y rendimiento de la planta y para poder establecer su posible relación con el valor nutritivo del grano.



## II. HIPOTESIS

- 1) Los componentes bioquímico-nutricionales del grano de frijol (nitrógeno total, almidón, taninos, fibra y azúcares libres) aparecen como constituyentes del grano en las fases iniciales de su desarrollo.
- 2) La concentración de los componentes bioquímico-nutricionales del grano de frijol (nitrógeno total, almidón, taninos, fibra y azúcares libres) cambia durante el proceso de formación y/o desarrollo del grano.
- 3) La determinación de los taninos del grano de frijol común por tres métodos muestra diferencias durante el desarrollo de la semilla.

### III. OBJETIVOS

- 1) Establecer en que etapa de la formación y/o desarrollo del grano de frijol común se sintetizan los componentes bioquímico-nutricionales: nitrógeno total, taninos, almidón, fibra y azúcares libres.
- 2) Determinar la concentración en diversas etapas del desarrollo del grano de frijol en lo que se refiere al contenido de nitrógeno total, almidón, taninos, fibra y azúcares libres.
- 3) Comparar tres métodos de determinación de taninos, durante el desarrollo del grano de frijol.

#### IV. REVISION DE LITERATURA

- 1) Composición química del frijol común: las semillas de frijol común cuentan con 3 estructuras principales que son, la cubierta, los cotiledones, y el eje embrionario y constituyen respectivamente el 7.7%, 90.5% y el 1.8% del peso seco de la semilla. Los cotiledones poseen la mayor proporción de sustancias tales como carbohidratos, proteína, lípidos, minerales y vitaminas (5).

Las leguminosas usuales contienen una cantidad similar de proteína cruda total, entre 18 y 25%, algunas contienen hasta 30%, este componente se halla distribuido en la cubierta en un 1.42%, en los cotiledones en 95.28% y en los ejes embrionarios en un 3.30%. El frijol por cada 100 gramos -- contiene aproximadamente 22 gramos de proteína, 12 gramos de humedad residual, .6 gramos de extracto etéreo, fibra cruda de 2.54 a 4.26 gramos y 341 calorías (2).

También posee el frijol común 3.6% de cenizas, 137 mg% de calcio, 247 mg% de fósforo y 6.7 mg% de hierro. El contenido de vitaminas es el siguiente, 0.14 mg% de tiamina, 0.18 mg% de riboflavina, 2.1 mg% de niacina, y 30 unidades internacionales de vitamina A (2).

Por 100 gramos de frijol se presentan de 54.6 a 63.7 gramos de carbohidratos totales, distribuidos en la siguiente manera, almidón de 33.42 gramos, amilosa 15.26 gramos, azúcares de flatulencia posee: de 0.24 a 0.35 gramos de rafinosa, de 0.06 a 0.012 gramos de verbascosa y 01.66 gramos de - sucros; lignina de 1.06 a 1.77 gramos, celulosa 5.32 gramos y hemicelulosa 2.37 gramos (13).

- 2) Descripción de los principales factores nutricionales del frijol común:

- 2.1) Proteínas: como resultado de la extracción de proteína, de frijoles secos, utilizando solución de cloruro de sodio y luego precipitando parte de las proteínas extraídas al saturar el extracto con sulfato de amonio, se obtuvo que el 8.5% de la proteína del frijol es albúmina y el 63% es globulina. Waterman citado por Conde, separó las proteínas extraídas con cloruro de sodio por medio de la precipita-

ción fraccionada con sulfato de amonio en 3 proteínas que denominó faselina, faseolina y confaseolina. Las proteínas extraídas con una solución al 2% de cloruro de sodio y precipitadas por medio de diálisis, contienen 14.63% de nitrógeno (5).

El valor de una proteína del punto de vista nutricional, depende de su contenido de aminoácidos; la proteína de frijol es fuente pobre de aminoácidos azufrados (metionina y cistina), pero tiene elevado contenido de lisina. El contenido de aminoácidos de la proteína del frijol en mg/g de N es el siguiente: insoleucina 360, leucina 540, lisina 460, fenilalanina 350, tirosina 240, metionina 60, cistina 60 (contenido total azufrado 120), treonina 270, triptofano 370 y valina 380 (2).

Como constituyente de las proteínas del frijol se encuentra una glicoproteína que contiene D-manosa y glucosamina; esta proteína es resistente a la desnaturalización con urea 8M, 2-mercaptoetanol 0.2M, el tratamiento con álcali a pH 12.5 durante 24 horas solo le provoca una ligera disociación. Sin embargo el tratamiento alcalino sensibiliza la proteína para el efecto de la enzima proteolítica tripsina. Esto significa que un procesamiento con álcali podría hacer a las globulinas del frijol totalmente digeribles y aprovechables en la nutrición (7).

El índice de eficiencia proteica es bajo, fluctuando entre 0.71 y 1.35, con una digestibilidad de 60% (17), que es baja, debido a la presencia de inhibidores de tripsina que no son eliminados totalmente durante el proceso de cocción, ciertas proteínas que son resistentes a la hidrólisis por enzimas proteolíticas, y a la presencia de taninos que interaccionan con las proteínas formando un complejo insoluble (4), encontrándose tanto en los cotiledones como en la testa de las semillas.

- 2.2) Almidones: la clase de gránulo de almidón de frijol es muy variable, las dimensiones del gránulo van de 1 a 80 micras, dependiendo de su fuente genotípica y fenotípica. La mayoría de gránulos de almidón son largos y delgados, aunque existen esféricos, ovoides, elípticos

e irregulares. En la variación también interviene el grado de ma durez del grano de frijol (3).

En relación a la cristalización del almidón de frijol, se encuentran dos regiones, una cristalina (ordenada) y otra amorfa (desordenada); cuando el gránulo de almidón se observa bajo la luz polarizada en un microscopio se ve dividido en 4 lóbulos cruzados por 2 bandas oscuras. Entre las propiedades funcionales del gránulo de almidón, tenemos el esponjamiento y la solubilidad. El esponjamiento del gránulo de almidón es la etapa inicial de la hidratación. Ambas propiedades dependen de la fuente del gránulo de almidón de la temperatura y del pH. La solubilidad del gránulo de almidón de frijol es menor que el 30%. Un gramo de almidón crece de 5 a 26 veces su tamaño original, cuando la temperatura se incrementa de 21 a 95<sup>o</sup>C (13).

La absorción de agua del almidón de frijol es inversamente proporcional a la solubilidad y está directamente relacionada con el esponjamiento. Las investigaciones preliminares indican que el almidón de frijol tiene una capacidad más baja de absorción de agua que el almidón de maíz, por lo tanto es más soluble. La absorción de agua por parte del almidón de frijol la reportan en menos de - 10 gramos de agua por un gramo de almidón (10).

- 2.3) Fibra dietética: es definida por Trowell (1974) como la parte de la planta que es resistente para las secreciones del tracto digestivo humano, abarcando lignina, polisacáridos complejos no almidonados asociados con proteínas, de aquí las paredes celulares del producto vegetal comestible son fuente de fibra dietética, se incluyen polisacáridos con valor alimenticio aditivo como las gomas de plantas, polisacáridos de algas, pectinas, celulosa modificada (19).

En las semillas de leguminosas, la fibra dietética se encuentra - en los tejidos parenquimatosos de los cotiledones y contienen los siguientes grupos de polímeros: celulosa, hemicelulosa (xyloglucanos y galactanos), sustancias pécticas, glicoproteínas; tanto en la pared primaria como en la pared secundaria (21).

2.4) Taninos y polifenoles: existen dos tipos de actividades inhibitorias de la tripsina:

- a) Los verdaderos inhibidores de tripsina que son termolábiles y
- b) Los inhibidores de tripsina termoresistentes que son taninos o polifenoles.

La importancia de los taninos radica en sus efectos adversos sobre el crecimiento de animales y sobre la utilización de la proteína - así como de la energía metabolizable de los forrajes. Los taninos tienen la propiedad conferida por su estructura polifenólica, de formar complejos solubles e insolubles con las proteínas; entre los grupos hidroxilo del polifenol y los grupos carbonílicos de las uniones peptídicas de las proteínas, y enzimas como tripsina, amilasa y lipasa (16).

En los cotiledones de muestras de frijol con diferentes colores de cáscara hay una mayor concentración de los verdaderos inhibidores de tripsina (termolábiles) y en las cáscaras hay una mayor concentración de inhibidores de tripsina estables. Las cáscaras de frijoles negros y rojos demostraron una mayor actividad de tipo termoes table que las cáscaras de frijoles blancos, lo cual correlaciona - aún mas con el mayor contenido de taninos en frijoles blancos (16).

3) Estudios de maduración del grano de frijol: Conde Marroquín en 1974 (5) -- realizó un estudio de los cambios químicos y nutricionales del frijol común durante el proceso de maduración del grano, utilizando la variedad -- S-19N cultivado en San Antonio Pachalí, Guatemala. Los análisis químicos realizados fueron: determinación de nitrógeno, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas, fósforo, hierro, lisina, metionina, cistina, solubilidad de nitrógeno, aminoácidos libres; llegando a obtener los siguientes resultados: durante la maduración se observó un aumento en el contenido de proteínas, grasa, fibra cruda y cenizas, mientras que la humedad y los aminoácidos libres disminuyeron. Se observó un incremento en la cantidad de lisina y aminoácidos totales, así como la actividad de los inhibidores de tripsina. El valor nutritivo disminuyó con la maduración, en cambio ésta no tuvo ningún cambio efectivo sobre la digestibilidad de la proteína.

Cuadro 1

Análisis proximal y composición mineral del frijol negro durante el proceso de maduración, en base fresca

Días post siembra	Contenido en g/100 g de muestra					Ca	P	Fe
	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Ceniza			
72	74.9	7.2	0.57	1.6	1.6	74	125	1.4
82	56.4	11.19	0.92	2.6	2.3	50	265	2.4
91	54.9	12.8	1.02	2.7	2.2	122	305	2.4
99	14.9	23.1	1.11	4.4	4.7	186	504	5.9
99(a)	11.26	24.8	1.36	4.7	4.9	185	702	10.6

(a) = secado al sol

Fuente: cita (5)

Martínez Tambito en 1979 (11) cuantificó los taninos en semillas de frijol común durante su desarrollo y maduración. Trabajó en la finca experimental del INCAP, situada en San Juan Sacatepéquez. Obtuvo los siguientes resultados: la proteína (expresada en base húmeda) presenta un orden ascendente con el transcurso de la maduración del grano de frijol; los taninos, reporta, que ya están presentes en la semilla desde el inicio de su formación siendo mayor en cultivar negro que en blanco; al expresarse en base seca los valores son altos al inicio y luego de subir y bajar durante la maduración del grano, se estabilizan en un menor valor finalmente. Indicando también que los taninos se concentran mas en la testa que en el cotiledón.

Letona Paredes en 1979 (10) estudió la relación de N, S y Mo en el contenido de proteína dentro del grano de frijol; indica que en la formación de ésta en el momento de la maduración del grano se ve restringida, debido a la dificultad de absorción de nutrimentos del suelo por la alimentación en la traslocación de energéticos, como carbohidratos; esto indica que no habría posibilidad de proporcionarle a la planta mas nutrimentos del suelo en el momento de llenado de formación de vainas, porque la plan

ta en si tiene dificultades debido a que fisiológicamente su energía está siendo empleada principalmente en la fabricación de compuestos formativos de las semillas.



## V. MATERIALES Y METODOS

### 1) Descripción del área donde se condujo la investigación

La fase de campo se desarrolló en la finca experimental del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, situada en San Antonio Pachalí, municipio de San Juan Sacatepéquez, departamento de Guatemala; a 41 Kms. - de la ciudad de Guatemala, y a una altura de 1480 m. sobre el nivel del mar; tiene una precipitación pluvial de 116 mm; con temperatura templada. Geográficamente está localizada a una latitud de 14°43' y longitud de 90°39'. Según la clasificación ecológica de Holdridge se puede considerar dentro de la zona climática Montano Bajo Húmeda (4).

Los suelos de esta finca se pueden clasificar como pertenecientes a la serie "Guatemala fase pendiente", que varía de la serie Guatemala franco arcilloso casi típico en una capa muy delgada de suelo "franco arcilloso" café amarillento, tanto el suelo como el clima se consideran aptos para el frijol (4).

### 2) Descripción de los materiales experimentales

- 2.1) Variedad Centa Izalco: con 1168 kg/ha de rendimiento, de grano rojo, tiene 35 días para el inicio de la floración, produce flores amarillas, con 70 días a la formación del grano y 98 días a la cosecha; es medianamente resistente a la roya. Procedente de El Salvador de selección en progenitores criollos (17).
- 2.2) Variedad Porrillo Sintético: color de grano es negro, con un rendimiento de 1105 kg/ha, cuenta con 42 días al inicio de la floración, 75 días a la formación del grano y 105 días a la cosecha. Es resistente a la roya e intermedio con respecto a mustia. La pobla-ción original estuvo en Cuba, pero se realizó una selección masal en El Salvador (17).
- 2.3) Variedad Talamanca: el color del grano es negro, con un rendimiento de 1194 kg/ha; dura 42 días al inicio de la floración, 75 días a la formación del grano, y 105 días a la cosecha; el color de la flor es rosado. Es una variedad resistente a mustia y a la mancha

angular. Procedente de Costa Rica de un cruce entre Arauca I + ICA-L-29 (17).

- 2.4) Variedad Arbolito Retinto: color de grano rojo, con un rendimiento de 788 kg/ha; color de la flor es amarilla, con 40 días al inicio de la floración, 82 días a la formación del grano, y 112 días a la cosecha. Es resistente a mustia y a la mancha angular. Es una variedad criolla procedente de Guatemala (17).

Es de hacer notar que las principales enfermedades que atacan al frijol en esa región son: roya (Uromices appendiculatus), antracnosis en la vaina (Colletotrichum lindemuthianum) y antracnosis en general (17).

3) Descripción del trabajo de investigación

El trabajo de campo consistió en sembrar cuatro parcelas en la finca experimental del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, con -- las cuatro variedades de frijol, se dejó que se desarrollaran, y al apareamiento de las primeras vainas con grano de un tamaño adecuado se iniciaron los muestreos sucesivos de vainas a cada 7 días, durante el transcurso de la formación y el desarrollo del grano, hasta que se completó 5 ó 6 cortes.

Para la siembra se dejaron 60 cms entre surcos y entre plantas 20 cms. No se fertilizó porque es un terreno donde previamente se sembraron hortalizas y contenía residuos de abono; no se hizo control de plagas ni enfermedades pues en la región no se acostumbra, se hicieron limpiezas mecánicas. Después de recolectar 3 libras de vainas por parcela y por muestreo se llevaron las muestras al laboratorio guardándose en un cuarto -- frío, después se extrajeron los granos de las vainas, se secaron, se molieron y se procedió al análisis químico en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

Cuadro 2

Análisis químicos realizados

Análisis	Métodos
Humedad	A.O.A.C. (1)
Nitrógeno total	A.O.A.C. (1)
Almidones totales	Método enzimático de Holm; <u>et. al.</u> (1966) (8).
Azúcares libres	Dubois M.; K.A., Ciles; J.K., Hamilton (6)
Azúcares de flatulencia	Método simplificado para la determinación cuantitativa de sucrosa, rafinosa y estaciosa en semillas de leguminosas, de Munehiko Tanaka; <u>et al</u> (12).
Fibra: pared celular	Método de neutro y ácido detergente de Van Soest (1968) (23).
celulosa	
hemicelulosa	
lignina	
cenizas	
Taninos: polifenoles totales	Método de Folin-Denis (15).
taninos biológicamente activos	Método de Hagerman-Butler (15)
como catequina (taninos condensados)	Método de vainillina de Price, M.L.; <u>et al</u> (15).

4) Diseño experimental

Se contó con dos factores, factor A = variedad, y factor B = corte.

- 4.1) Variedades: Centa Izalco, Porrillo Sintético, Arbolito Retinto y Talamanca.
- 4.2) Cortes: después de la formación de vainas con granos se efectuaron muestreos al azar en las parcelas, cuando se encontraron las vainas con granos ya definidos en cuanto a un tamaño adecuado (habiendo alcanzado el máximo crecimiento) pero tiernos aún (testa de la semilla color verde), se inició la recolección tomando 5 puntos al azar dentro de cada variedad, incluyendo 3 plantas por cada punto de muestreo. Posteriormente al primer corte, se llevaron a cabo 5 cortes más, consecutivamente: el 1er. muestreo a los 77 días después de la siembra, el 2o. a los 84 días, el 3o. a los 91 días, el 4o. a los 98 días, el 5o. a los 105 días y el 6o. a los 112 días después de la siembra. Recolectándose 3 libras de vainas por cada variedad en cada uno de los 6 cortes, haciendo el muestreo al azar dentro de cada variedad, el mismo día, luego se trasladaron las muestras al laboratorio y se procedió a su análisis.
- 4.3) Diseño de tratamientos: factorial 4 x 6 incompleto, con dos repeticiones, con diseño de campo completamente al azar. Para establecer diferencias se utilizó la prueba de medias de Tukey. Asimismo se realizaron análisis de correlación y de regresión para todas las variables de respuesta.
- 4.4) Variables de respuesta: humedad, materia seca, almidones totales, - nitrógeno total, azúcares libres, taninos biológicamente activos, - polifenoles totales, taninos condensados, contenido celular, pared celular, celulosa, hemicelulosa, lignina y cenizas.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

Es importante hacer notar que se observó gran variabilidad en los diferentes materiales de frijol evaluados en este estudio, los materiales negros se enmarcaron en un rango bastante estrecho entre si mismos, pues se trata de variedades en las cuales se ha trabajado mucho en fitomejoramiento, mientras que los frijoles rojos se presentan en su forma natural, existiendo en ellos una mayor variación de caracteres.

La variabilidad se presentó por ejemplo en días a floración, días al apareamiento y formación del grano, días en que los granos alcanzaron un tamaño constante durante el desarrollo; el crecimiento y desarrollo de la semilla fue heterogéneo ya que se presentaron granos de diferentes tamaños y colores entre é intra vainas y plantas.

Los tiempos en que se realizaron los muestreos fueron a los 77, 84, 91, 98, 105 y 112 días después de la siembra, éstos se realizaron cada semana -- llevándose a cabo 6, excepto para la variedad Arbolito Retinto, que por ser más tardía para el inicio de la formación del grano, solamente se efectuaron 5 muestreos, sin embargo la cosecha coincidió en todas las variedades.

Para la realización de los muestreos se efectuaba una recolección al azar de las vainas, recolectándose aproximadamente 3 libras de vainas en dos repeticiones para ser utilizadas en el laboratorio; los muestreos fueron el mismo día para todos los materiales para que así las condiciones ambientales y de manejo fueran homogéneas.

### 1) Contenido de materia seca

En el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos en cuanto a contenido de humedad de las muestras de cada una de las variedades y cortes efectuados; la humedad total promedio de las variedades fue de 53.2% para la variedad Porrillo Sintético, 46.3% para Arbolito Retinto y Talamanca y 39.6% para Centa Izalco, consecuentemente los contenidos de materia seca presentaron un orden inverso, así: 60.4% para Centa Izalco, 53.7% para Arbolito Retinto y Talamanca y 46.8% para Porrillo Sintético, de acuerdo al análisis de varianza (cuadro 18A), existen diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la misma tendencia; los cortes muestran diferencias significativas

Cuadro 3

Tiempo en que se realizaron los muestreos de las cuatro variedades de frijol

Variedad	Cortes	Días después de la siembra
Centa Izalco	1o.	77
	2o.	84
	3o.	91
	4o.	98
	5o.	105
	6o.	112
Porrillo Sintético	1o.	77
	2o.	84
	3o.	91
	4o.	98
	5o.	105
	6o.	112
Talamanca	1o.	77
	2o.	84
	3o.	91
	4o.	98
	5o.	105
	6o.	112
Arbolito Retirto	1o.	84
	2o.	91
	3o.	98
	4o.	105
	5o.	112

Cuadro 4

Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de regresión y correlación para la variable contenido de materia seca en gramos/100 gramos de muestra

Análisis Estadístico	Agrupación	Contenido de materia seca (g/100g)	Contenido de humedad (g/100g)
Pruebas de medias para variedades	grupo 1	Centa Izalco = 60.3	Porrillo Sintético = 53.2
	grupo 2	Arbolito Retinto y Talamanca = 53.7	Arbolito Retinto y Talamanca = 46.3
	grupo 3	Porrillo Sintético = 46.8	Centa Izalco = 39.6
Pruebas de medias para cortes	grupo 1	1o. corte = 32.3	6o. corte = 14.0
	grupo 2	2o. corte = 34.4	5o. corte = 25.0
	grupo 3	3o. corte = 41.4	4o. corte = 39.5
	grupo 4	4o. corte = 60.5	3o. corte = 58.5
	grupo 5	5o. corte = 74.9	2o. corte = 65.6
	grupo 6	6o. corte = 86.0	1o. corte = 67.7
Análisis de correlación y regresión	con tiempo de corte	modelo lineal $r = 0.908$ $Y = 14.2 + 12 X$ $X = \text{tiempo de corte}$ $Y = \text{materia seca}$	

cada uno de ellos en forma consecutiva, mostrándose para el primer corte un promedio de materia seca de 32.3% y para el sexto 86.0%. De acuerdo a los resultados o únicamente se muestra una correlación positiva entre contenido de materia seca y tiempo de corte.

Los resultados muestran que las variedades de grano rojo, Centa Izalco y Arbolito Retinto, son más eficientes para formar materia seca durante el desarrollo, que las variedades de grano negro, Talamanca y Porrillo Sintético (ver figs. 1-2), lo anterior podría deberse a que las hojas de las variedades de grano rojo transpiran más produciendo ésto una mayor fotosíntesis.

## 2) Contenido de taninos

Para la cuantificación de los taninos de los materiales en estudio se efectuaron tres diferentes metodologías de cuantificación, siendo cada una de ellas diferentes en su expresión de los taninos a cuantificar.

### 2.1) Polifenoles totales, método de Folin-Denis

Con esta metodología el contenido de polifenoles que se encontró en las variedades, cuadro 5, expresado en base húmeda, varió entre 97.5 y 71.7 miligramos por 100 gramos, siendo de acuerdo al análisis de varianza (cuadro 23A), la variedad Arbolito Retinto la que forma el grupo de mayor contenido, el grupo con el menor contenido es el formado por la variedad Porrillo Sintético; al expresar los resultados en base seca el grupo estadísticamente superior lo constituyen las variedades Centa Izalco y Arbolito Retinto con un promedio de 187.4 miligramos de polifenoles totales por 100 gramos de frijol.

Respecto a los cortes se observa que el contenido de polifenoles totales presentan un contenido variable cuando se expresa en base húmeda; al expresarse en base seca los resultados muestran una secuencia tendiente a una disminución según se incrementa el tiempo de corte, de acuerdo al análisis de varianza



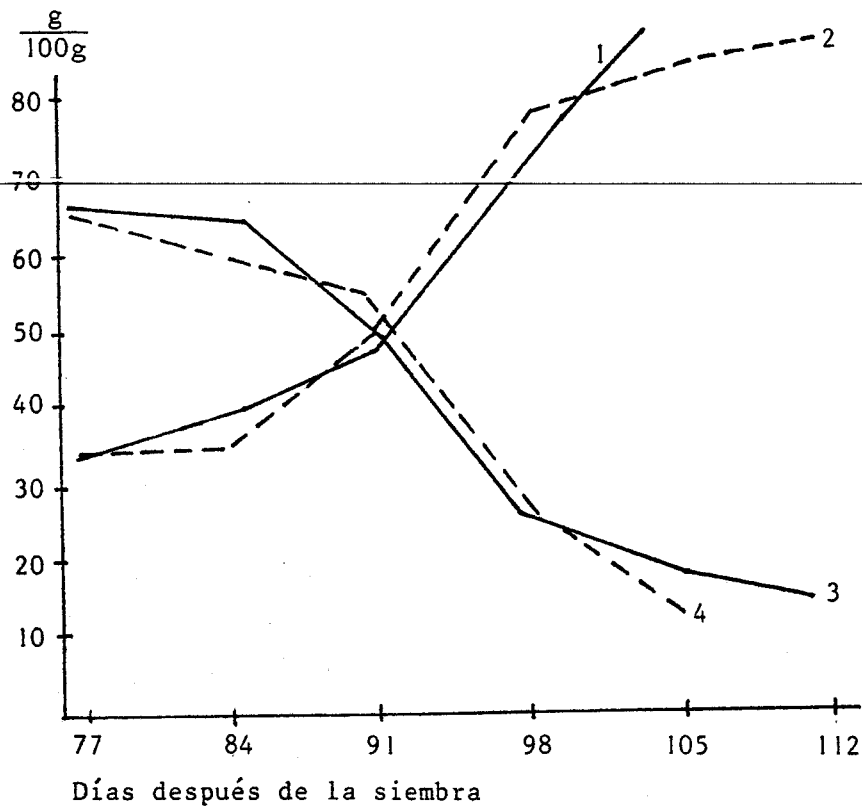


Figura 1: Contenido de humedad y materia seca en las variedades de grano rojo.

- 1 = Arbolito Retinto (materia seca)
- 2 = Centa Izalco (materia seca)
- 3 = Centa Izalco (humedad)
- 4 = Arbolito Retinto (humedad)

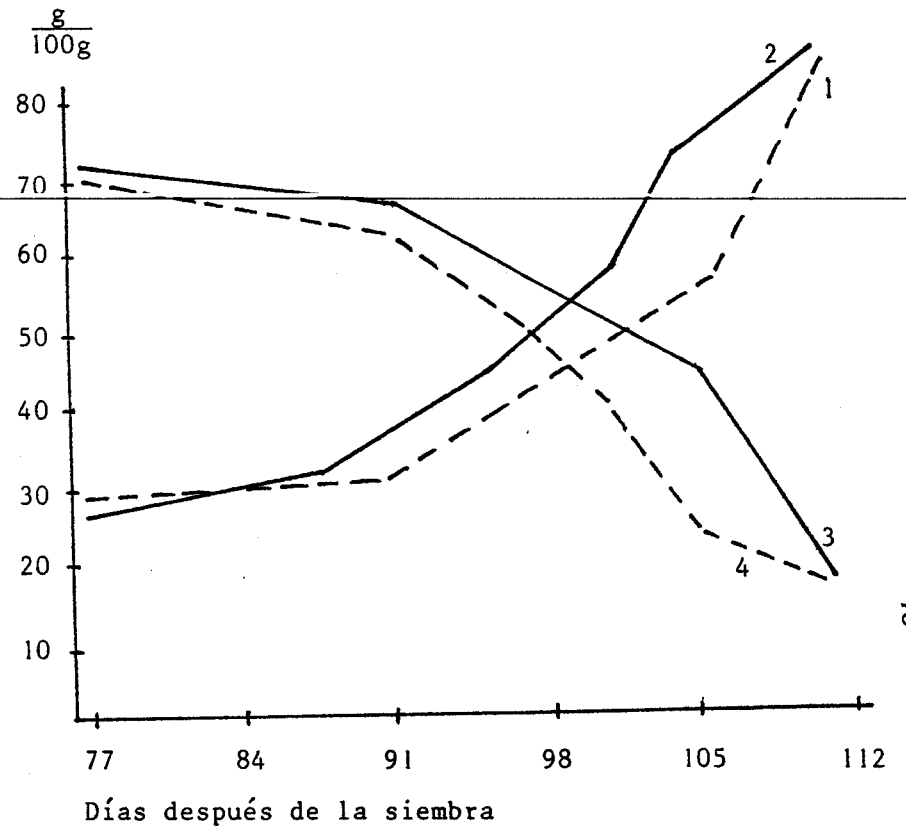


Figura 2: Contenido de humedad y materia seca en las variedades de grano negro.

- 1 = Porrillo Sintético (materia seca)
- 2 = Talamanca (materia seca)
- 3 = Porrillo Sintético (humedad)
- 4 = Talamanca (humedad)

Cuadro 5

Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable Contenido de taninos (método de Folin-Denis) en gramos/100 gramos de muestra. Nivel de significancia  $\alpha=0.05$

Análisis Estadístico	grupo ó variable	Promedios estadísticos en base seca (g/100g)	Promedios estadísticos en base húmeda (g/100g)
Pruebas de medias para variedades	grupo 1	Centa Izalco y Arbolito Retinto = 0.19	Arbolito Retinto = 0.10
	grupo 2	Porrillo Sintético y Talamanca = 0.17	Centa Izalco y Talamanca = 0.09
	grupo 3		Porrillo Sintético = 0.07
Pruebas de medias para cortes	grupo 1	1o. corte = 0.27	5o. y 6o. cortes = 0.10
	grupo 2	2o. y 3o. cortes = 0.18	1o. y 4o. cortes = 0.09
	grupo 3	4o. corte = 0.16	2o. y 3o. cortes = 0.07
	grupo 4	5o. corte = 0.13	
	grupo 5	6o. corte = 0.12	
Análisis de correlación y regresión	con tiempo de corte	$r = 0.863$ $Y = 0.265 X^{-0.422}$ X = tiempo Y = taninos	
	con nitrógeno total	$r = 0.66$ Y = 23.52 X <sup>-0.1</sup> Y = taninos X = proteínas	

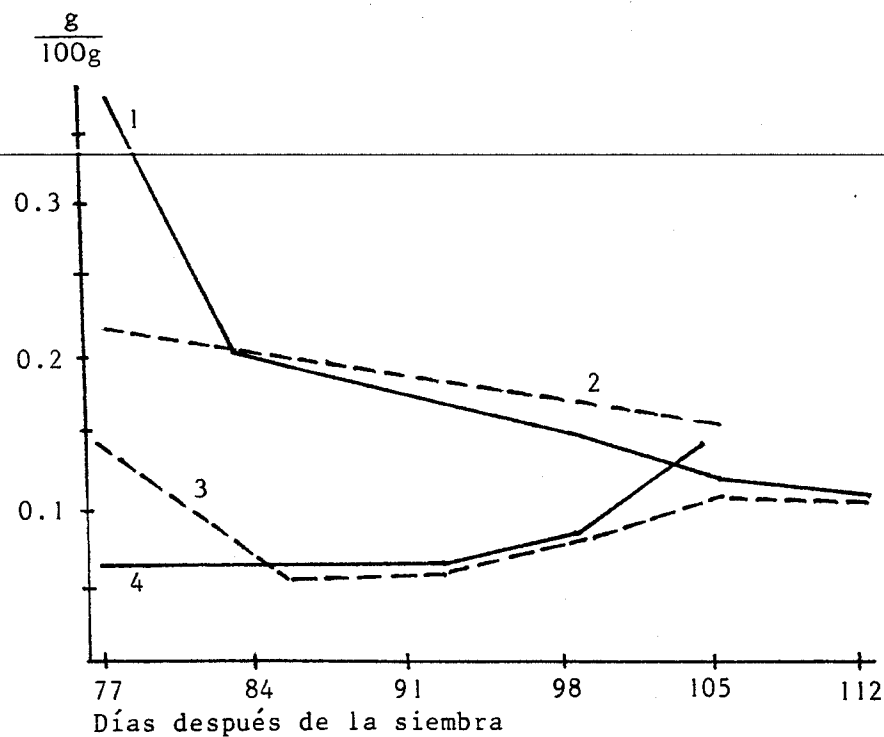


Figura 3: Contenido de polifenoles totales en las variedades de grano rojo.

- 1 = Centa Izalco (base seca)
- 2 = Arbolito Retinto (base seca)
- 3 = Centa Izalco (base húmeda)
- 4 = Arbolito Retinto (base húmeda)

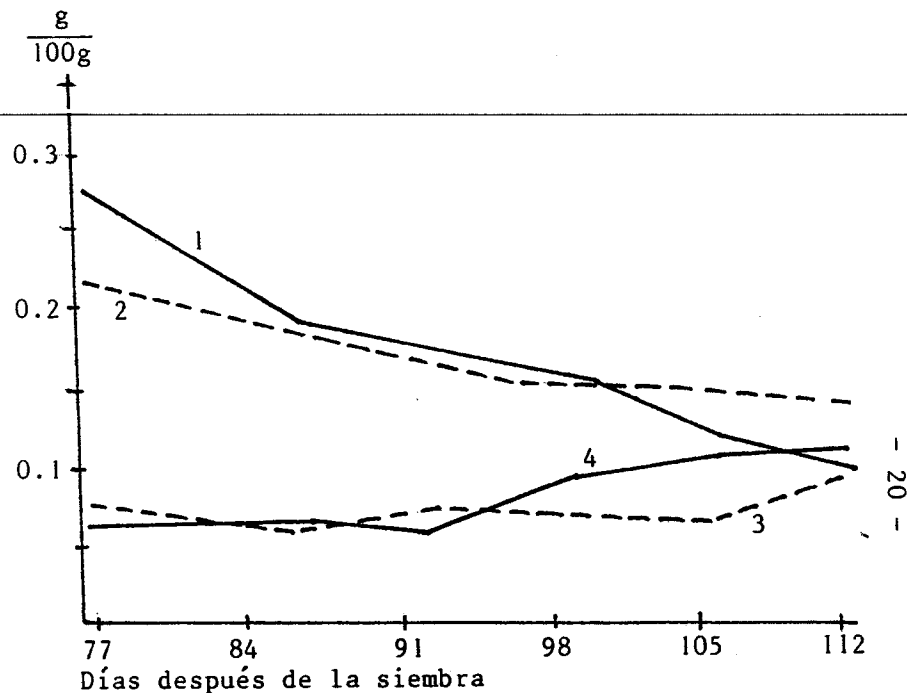


Figura 4: Contenido de polifenoles totales en las variedades de grano negro.

- 1 = Porrillo Sintético (base seca)
- 2 = Talamanca (base seca)
- 3 = Porrillo Sintético (base húmeda)
- 4 = Talamanca (base húmeda)

a uno de los cortes es estadísticamente significativo, siendo el de mayor contenido de polifenoles totales el primero con 273.7 miligramos por 100 gramos, disminuyendo hasta alcanzar en el sexto corte los 115.8 miligramos por 100 gramos de frijol.

De acuerdo a los resultados de este estudio los polifenoles totales ya están presentes en la semilla desde el inicio del desarrollo del grano, encontrándose en mayor proporción en los granos tiernos que en los maduros, la tendencia a disminuir es muy regular, por lo tanto es posible que en la planta utilice estas sustancias durante su desarrollo, Martínez Tambito (1979), sugiere que el contenido de polifenoles que la semilla produce desde un temprano estadio del grano, actúa como un mecanismo de defensa y que disminuye al lignificarse y tornarse más resistente al ataque de microorganismos.

2.2) Taninos biológicamente activos que precipitan las proteínas, método de Hagerman-Butler

De acuerdo a los resultados, cuadro 6, obtenidos con esta metodología, expresados en base húmeda, varían entre 75.7 y 24.0 mg. de taninos por 100 gramos de muestra. Mostrándose en el análisis de varianza (cuadro 26A) una clara diferencia entre los materiales debido a la coloración de la cáscara, así, los materiales Centa Izalco y Arbolito Retinto, de color rojo fueron los -- que presentan el mayor contenido de taninos de este tipo; al expresar los resultados en base seca, se observa que la agrupación de los materiales muestra a la variedad Centa Izalco con mayor contenido de taninos, 173.8 mg %, en el segundo grupo la variedad Arbolito Retinto con 91.5 mg % y por último a las variedades de grano negro, Porrillo Sintético y Talamanca con 57.7 mg %.

Respecto a el contenido de taninos referido a los cortes se observa que no se presenta una secuencia ordenada según cortes, tanto expresando los taninos en base húmeda como en base seca, ya que existe una variación entre los mismos cortes. - Variando el contenido, expresado en base seca, entre 222.2 y -

Cuadro 6

Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de taninos (método de Hagerman-Butler) en gramos/100 gramos de muestra. Nivel de significancia alfa = 0.05

Análisis Estadístico	grupo ó variable	Promedios estadísticos en base seca (g/100g)	Promedios estadísticos en base húmeda (g/100g)
Pruebas de medias para variedades	grupo 1	Centa Izalco = 0.17	Centa Izalco y Arbolito Retinto = 0.08
	grupo 2	Arbolito Retinto = 0.09	Porrillo Sintético y Talamanca = 0.02
	grupo 3	Porrillo Sintético y Talamanca = 0.06	
Pruebas de medias para cortes	grupo 1	1o. corte = 0.22	1o. corte = 0.07
	grupo 2	2o. corte = 0.09	5o. corte = 0.06
	grupo 3	5o. corte = 0.07	2o., 4o. y 6o. cortes = 0.04
	grupo 4	4o. corte = 0.06	
	grupo 5	3o. y 6o. cortes = 0.05	
Análisis de correlación y regresión	con Folin-Denis	r = 0.8092	

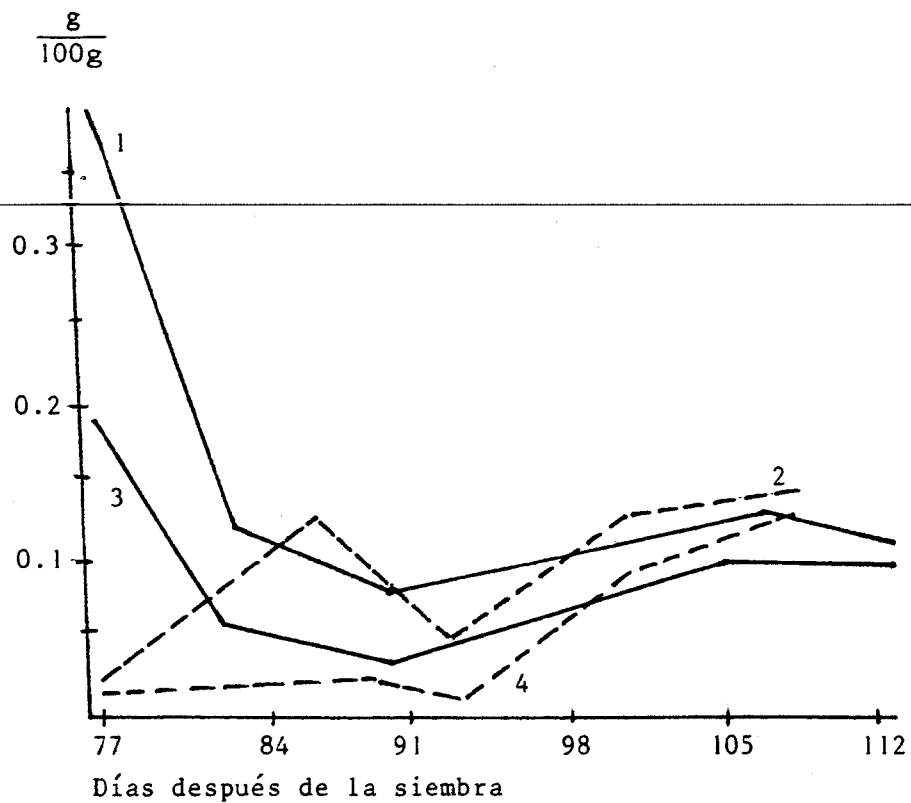


Figura 5: Contenido de taninos biológicamente activos en las variedades de grano rojo.

- 1 = Centa Izalco (base seca)
- 2 = Arbolito Retinto (base seca)
- 3 = Centa Izalco (base húmeda)
- 4 = Arbolito Retinto (base húmeda)

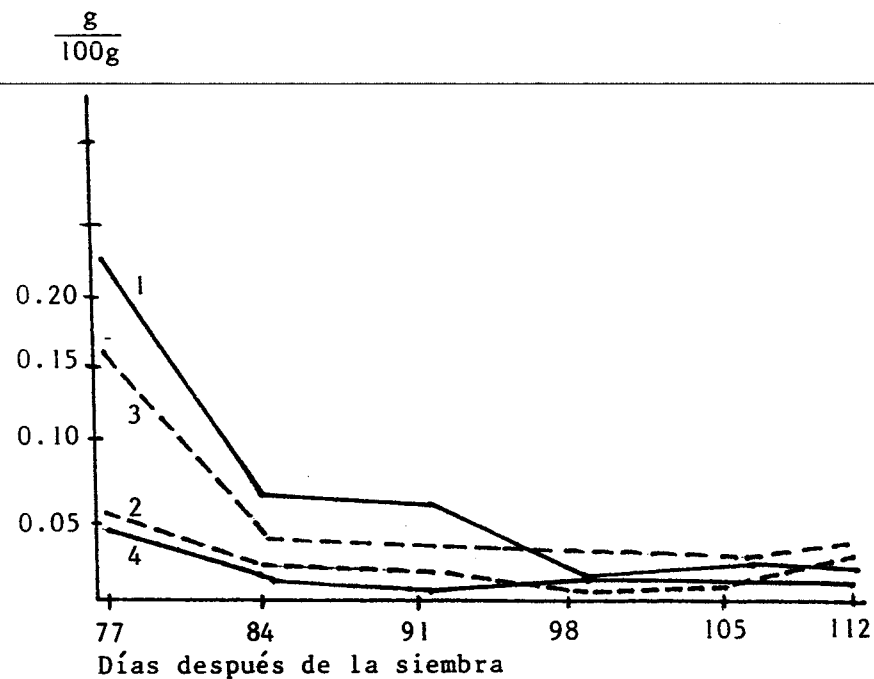


Figura 6: Contenido de taninos biológicamente activos en las variedades de grano negro.

- 1 = Porrillo Sintético (base seca)
- 2 = Talamanca (base seca)
- 3 = Porrillo Sintético (base húmeda)
- 4 = Talamanca (base húmeda)

54.4 mg por 100 gramos de frijol.

Esta metodología únicamente presenta una correlación positiva significativa con la metodología de Folin-Denis.

Los resultados obtenidos indican que el frijol de grano rojo al final del desarrollo alcanza un mayor contenido de taninos biológicamente activos, y que el frijol negro presenta cantidades mínimas difíciles de detectar por este método. Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos por Rodríguez de Mora (1982) quien concluye que el método Hagerman-Butler es más preciso para frijoles de grano rojo que para frijoles de grano negro, los cuales pueden contener otros fenoles que no reaccionan con  $\text{FeCl}_3$ , pero que si pueden precipitar las proteínas de los alimentos.

### 2.3) Taninos condensados, Método de vainillina

De acuerdo a los resultados (cuadros 7 y 26A) expresados en base húmeda, este método únicamente diferenció el contenido de taninos condensados en la variedad Centa Izalco, con un contenido de 832.8 mg por 100 gramos de muestra; al expresar los resultados en base seca, se logró diferenciar entre las variedades de la siguiente forma, el grupo estadísticamente superior está formado por la variedad Centa Izalco, 1356.1 mg %, el segundo grupo formado por Porrillo Sintético y Talamanca con 1210.3 mg % y el último grupo con 1032.4 mg % por la variedad Arbolito Retinto.

Respecto a el contenido de taninos condensados referidos a los cortes, los resultados muestran que únicamente cuando se expresan éstos en base húmeda se observa una secuencia ordenada respecto a cada uno de los cortes, no así cuando se expresan en base seca; en base húmeda los cortes muestran un incremento del contenido de taninos condensados según aumenta el tiempo de corte, siendo cada uno de los promedios estadísticamente diferente entre sí, de la siguiente manera: para el primer y segundo corte el contenido promedio fue de 395.5 mg%, para el tercer corte 487.6 mg%, para el cuarto corte 750.4, para el -

Cuadro 7

Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias, y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de taninos (método de vainillina) en gramos/100 gramos de muestra. Nivel de significancia alfa = 0.05

Análisis Estadístico	grupo ó variable	Promedios estadísticos en base seca (g/100g)	Promedios estadísticos en base húmeda (g/100g)
Pruebas de medias para variedades	grupo 1	Centa Izalco = 1.36	Centa Izalco = 0.83
	grupo 2	Porrillo Sintético y Talamanca = 1.21	Porrillo Sintético, Talamanca y Arbolito Retinto = 0.60
	grupo 3	Arbolito Retinto = 1.03	
Pruebas de medias para cortes	grupo 1	1o. y 6o. cortes = 1.30	1o. y 2o. cortes = 0.40
	grupo 2	3o., 4o. y 5o. cortes = 1.20	3o. corte = 0.49
	grupo 3	2o. corte = 1.06	4o. corte = 0.75
	grupo 4		5o. corte = 0.92
	grupo 5		6o. corte = 1.11
Análisis de correlación y regresión	tiempo de corte		$r = 0.837$ $Y = 0.141 + 0.15 X$ X = tiempo Y = taninos



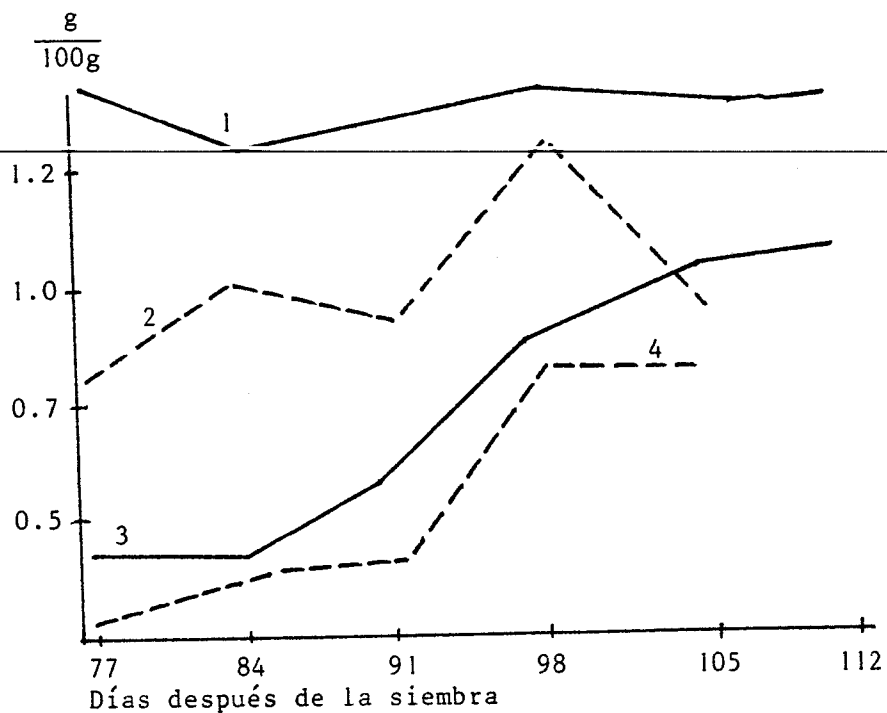


Figura 7: Contenido de taninos condensados en las variedades de grano rojo.

- 1 = Centa Izalco (base seca)
- 2 = Arbolito Retinto (base seca)
- 3 = Centa Izalco (base húmeda)
- 4 = Arbolito Retinto (base húmeda)

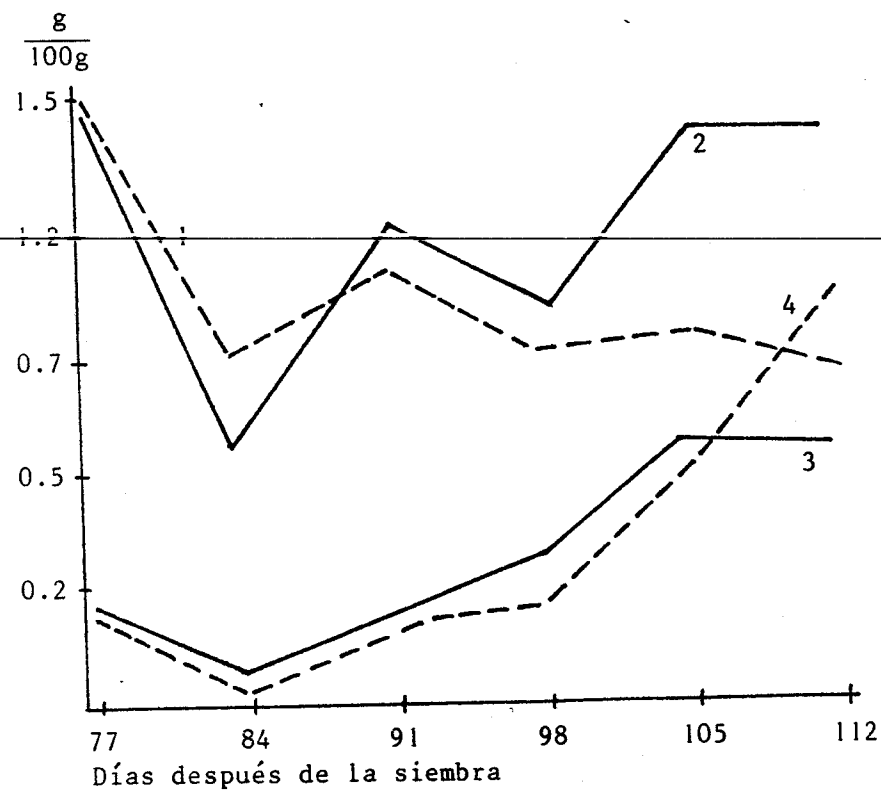


Figura 8: Contenido de taninos condensados en las variedades de grano negro.

- 1 = Talamanca (base seca)
- 2 = Porrillo Sintético (base seca)
- 3 = Talamanca (base húmeda)
- 4 = Porrillo Sintético (base húmeda)

quinto corte 921.2 y para el sexto corte 113.7 mg%. Este método únicamente presenta correlación con tiempo de corte cuando los resultados se expresan en base húmeda.

Según los resultados, el contenido de taninos condensados determinados por el método de vainillina no está influenciado por la coloración del grano de frijol, ya que no discrimina entre cada uno de los colores como lo permite el método de Hagerman-Butler. Asimismo, los resultados obtenidos por Martínez Tambito (1979), quien obtuvo que los contenidos de taninos condensados, expresados en base seca, son altos al inicio y después fluctúan durante la maduración del grano.

### 3) Contenido de Nitrógeno por el método Microkjeldhal

Con esta metodología el contenido de nitrógeno que se encontró en las variedades, cuadro 8, expresado en base húmeda, varió entre 2.77 y 2.25 g/100 g., siendo, de acuerdo al análisis de varianza (cuadro 21A), la variedad Centa Izalco la que forma el grupo de mayor contenido y el grupo con el menor contenido es el formado por la variedad Porrillo Sintético. Al expresar los resultados en base seca el grupo estadísticamente superior lo constituyen las variedades Porrillo Sintético y Talamanca con un promedio de 4.69 g/100 g de frijol.

Respecto a los cortes se observa que el nitrógeno presenta un claro incremento cuando se expresa en base húmeda, de acuerdo al análisis de varianza cada uno de los cortes es estadísticamente significativo, siendo el de menor contenido el primer corte con 1.41%, incrementándose hasta alcanzar el sexto corte 4.29%. Al expresarse en base seca los resultados muestran una secuencia tendiente a un ligero incremento según se incrementa el tiempo de corte, de acuerdo al análisis de varianza cada uno de los promedios estadísticamente son diferentes entre sí, de la siguiente manera: para el primer y el segundo corte el contenido fue 4.40%, para el tercer corte 4.59%, para el cuarto y quinto corte 4.69%, y para el sexto corte 4.99%.

Estos resultados están de acuerdo con los de Conde Marroquín (5)

Cuadro 8

Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias, y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de nitrógeno total en gramos/100 gramos de muestra. Nivel de significancia alfa = 0.05

Análisis Estadístico	Grupo ó Variable	Promedios estadísticos en base seca (g/100g)	Promedios estadísticos en base húmeda (g/100g)
Pruebas de medias para variedades	grupo 1	Porrillo Sintético y Talamanca = 4.69	Centa Izalco = 2.77
	grupo 2	Centa Izalco y Arbolito Retinto = 4.51	Arbolito Retinto y Talamanca = 2.49
	grupo 3		Porrillo Sintético = 2.25
Pruebas de medias para cortes	grupo 1	1o. y 2o. cortes = 4.40	1o. corte = 1.41
	grupo 2	3o. corte = 4.59	2o. corte = 1.50
	grupo 3	4o. y 5o. cortes = 4.69	3o. corte = 1.90
	grupo 4	6o. corte = 4.99	4o. corte = 2.81
	grupo 5		5o. corte = 3.53
	grupo 6		6o. corte = 4.29
Análisis de correlación y regresión	con tiempo de corte	$r = 0.99$ $Y = 4.31 X^{0.0619}$ Y = nitrógeno total X = tiempo	$r = 0.91$ $Y = 3.013 + 0.589 X$ Y = nitrógeno total X = tiempo
	con lignina	$r = 0.8494$ $Y = -5 + 0.04 X$ Y = nitrógeno total X = lignina	

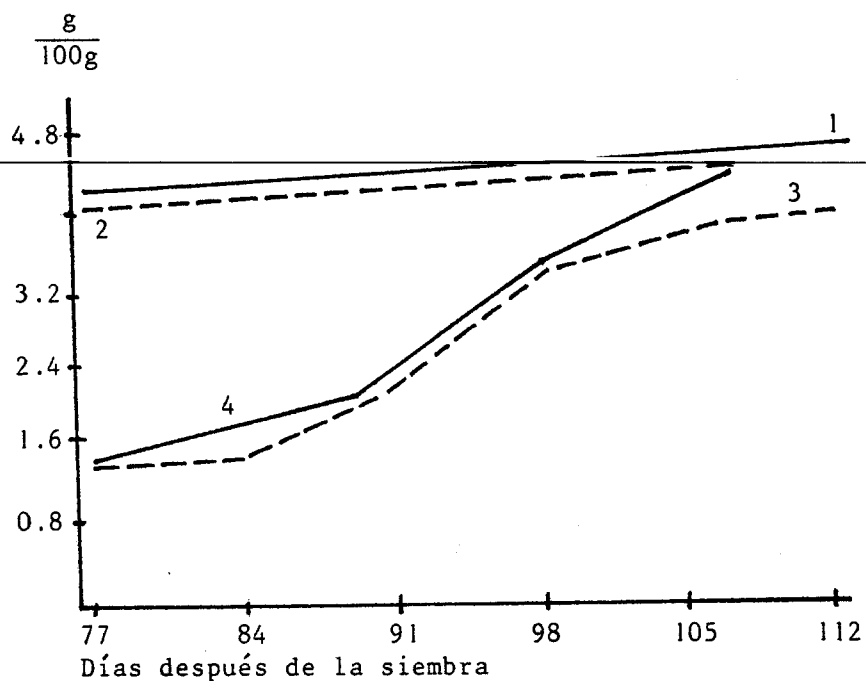


Figura 9: Contenido de nitrógeno total en las variedades de grano rojo.

- 1 = Centa Izalco (base seca)
- 2 = Arbolito Retinto (base seca)
- 3 = Centa Izalco (base húmeda)
- 4 = Arbolito Retinto (base húmeda)

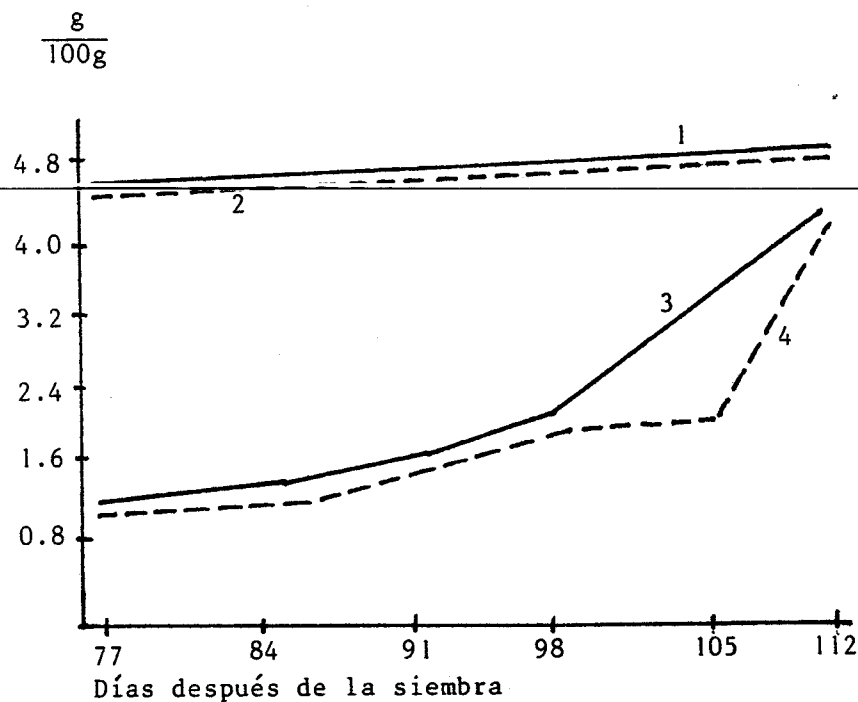


Figura 10: Contenido de nitrógeno total en las variedades de grano negro.

- 1 = Porrillo Sintético (base seca)
- 2 = Talamanca (base seca)
- 3 = Talamanca (base húmeda)
- 4 = Porrillo Sintético (base húmeda)

quien obtuvo que la tendencia general de las proteínas en base seca es a incrementarse. En base húmeda el contenido de nitrógeno es inicialmente bajo pero se incrementa proporcionalmente con el tiempo de muestreo, debido a la pérdida de agua del grano (figuras 3 y 4).

El análisis de varianza muestra una clara diferencia entre los materiales debido a la coloración de la cáscara, así, los materiales Centa - Izalco y Arbolito Retinto, de color rojo fueron los que presentan el menor contenido expresado en base seca es de 4.51%, el grupo de frijoles - negros Porrillo Sintético y Talamanca presentaron 4.69%. Lo anterior indica que el contenido de nitrógeno en su mayor parte ya está dado, cuando el grano alcanza un crecimiento constante durante la maduración y posteriormente completa su desarrollo, ya que su incremento es logarítmico con respecto al tiempo de muestreo.

#### 4) Contenido de fibra y fraccionamiento celular

##### 4.1) Pared vegetal y contenido celular

De acuerdo a los resultados, cuadros 9 y 10, obtenidos expresados en base seca presentan un promedio de 19.1% de pared vegetal y 80.9% de contenido celular tanto para las variedades como para los cortes. Expresado en base húmeda, tanto las paredes vegetales como el contenido celular muestran un incremento según se incrementa el tiempo de corte, de acuerdo al análisis de varianza (cuadro 32A) cada uno de los cortes es estadísticamente significativo, - - siendo menor el primer corte con 6.0% de paredes vegetales y 26.3% de contenido celular, aumentando hasta alcanzar en el sexto corte 60.6% de contenido celular y 16.4% de paredes vegetales.

En base seca el contenido celular y las paredes vegetales permanecen constantes durante el desarrollo, en base húmeda aumentan proporcionalmente con el tiempo de corte (figuras de la 11 a la 14). Lo cual indica que estos componentes celulares ya están dados desde el inicio del desarrollo del grano, y los cambios se deben únicamente a la pérdida de agua dentro de la semilla.

Cuadro 9

Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias, y análisis de correlación y regresión para la variable contenido celular en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia alfa = 0.05

Análisis Estadístico	Grupo é Variable	Promedios estadísticos en base seca (g/100g)	Promedios estadísticos en base húmeda (g/100g)
Pruebas de medias para variables	grupo 1	las 4 variedades = 80.98	Centa Izalco = 48.91
	grupo 2		Arbolito Retinto y Talamanca = 43.44
	grupo 3		Porrillo Sintético = 37.76
Pruebas de medias para cortes	grupo 1	las 4 variedades = 80.97	1o. corte = 26.28
	grupo 2		2o. corte = 27.83
	grupo 3		3o. corte = 33.45
	grupo 4		4o. corte = 49.03
	grupo 5		5o. corte = 60.41
	grupo 6		6o. corte = 69.56
Análisis de correlación y regresión	tiempo de corte		$r = 0.907$ $Y = 11.00 + 9.60X$ $Y = \text{contenido celular}$ $X = \text{tiempo de corte}$

Cuadro 10

Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de paredes celulares en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia alfa = 0.05

Análisis Estadístico	Grupo ó Variable	Promedios estadísticos en base seca (g/100g)	Promedios estadísticos en base húmeda (g/100g)
Pruebas de medias para variedades	grupo 1	las 4 variedades = 18.90	Centa Izalco = 11.49
	grupo 2		Talamanca y Arbolito Retinto = 10.24
	grupo 3		Porrillo Sintético = 8.97
Pruebas de medias para cortes	grupo 1	los 6 cortes = 19.00	1o. corte = 6.03
	grupo 2		2o. corte = 6.52
	grupo 3		3o. corte = 7.93
	grupo 4		4o. corte = 11.39
	grupo 5		5o. corte = 14.49
	grupo 6		6o. corte = 16.39
Análisis de correlación y regresión	tiempo de corte		$r = 0.907$ $Y = 2.58 + 2.25X$ $Y = \text{paredes celulares}$ $X = \text{tiempo de corte}$

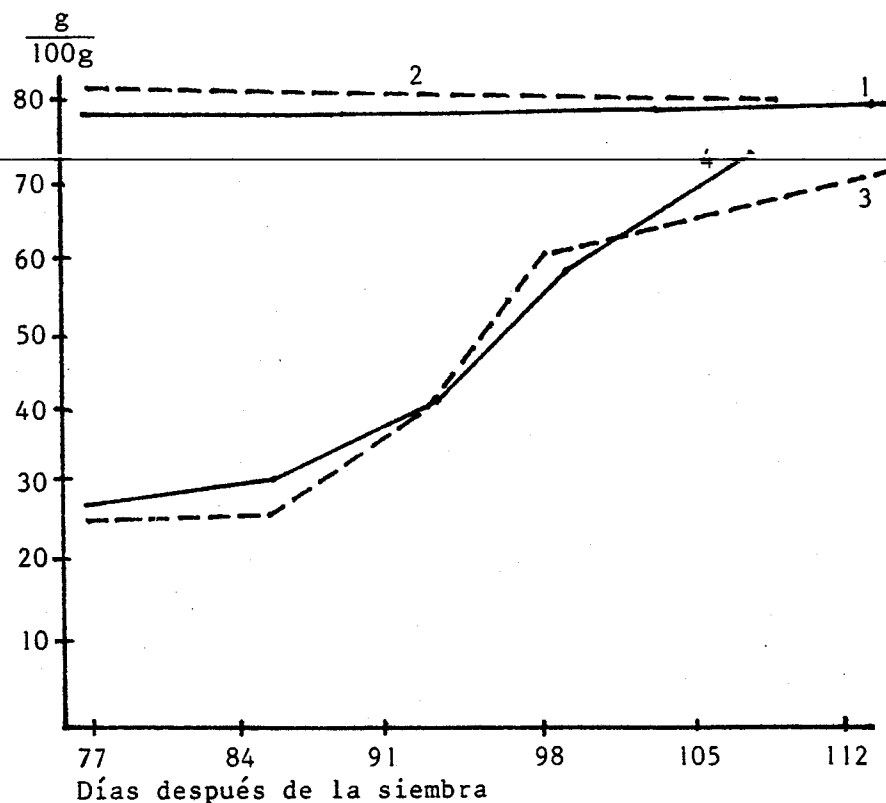


Figura 11: Contenido celular en las variedades de grano rojo.

- 1 = Centa Izalco (base seca)
- 2 = Arbolito Retinto (base seca)
- 3 = Centa Izalco (base húmeda)
- 4 = Arbolito Retinto (base húmeda)

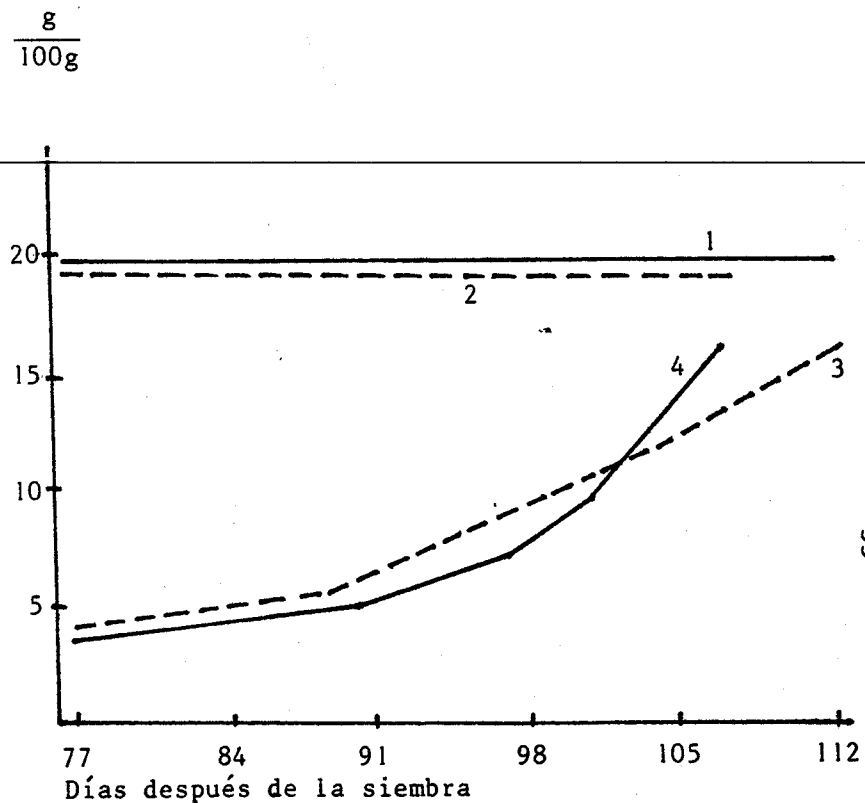


Figura 12: Contenido de paredes celulares en las variedades de grano rojo.

- 1 = Centa Izalco (base seca)
- 2 = Arbolito Retinto (base seca)
- 3 = Centa Izalco (base húmeda)
- 4 = Arbolito Retinto (base húmeda)



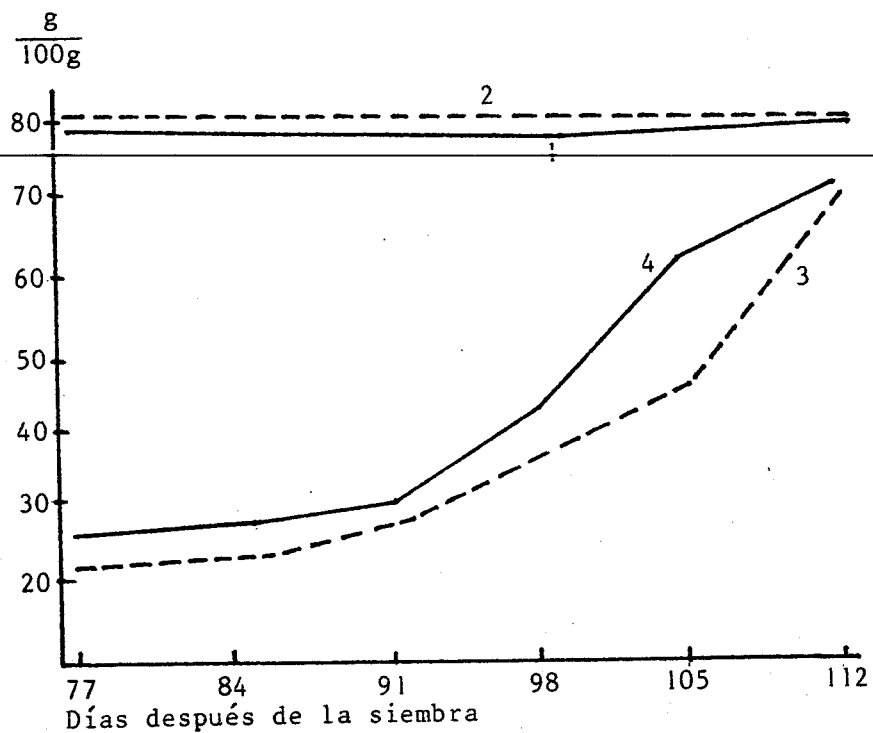


Figura 13: Contenido celular en las variedades de grano negro.

- 1 = Porrillo Sintético (base seca)
- 2 = Talamanca (base seca)
- 3 = Porrillo Sintético (base húmeda)
- 4 = Talamanca (base húmeda)

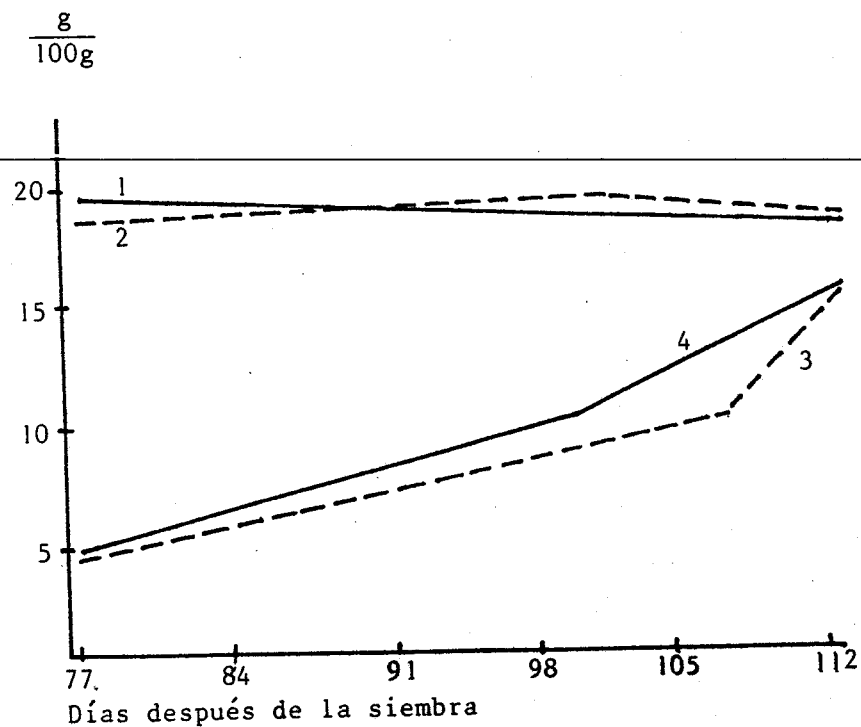


Figura 14: Contenido de paredes celulares en las variedades de grano negro.

- 1 = Porrillo Sintético (base seca)
- 2 = Talamanca (base seca)
- 3 = Porrillo Sintético (base húmeda)
- 4 = Talamanca (base húmeda)

En lo que se refiere a las paredes celulares vegetales, permanecieron constantes de manera global, sin embargo sus componentes internos si presentaron cambios durante el desarrollo del grano tales como celulosa, hemicelulosa, lignina y cenizas.

#### 4.2) Contenido de celulosa y hemicelulosa

Se encontró que el contenido de celulosa en las variedades, - cuadro 11, expresado en base húmeda, de acuerdo al análisis de varianza (cuadros 36A y 38A) las variedades Porrillo Sintético y Talamanca (grano negro), forman el grupo de mayor contenido siendo de 3.01% y el grupo con el menor contenido lo forman las variedades de grano rojo Centa Izalco y Arbolito Retinto siendo de 2.78%. Al expresar los resultados en base seca el grupo estadísticamente superior lo constituye la variedad Porrillo Sintético con un promedio de 6.23%.

Respecto a los cortes se observa que el contenido de celulosa presenta un incremento al expresarse en base húmeda siendo de menor contenido el primero y el segundo corte con 2.08%, y el quinto y el sexto corte con 3.95%. Al expresarse en base seca los resultados muestran una secuencia tendiente a disminuir según se incrementa el tiempo de corte, de acuerdo al análisis de varianza cada uno de los cortes es estadísticamente significativo, siendo el de mayor contenido el primer corte con 6.51%, disminuyendo hasta alcanzar en el sexto corte 4.81%.

Se encontró que el contenido de hemicelulosa en las variedades, cuadro 12, expresado en base húmeda, de acuerdo al análisis de varianza, las variedades Centa Izalco y Arbolito Retinto (grano rojo) formaron el mayor grupo siendo de 7.06% y las variedades Porrillo Sintético y Talamanca (grano negro) formaron el grupo con menor contenido siendo de 5.33%. Al expresar los resultados en base seca el grupo estadísticamente superior lo constituyen las variedades Centa Izalco y Arbolito Retinto con un promedio de 11.71%.

Cuadro 11

Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de celulosa en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia alfa = 0.05

Análisis Estadístico	Grupo ó Variable	Promedios estadísticos en base seca (g/100g)	Promedios estadísticos en base húmeda (g/100g)
Pruebas de medias para variedades	grupo 1	Porrillo Sintético = 6.23	Porrillo Sintético y Talamanca = 3.01
	grupo 2	Talamanca y Arbolito Retinto = 5.70	Centa Izalco y Arbolito Retinto = 2.78
	grupo 3	Centa Izalco = 4.84	
Pruebas de medias para cortes	grupo 1	1o. corte = 6.51	1o. y 2o. cortes = 2.08
	grupo 2	2o. corte = 5.96	3o. corte = 2.35
	grupo 3	3o. corte = 5.73	4o. corte = 3.22
	grupo 4	4o. corte = 5.42	5o. y 6o. cortes = 3.95
	grupo 5	5o. corte = 5.06	
	grupo 6	6o. corte = 4.81	
Análisis de correlación y regresión	con tiempo de corte		$r = 0.863$ $Y = 1.324 + 0.46X$ Y = celulosa Y = tiempo
	con hemi-celulosa	$r = 0.908$ $Y = 17.76 - 1.18X$ Y = celulosa Y = hemicelulosa	

Cuadro 12

Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de hemicelulosa en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia alfa = 0.05

Análisis Estadístico	Grupo ó Variable	Promedios estadísticos en base seca (g/100g)	Promedios estadísticos en base húmeda (g/100g)
Pruebas de medias para variedades	grupo 1	Centa Izalco y Arbolito Retinto = 11.71	Centa Izalco y Arbolito Retinto = 7.06
	grupo 2	Porrillo Sintético y Talamanca = 10.54	Porrillo Sintético y Talamanca = 5.33
Pruebas de medias para cortes	grupo 1	1o. corte = 9.99	1o. corte = 3.14
	grupo 2	2o. corte = 10.60	2o. corte = 3.67
	grupo 3	3o. y 4o. cortes = 11.28	3o. corte = 4.68
	grupo 4	5o. y 6o. cortes = 11.88	4o. corte = 6.89
	grupo 5		5o. corte = 9.04
	grupo 6		6o. corte = 10.14
Análisis de correlación y regresión	tiempo de corte con celulosa	$r = 0.908$ $Y = 17.76 - 1.18X$ $Y = \text{hemicelulosa}$ $X = \text{celulosa}$	$r = 0.879$ $Y = 1.024 + 1.5X$ $Y = \text{hemicelulosa}$ $Y = \text{tiempo}$

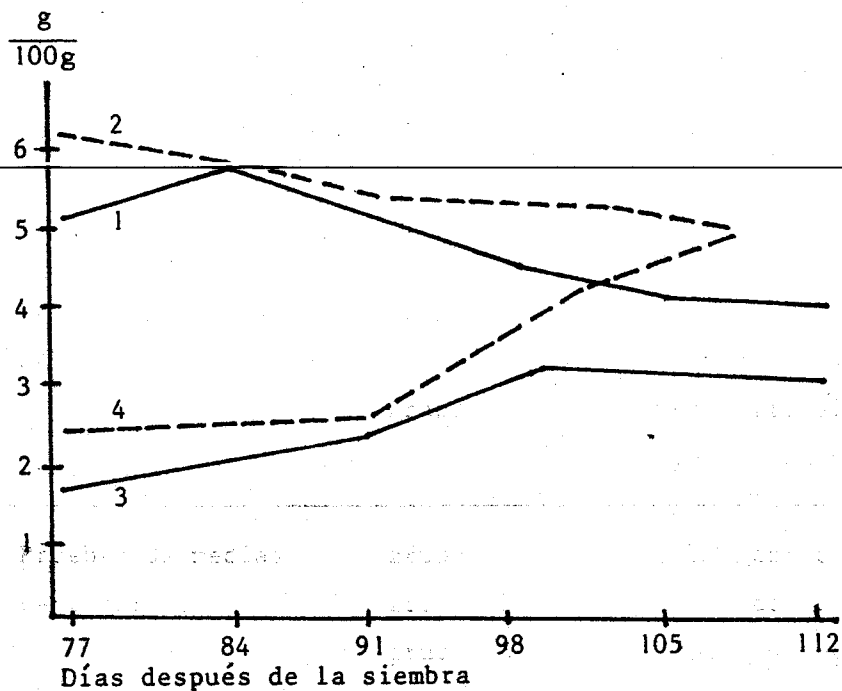


Figura 15: Contenido de celulosa en las variedades de grano rojo.

- 1 = Centa Izalco (base seca)
- 2 = Arbolito Retinto (base seca)
- 3 = Centa Izalco (base húmeda)
- 4 = Arbolito Retinto (base húmeda)

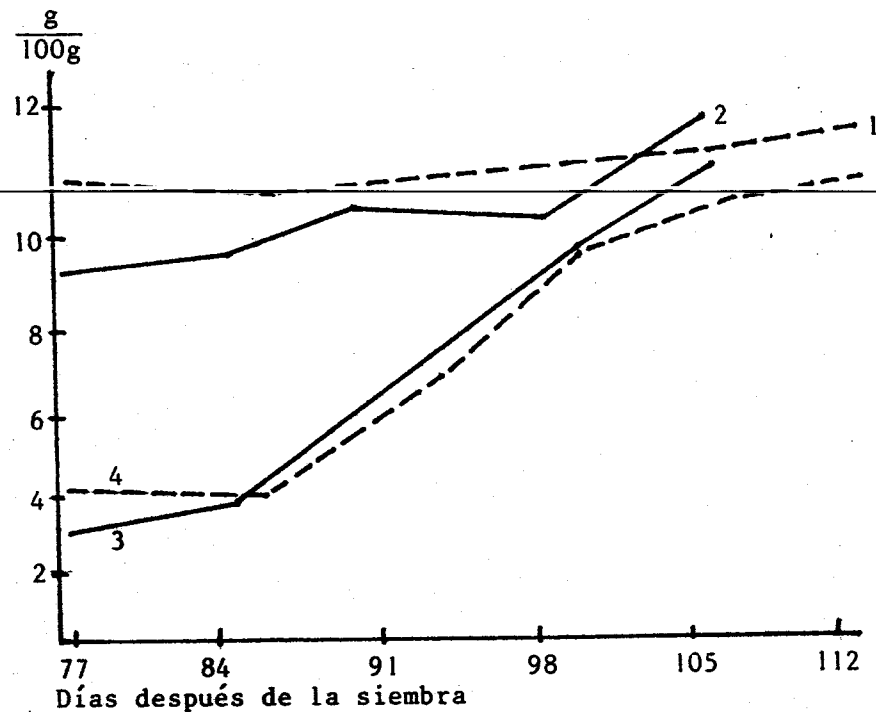


Figura 16: Contenido de hemicelulosa en las variedades de grano rojo.

- 1 = Centa Izalco (base seca)
- 2 = Arbolito Retinto (base seca)
- 3 = Centa Izalco (base húmeda)
- 4 = Arbolito Retinto (base húmeda)

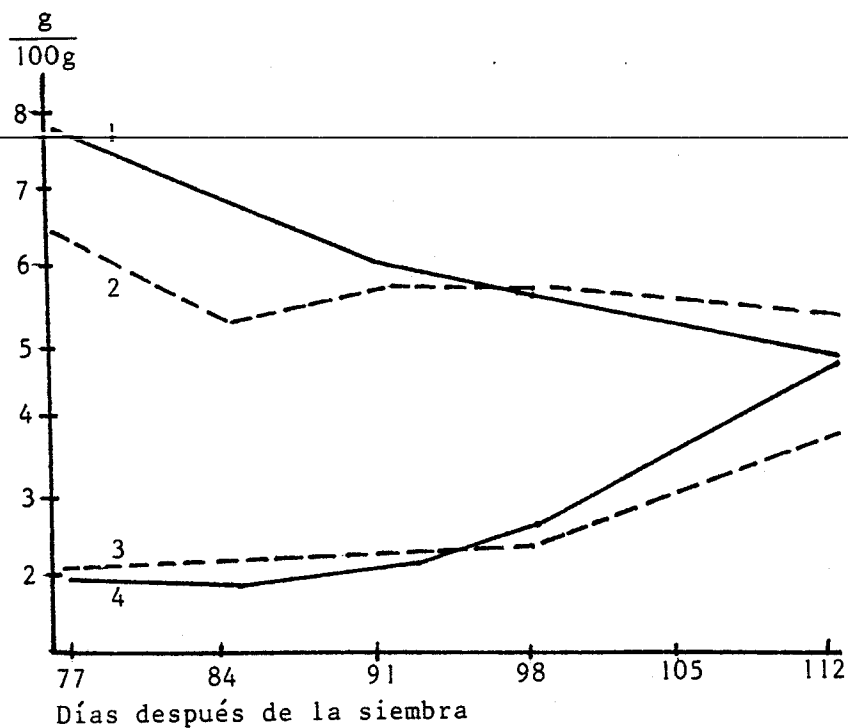


Figura 17: Contenido de celulosa en las variedades de grano negro.

- 1 = Porrillo Sintético (base seca)
- 2 = Talamanca (base seca)
- 3 = Porrillo Sintético (base húmeda)
- 4 = Talamanca (base húmeda)

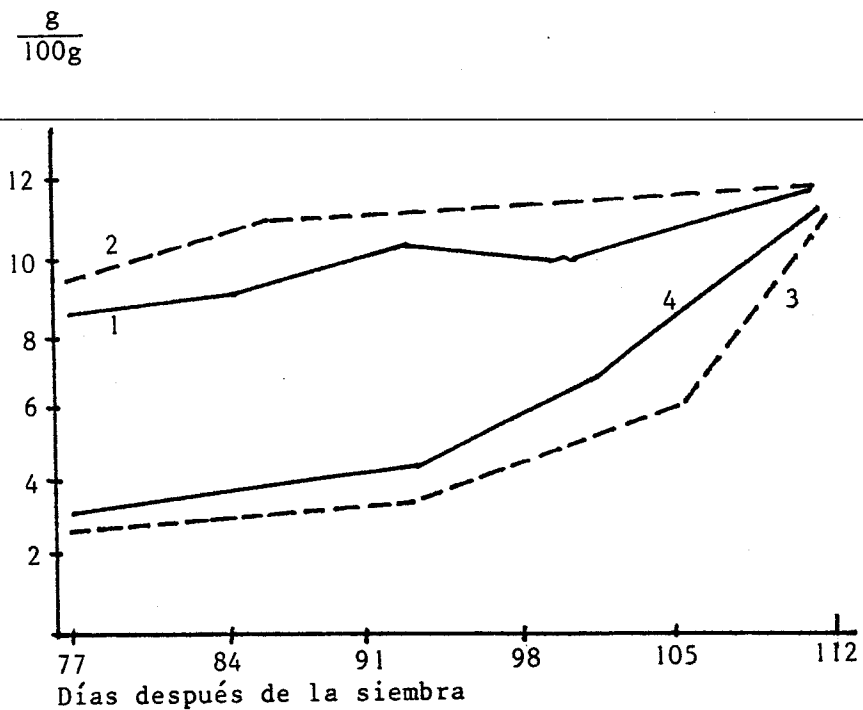


Figura 18: Contenido de hemicelulosa en las variedades de grano negro.

- 1 = Porrillo Sintético (base seca)
- 2 = Talamanca (base seca)
- 3 = Porrillo Sintético (base húmeda)
- 4 = Talamanca (base húmeda)

Respecto a los cortes se observa que el contenido de hemicelulosa presenta un incremento cuando se expresa en base seca, variando entre 9.99% y 11.88%, siendo, de acuerdo al análisis de varianza, el primer corte el que forma el grupo de menor contenido, y el grupo con el mayor contenido lo forman el quinto y el sexto corte. Al expresarse en base húmeda los resultados muestran una secuencia tendiente a incrementarse (figuras 16 y 18), según transcurre el tiempo de corte, de acuerdo al análisis de varianza cada uno de los cortes es estadísticamente significativo, siendo el de menor contenido el primer corte con 3.14% de hemicelulosa, aumentando hasta alcanzar en el sexto corte 10.14%.

Los resultados muestran que durante el desarrollo del grano, en base seca el contenido de celulosa disminuye y el contenido de hemicelulosa es un poco fluctuante pero con tendencia a incrementarse, en base húmeda ambos componentes de la pared celular se incrementan siendo más marcado el aumento en la hemicelulosa, por la pérdida de agua. Parece que a medida que la hemicelulosa se incrementa la celulosa decrece dentro de la pared celular de la semilla presentando una correlación lineal de 0.908, ya que la celulosa se deposita como una estructura filamentosa y el resto, o sea la matriz está compuesta principalmente por hemicelulosa (19).

#### 4.3) Contenido de lignina y cenizas

El contenido de lignina que se encontró en las variedades, - cuadro 13, expresado en base húmeda, varió entre 0.95% y 0.85%, - siendo de acuerdo al análisis de varianza (cuadros 40A y 42A), las variedades Porrillo Sintético y Talamanca (grano negro), los que forman el grupo de mayor contenido; el grupo con el menor contenido es el formado por las variedades Centa Izalco y Arbolito Retinto (grano rojo). Al expresar los resultados en base seca el grupo estadísticamente superior lo constituyen las variedades Porrillo Sintético y Talamanca con un promedio de 1.79%.

Respecto a los cortes se observa que el contenido de lignina

Cuadro 13

Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias, y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de lignina en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia = 0.05

Análisis Estadístico	Grupo ó Variable	Promedios estadísticos en base seca (g/100g)	Promedios estadísticos en base húmeda (g/100g)
Pruebas de medias para variedades	grupo 1	Porrillo Sintético y Talamanca = 1.79	Porrillo Sintético y Talamanca = 0.95
	grupo 2	Centa Izalco y Arbolito Retinto = 1.41	Centa Izalco y Arbolito Retinto = 0.85
Pruebas de medias para cortes	grupo 1	1o. corte = 1.18	1o. corte = 0.39
	grupo 2	2o. corte = 1.42	2o. corte = 0.47
	grupo 3	3o. corte = 1.56	3o. corte = 0.64
	grupo 4	4o. corte = 1.65	4o. corte = 0.99
	grupo 5	5o. corte = 1.89	5o. corte = 1.37
	grupo 6	6o. corte = 2.07	6o. corte = 1.77
Análisis de correlación y regresión	con tiempo de corte	$r = 0.74$ $Y = 1.1(1.1096)^X$ $Y = \text{lignina}$ $X = \text{tiempo}$	$r = 0.964$ $Y = 0.262(1.38)^X$ $Y = \text{lignina}$ $X = \text{tiempo}$
	con proteína	$r = 0.849$ $Y = 0.23X - 5.02$ $Y = \text{lignina}$ $X = \text{proteína}$	



Cuadro 14

Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de cenizas en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia = 0.05

Análisis Estadístico	Grupo ó Variable	Promedios estadísticos en base seca (g/100g)	Promedios estadísticos en base húmeda (g/100g)
Pruebas de medias para variedades	grupo 1	Porrillo Sintético y Talamanca = 0.75	Porrillo Sintético, Talamanca y Arbolito Retinto = 0.32
	grupo 2	Centa Izalco y Arbolito Retinto = 0.61	Centa Izalco = 0.31
Pruebas de medias para cortes	grupo 1	1o. corte = 1.05	6o. corte = 0.36
	grupo 2	2o. corte = 0.86	1o., 4o. y 5o. cortes = 0.33
	grupo 3	3o. corte = 0.68	2o. y 3o. cortes = 0.29
	grupo 4	4o. corte = 0.56	
	grupo 5	5o. corte = 0.45	
	grupo 6	6o. corte = 0.41	
Análisis de correlación y regresión	con tiempo de corte	$r = 0.903$ $Y = 0.119 X^{-0.542}$ Y = cenizas X = tiempo	

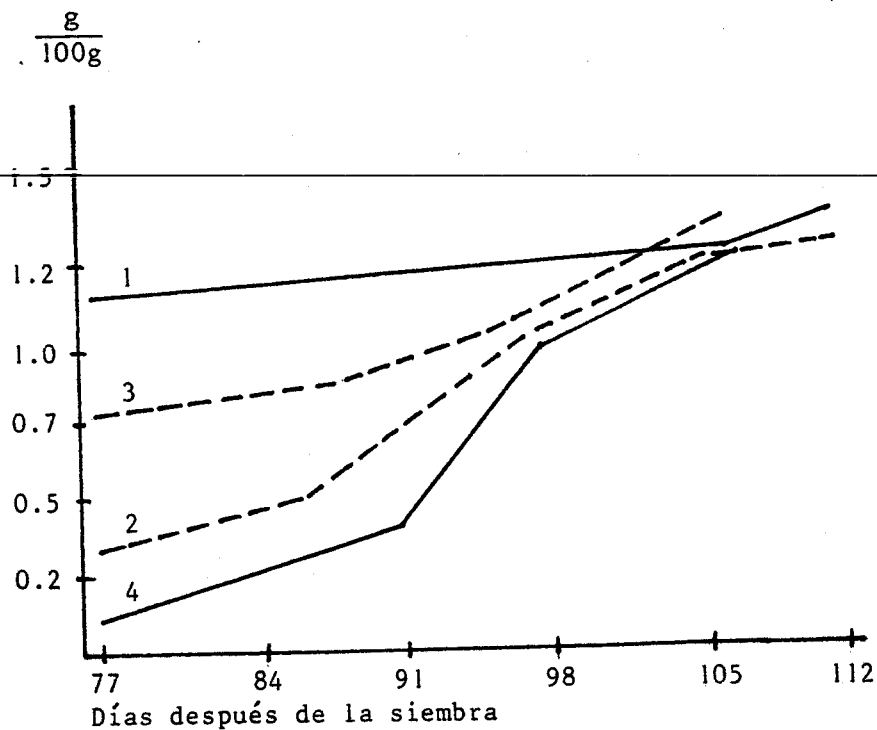


Figura 19: Contenido de lignina en las variedades de grano rojo.

- 1 = Centa Izalco (base seca)
- 2 = Centa Izalco (base húmeda)
- 3 = Arbolito Retinto (base seca)
- 4 = Arbolito Retinto (base húmeda)

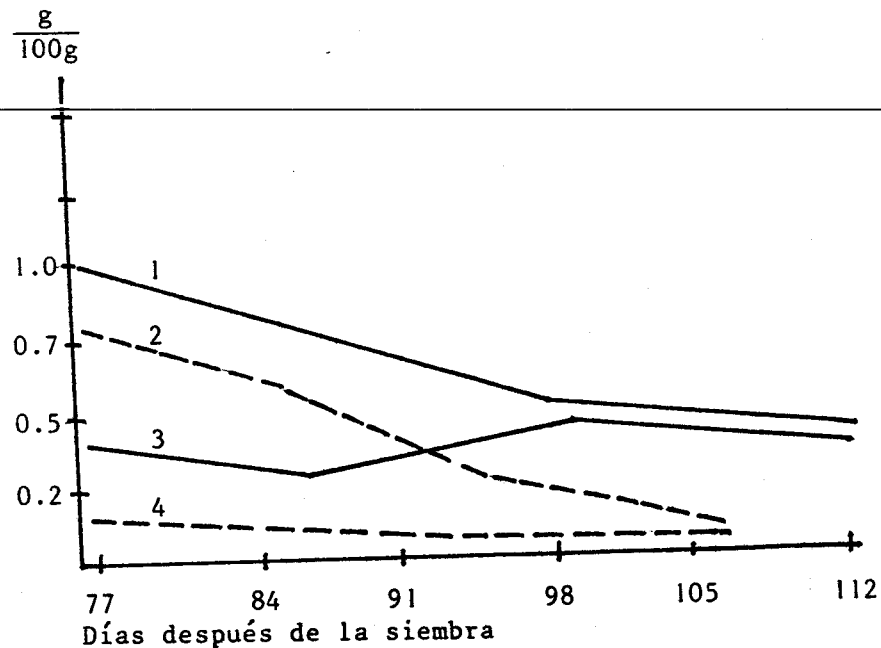


Figura 20: Contenido de cenizas en las variedades de grano rojo.

- 1 = Centa Izalco (base seca)
- 2 = Arbolito Retinto (base seca)
- 3 = Centa Izalco (base húmeda)
- 4 = Arbolito Retinto (base húmeda)

Instituto Tecnológico de  
 Chetumal  
 Facultad de Ciencias Exactas  
 y Naturales  
 Laboratorio de Fisiología Vegetal

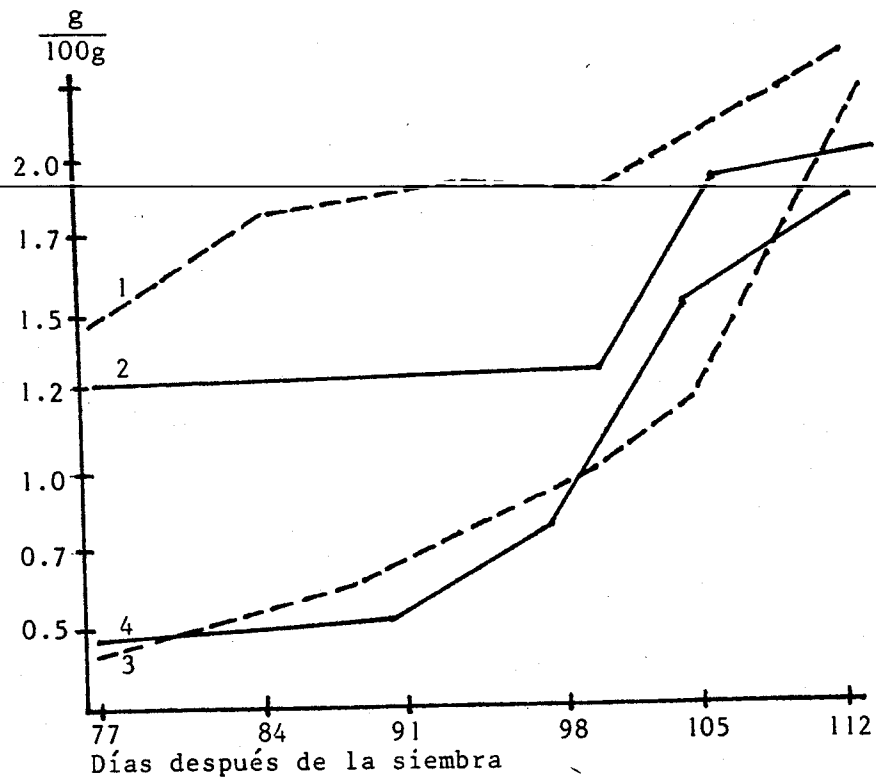


Figura 21: Contenido de lignina en las variedades de grano negro.

- 1 = Porrillo Sintético (base seca)
- 2 = Talamanca (base seca)
- 3 = Porrillo Sintético (base húmeda)
- 4 = Talamanca (base húmeda)

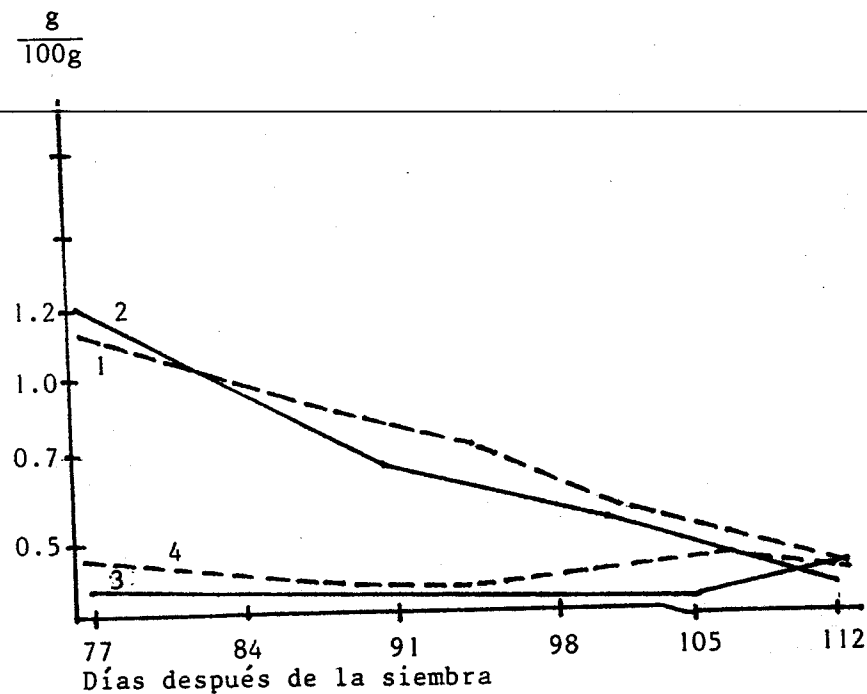


Figura 22: Contenido de cenizas en las variedades de grano negro.

- 1 = Porrillo Sintético (base seca)
- 2 = Talamanca (base seca)
- 3 = Porrillo Sintético (base húmeda)
- 4 = Talamanca (base húmeda)

presenta un incremento cuando se expresa en base húmeda (figuras 19 y 21) según se incrementa el tiempo de corte, de acuerdo al análisis de varianza cada uno de los cortes es estadísticamente significativo, siendo el de menor contenido el primero con 0.39%, aumentando hasta alcanzar en el sexto corte 1.77%. Al expresar en base seca los resultados muestran una secuencia tendiente a un incremento al aumentar el tiempo de corte, de acuerdo al análisis de varianza cada uno de los cortes es estadísticamente significativo, siendo el de menor contenido el primero con 1.18%, aumentando hasta alcanzar 2.07%.

El contenido de cenizas que se encontró en las variedades, cuadro 14, expresado en base húmeda, varió entre 0.32 y 0.31%, siendo de acuerdo al análisis de varianza, las variedades Porrillo Sintético, talamanca y Arbolito Retinto los que forman el grupo de mayor contenido, el grupo con el menor contenido es el formado por la variedad Centa Izalco. Al expresar los resultados en base seca el grupo estadísticamente superior lo constituyen las variedades Porrillo Sintético y Talamanca (grano negro) con un promedio de 0.75% de cenizas.

Respecto a los cortes se observa que el contenido de ceniza presenta variación en base húmeda; al expresar en base seca los resultados muestran una secuencia tendiente a una disminución según se incrementa el tiempo de corte (figuras 20 y 22), de acuerdo al análisis de varianza, cada uno de los cortes es estadísticamente significativo, siendo el de mayor contenido el primero con 1.05%, disminuyendo hasta alcanzar el sexto corte 0.41%.

Durante el desarrollo del grano, en base seca, el contenido de lignina aumenta principalmente en las variedades de frijol negro, y el contenido de cenizas disminuye; en base húmeda la lignina se incrementa geométricamente y las cenizas presentan un comportamiento irregular (figuras de la 19 a la 22).

Los resultados muestran que la lignina ya estaba presente

al inicio del desarrollo, y en las fases siguientes se incrementó al doble de su concentración original, ya que esta sustancia es un polímero no hidrocarbonado que da rigidez a la pared celular, y a medida que el grano madura la lignina se sintetiza más.

## 5) Contenido de almidones totales

El contenido de almidones totales que se encontró en las variedades, cuadro 15, expresado en base húmeda, varió entre 21.1 y 16.8%, de acuerdo al análisis de varianza (cuadro 45A), las variedades Centa Izalco y Arbolito Retinto son las que forman el grupo de mayor contenido, el grupo con el menor contenido es el formado por la variedad Porrillo Sintético. Al expresar los resultados en base seca las cuatro variedades contienen un promedio de 36.40%.

Respecto a los cortes se observa que el contenido de almidones totales expresado en base seca presenta un contenido promedio igual estadísticamente para todos los cortes, siendo de 36.4%; al expresarse en base húmeda los resultados muestran una tendencia clara a aumentar según se incrementa el tiempo de corte (figuras 23 y 24), de acuerdo al análisis de varianza cada uno de los cortes es estadísticamente significativo, siendo el de menor contenido el primero con 11.6% aumentando -- hasta alcanzar en el sexto corte 31.1%.

Los almidones totales ya están dados en el grano de frijol desde el inicio del desarrollo y se mantienen inalterables cuantitativamente hasta que finaliza la maduración. Los estudios deben continuarse con el propósito de establecer, si existen cambios en las fracciones internas del almidón total, ya que este se compone de almidón accesible y almidón resistente, y si se presenta la posible interacción con las proteínas que reducen la proporción del almidón accesible.

## 6) Análisis de azúcares

### 6.1) Azúcares libres

El contenido de azúcares libres que se encontró en las

Cuadro 15

Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias, y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de almidones en gramos/100 gramos de muestra de frijol. Nivel de significancia = 0.05

Análisis Estadístico	Grupo o Variable	Promedios estadísticos en base seca (g/100g)	Promedios estadísticos en base húmeda (g/100g)
Pruebas de medias para variedades	grupo 1	las 4 variedades = 36.4	Centa Izalco y Arbolito Retinto = 21.1
	grupo 2		Talamanca = 19.5
	grupo 3		Porrillo Sintético = 16.8
Pruebas de medias para cortes	grupo 1	los 6 cortes = 36.4	1o. corte = 11.6
	grupo 2		2o. corte = 12.5
	grupo 3		3o. corte = 15.3
	grupo 4		4o. corte = 22.0
	grupo 5		5o. corte = 27.8
	grupo 6		6o. corte = 31.1
Análisis de correlación y regresión	con tiempo de corte		$r = 0.909$ $Y = 5.0909 + 4.27X$

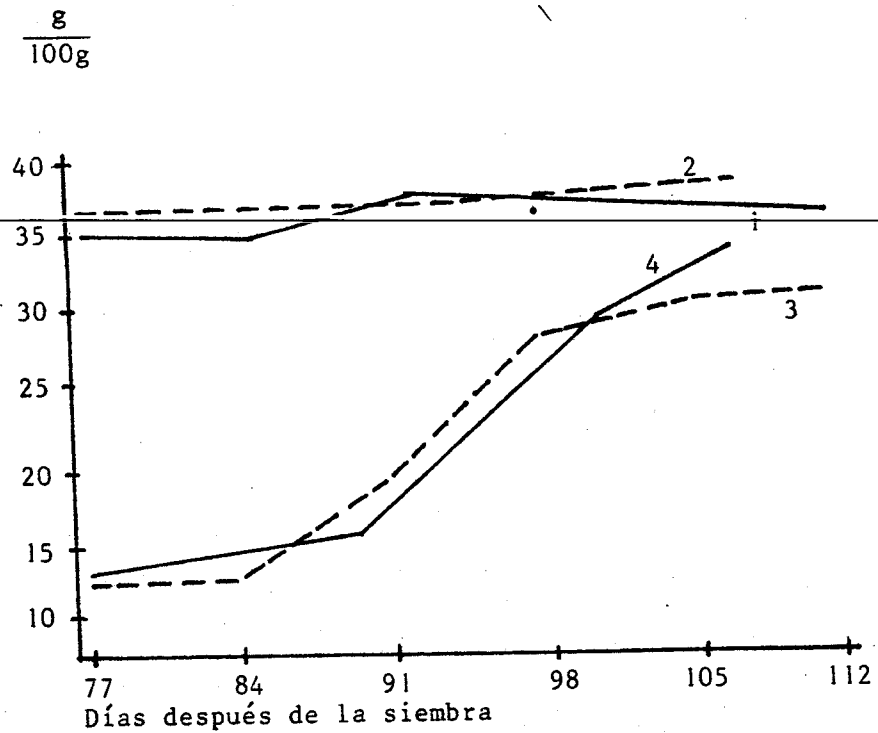


Figura 23: Contenido de almidones en las variedades de grano rojo.

- 1 = Centa Izalco (base seca)
- 2 = Arbolito Retinto (base seca)
- 3 = Centa Izalco (base húmeda)
- 4 = Arbolito Retinto (base húmeda)

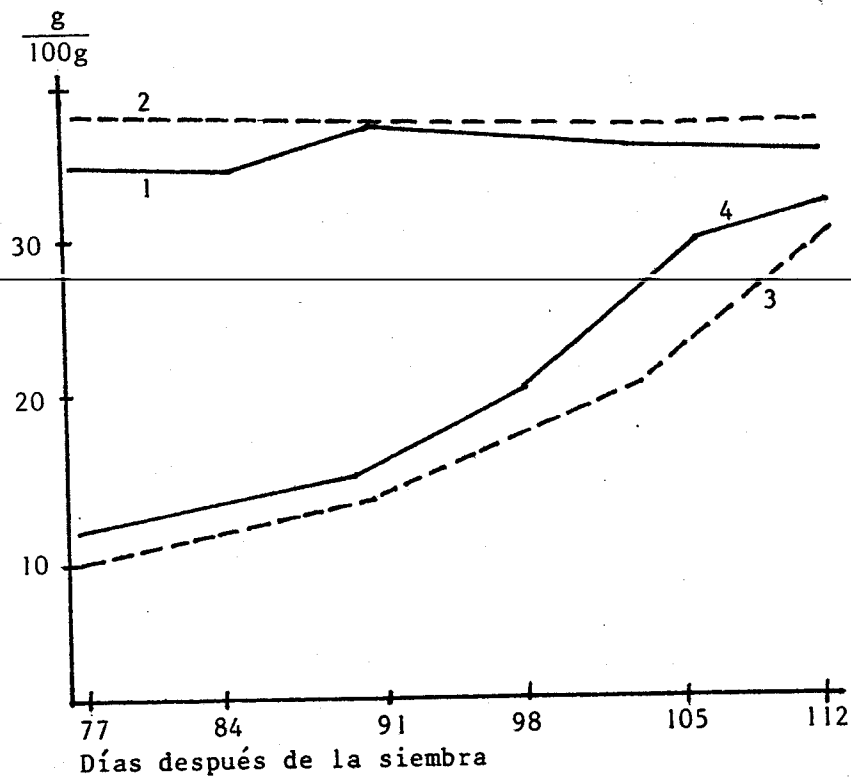


Figura 24: Contenido de almidones en las variedades de grano negro.

- 1 = Porrillo Sintético (base seca)
- 2 = Talamanca (base seca)
- 3 = Porrillo Sintético (base húmeda)
- 4 = Talamanca (base húmeda)

variedades, cuadro 16, expresado en base húmeda, varió entre 7.34 y 5.29%, siendo de acuerdo al análisis de varianza (cuadro 47A), la variedad Centa Izalco la que formó el grupo de mayor contenido, el grupo con el menor contenido es el formado por la variedad Porrillo Sintético. Al expresar los resultados en base seca el grupo estadísticamente superior lo constituyen todas las variedades excepto Porrillo Sintético, con un promedio de 10.26%.

Respecto a los cortes se observa que el contenido de azúcares libres se incrementa en base húmeda según aumenta el tiempo de corte, de acuerdo al análisis de varianza cada uno de los cortes es estadísticamente significativo, siendo el de menor contenido el primero con 1.89% aumentando hasta alcanzar en el sexto corte 13.74%. Al expresarse en base seca los resultados muestran un aumento del contenido de azúcares libres según se incrementa el tiempo de corte (figuras 25 y 26), siendo los promedios estadísticamente diferentes entre sí, de la siguiente manera: para el primer y segundo corte el contenido promedio fue 5.68%, para el tercer corte 8.01%, para el cuarto corte 12.52%, para el quinto corte 14.12% y para el sexto corte 15.97%. Este método muestra correlación con el tiempo de corte cuando los resultados se expresan en base seca y en base húmeda.

Los resultados indican que los azúcares libres detectados ya están presentes en los granos de frijol desde las fases iniciales del desarrollo, pero de manera incipiente, y continúan sintetizándose con el avance de la maduración.

#### 6.2) Análisis de azúcares por cromatografía en capa fina (azúcares de flatulencia)

Para detectar la presencia de glucosa en los azúcares libres se realizó una corrida de cromatografía en capa fina, utilizando P-anisidine como agente revelador. Los extractos de frijol se concentraron hasta obtener 50 mg. de azúcares/ml, el estándar se preparó con 10 mg de glucosa/ml, obteniéndose resultados negativos, lo cual demuestra la ausencia de glucosa en los



Cuadro 16

Análisis de varianza, pruebas múltiples de medias, y análisis de correlación y regresión para la variable contenido de azúcares libres en gramos/100 gramos de muestra. Nivel de significancia alfa = 0.05

Análisis Estadístico	Grupo ó Variable	Promedios estadísticos en base seca (g/100g)	Promedios estadísticos en base húmeda (g/100g)
Pruebas de medias para variedades	grupo 1	Centa Izalco, Talamanca y Arbolito Retinto = 10.26	Centa Izalco = 7.34
	grupo 2	Porrillo Sintético = 9.57	Talamanca y Arbolito Retinto = 6.28
	grupo 3		Porrillo Sintético = 5.29
Pruebas de medias para cortes	grupo 1	1o. y 2o. cortes = 5.68	1o. corte = 1.89
	grupo 2	3o. corte = 8.01	2o. corte = 2.00
	grupo 3	4o. corte = 12.52	3o. corte = 3.48
	grupo 4	5o. corte = 14.12	4o. corte = 7.83
	grupo 5	6o. corte = 15.97	5o. corte = 10.74
	grupo 6		6o. corte = 13.74
Análisis de correlación y regresión	con tiempo de corte	$r = 0.94$ $Y = 2.18 + 2.33X$ Y = azúcares libres X = tiempo de corte	$r = 0.931$ $Y = 2.54X - 2.30$ Y = azúcares libres X = tiempo de corte

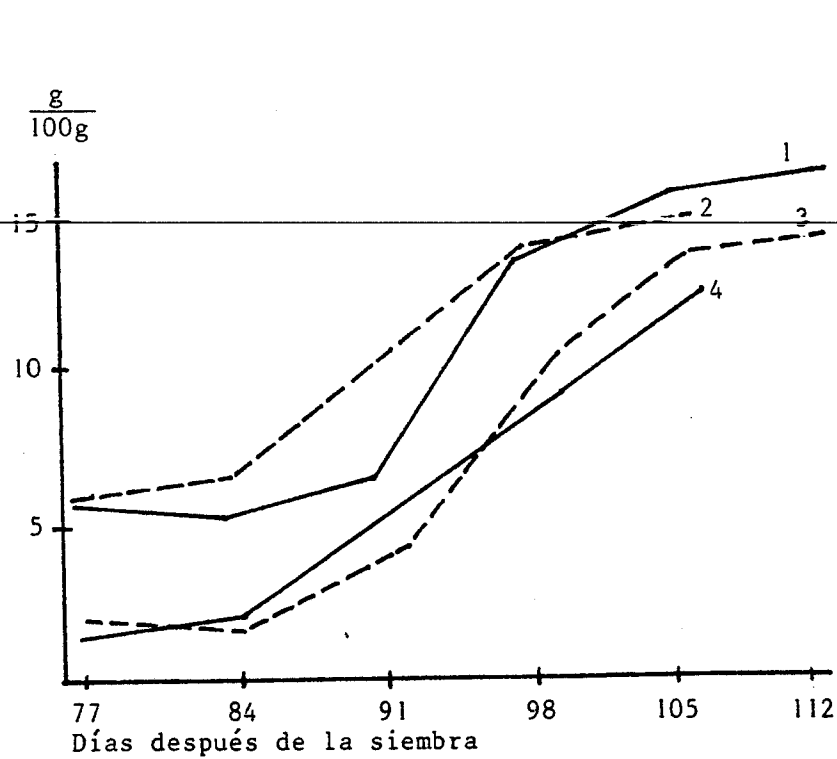


Figura 25: Contenido de azúcares libres en las variedades de grano rojo.

- 1 = Centa Izalco (base seca)
- 2 = Arbolito Retinto (base seca)
- 3 = Centa Izalco (base húmeda)
- 4 = Arbolito Retinto (base húmeda)

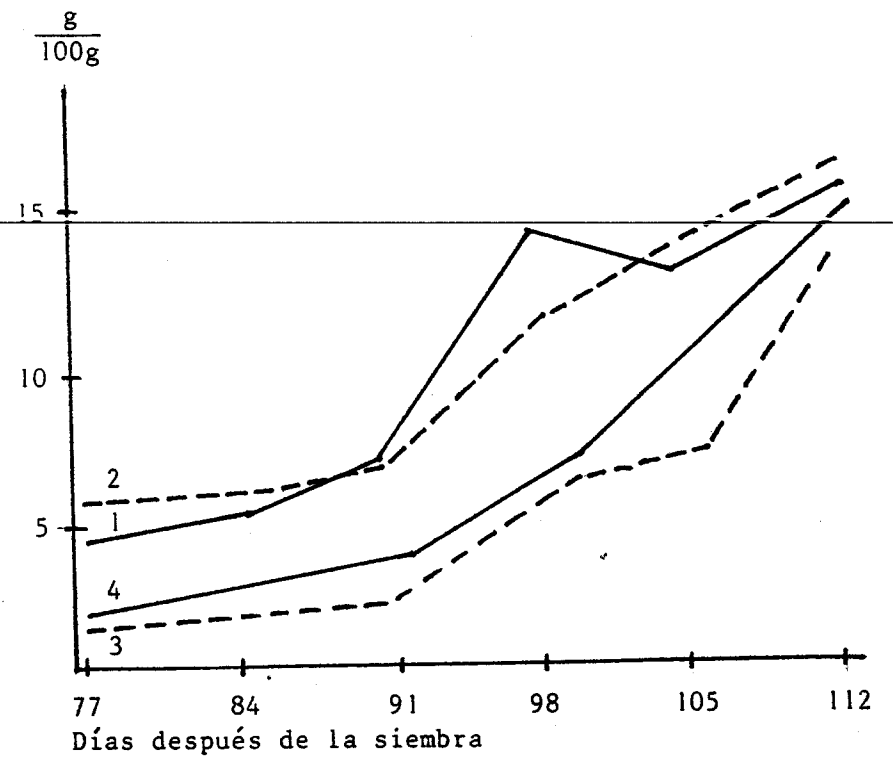


Figura 26: Contenido de azúcares libres en las variedades de grano negro.

- 1 = Porrillo Sintético (base seca)
- 2 = Talamanca (base seca)
- 3 = Porrillo Sintético (base húmeda)
- 4 = Talamanca (base húmeda)

extractos de frijol durante la formación y el desarrollo del grano.

Como un análisis complementario para determinar la presencia de azúcares de flatulencia en los granos de frijol y su cambio durante el desarrollo, se realizaron pruebas de cromatografía en capa fina utilizando placas de celulosa. Como estándares se usaron fructosa, sacarosa, rafinosa y estaquiosa siendo oligosacáridos que contienen como parte común en su estructura una molécula de fructosa, por lo tanto reaccionan con el agente revelador alfa-naftol. Los granos de frijol del 1o. y del 2o. muestreos contienen fructosa y sacarosa en mayor proporción y cantidades incipientes de rafinosa y estaquiosa. Los granos del 3o. muestreo contienen fructosa, sacarosa, rafinosa y estaquiosa en forma observable. Los granos del 4o. al 6o. muestreos contienen únicamente sacarosa, rafinosa y estaquiosa (ver cuadros del 49A y 50A).

Como se pudo observar en los frijoles verdes del 1o. y 2o. muestreos no existen en forma apreciable azúcares de flatulencia (rafinosa y estaquiosa), éstos se presentan mas a partir de los muestreos intermedios y aumentan su intensidad en los últimos, cuando el grano ya se ha desarrollado.

Cuando el grano inicia su desarrollo principia también la síntesis de azúcares. La planta de frijol utilizaría los azúcares de flatulencia como una fuente de energía rápidamente disponible en las primeras 24 horas de iniciada la germinación de la semilla, ya que pronto desaparecen, y se comienzan a utilizar moléculas grandes con energía de reserva como los almidones.

El desarrollo del grano de frijol va acompañado de una disminución de la cantidad de agua, lo cual provocaría que se inhiba la síntesis de moléculas de polisacáridos como los almidones ya que se detectó en el presente estudio que su concentración permanece constante durante el desarrollo del grano.

Sin embargo la planta continúa realizando fotosíntesis y los azúcares de glucosa producidos ya no forman almidón sino que otros tipos de azúcares como fructosa, sacarosa, rafinosa y estaquiosa, que van aumentando progresivamente hasta finalizar la maduración, los cuales podrán ser utilizados más rápidamente durante la germinación y cuando ya hallan desaparecido la planta utilizaría los almidones que son sustancias con energía de reserva.

## VII. CONCLUSIONES

- 1) Al transcurrir el tiempo de desarrollo del grano de frijol, el contenido de humedad decrece y la proporción de materia seca aumenta siendo mas rápida la pérdida de agua en las variedades de grano rojo, mientras permanecen en la planta madre.
- 2) Los taninos ya están presentes en el grano de frijol desde el inicio del desarrollo, ya que presentan un alto contenido en los tres métodos de determinación utilizados. En base seca durante el desarrollo del grano -- los polifenoles totales tienden a disminuir logarítmicamente, los taninos biológicamente activos presentan un comportamiento fluctuante finalizando la maduración con un incremento en las variedades de grano rojo -- (0.12%) y una disminución en las variedades de grano negro (0.02%), el contenido de taninos condensados sube y baja iniciando y finalizando con valores similares. En base húmeda durante el desarrollo del grano el -- contenido de polifenoles totales manifiesta una tendencia irregular, los taninos biológicamente activos fluctúan su comportamiento presentando valores altos en granos rojos y valores bajos en granos negros, y el contenido de taninos condensados tiende a incrementarse. Por lo tanto el mejor método para determinación de taninos durante el desarrollo del grano de frijol se considera que es el de Folin-Denis (determina polifenoles -- totales), ya que presenta una clara tendencia en base seca.
- 3) El contenido de nitrógeno ya está dado en su mayor parte desde el inicio del desarrollo del grano, en base seca presenta un pequeño incremento durante la maduración y en base húmeda aumenta considerablemente, alcanzando una mayor proporción en frijoles negros (5.09%) que en frijoles rojos (4.78%).
- 4) El contenido de almidones totales, es similar en frijoles rojos y negros, su concentración ya está dada en la semilla desde el inicio de su desarrollo; en base seca permanece constante y en base húmeda se incrementa con la maduración del grano.
- 5) El contenido de azúcares libres tiene cierta variación en los materiales según el color del grano, ya existen de manera incipiente en las fases --

iniciales del desarrollo, y se incrementan significativamente durante la maduración de la semilla de frijol común. En las fases iniciales -- del desarrollo del grano de frijol están presentes azúcares como fructosa y sacarosa, al madurar se sintetizan rafinosa y estaquiosa que son azúcares de flatulencia y constituirán una fuente de energía rápidamente disponible para el momento de la germinación.

- 6) El contenido y pared celulares están presentes en el grano de frijol -- desde las fases iniciales y permanecen constantes durante el transcurso de la maduración, sin embargo, los componentes de las paredes celulares si varían; en base seca a medida que la hemicelulosa y la lignina se incrementan, la celulosa y las cenizas disminuyen su concentración; en base húmeda todos los componentes se incrementan, excepto las cenizas que son fluctuantes, pero únicamente a consecuencia de la pérdida de agua -- en el grano.
  
- 7) Las variedades de frijol negro contienen mas proteína y lignina, las variedades de grano rojo presentaron mayor contenido de hemicelulosa y taninos biológicamente activos. Los polifenoles totales, taninos condensados, almidones, azúcares libres y cenizas presentaron ciertas variaciones, pero son indiferentes al color rojo o negro del grano. La materia seca y el contenido celular son iguales en todas las variedades sin ninguna diferencia significativa.

#### VIII. RECOMENDACIONES

- 1) Llevar a cabo investigaciones similares durante los siguientes quince días después de la definición del grano en la vaina, ya que en esta fase se dan cambios bioquímicos importantes en los factores nutricionales.
  
- 2) Realizar análisis químicos durante la maduración del grano de frijol de las fracciones del almidón y las proteínas, asimismo determinar - cuantitativamente la concentración de los azúcares de flatulencia.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (EE.UU.). 1975. Method of analysis. 12 ed. United States. 150 p.
2. AYKROYD, W.R. 1964. Las leguminosas en la nutrición humana. Roma, - FAO. 145 p.
3. BJORCK, I.; et al. 1985. On the digestibility of starch in wheat bread studies in vitro and in vivo. Copenhagen, Denmark, University of - Lund. 11 p.
4. BOSQUE MORALES, M.L. 1981. Caracterización física, química y nutricional de cinco variedades de frijol común negro recomendadas por ICTA. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 50 p.
5. CONDE MARROQUIN, C.A. 1974. Cambios químicos y nutricionales del frijol durante la maduración del grano. Tesis Ing. Agr. Guatemala, - Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 81 p.
6. DUBOIS, M.; et al. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. United States, Association of Oficial Analytical Chemists. p. 28-356.
7. ENGLEMAN, E.M. 1979. Contribuciones al conocimiento del frijol en México. Tesis Mag. Sc. México D.F., Universidad de Chapingo. 113 p.
8. HOLM; et al. 1986. Starch storke. Copenhagen, Denmark, Food Chemistry Departament. 226 p.
9. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. 1984. Icta-quetzal e Icta-tamazulapa variedades de frijol resistentes al mosaico dorado. Guatemala, ICTA. Boletín Técnico. 16 p.
10. LETONA PAREDES, C.F. 1979. Relación de nitrógeno, azufre y materia orgánica en el contenido de proteína y componentes primarios del rendimiento en frijol negro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 61 p.
11. MARTINEZ TAMBITO, E.A. 1979. Cuantificación de taninos en semillas de frijol común durante su desarrollo y maduración. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 103 p.
12. MUNEHICO TANAKA; et al. 1975. Analytical Chemists. Kingston Island, Departament of Food & Resource Chemistry. v. 4, p. 15-18.
13. PIERSON, M.D.; REDDY, N.R. 1984. Aspectos químicos fisiológicos y nutricionales de los carbohidratos de los frijoles secados. England, Eselvier Applied Science. 38 p.
14. PRICE, M.L. 1978. A critical evaluation of the vainillin reaction as an assay for tannin in Sorghum grain. United States, Association - of Analysis Chemists. 218 p.



15. PROSKY, L.; et al. 1985. Technicals of analysis chemists. United States, American Society for Clinical Nutrition. 309 p.
16. RODRIGUEZ DE MORA, D. 1982. Efecto de los polifenoles sobre la digestibilidad in vivo in vitro de la proteína de frijol. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 66 p.
17. RAY, P.M. 1975. La planta viviente. México D.F., CECSA. p. 23-25.
18. ROLAN ECHEVERRIA, S.H. 1985. Vivero centroamericano de adaptación y rendimiento vicar. San Pedro Sula, Honduras, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 11-18.
19. SELVENDRAN, R.R. 1984. La pared celular de la planta como una fuente de fibra dietética: química y estructura. United States, American Society for Clinical Nutrition. p. 320-337.
20. SINHA, S.K. 1978. Las leguminosas alimenticias, su distribución su capacidad de adaptación y biología de los rendimientos. Italia, FAO. p. 19-26.
21. SOEST, P. VAN. 1968. Determination of lignin and celulosa in acid-detergent fiber with permanganato. United States, Association of Official Analytical Chemists. 51 p.

*Vo. Bo.*  
Pachualle



X. APENDICE

Cuadro 17A

Contenido de humedad y materia seca de las cuatro variedades de frijol en gramos/100 gramos

Variedad	Corte	Humedad total (%)	Humedad residual (5%)	Materia seca (%)
Centa Izalco	1o.	65.11	4.29	34.89
	2o.	64.18	4.31	35.82
	3o.	51.90	5.90	48.10
	4o.	25.60	9.49	74.49
	5o.	17.00	11.06	83.00
	6o.	14.00	11.07	86.00
Porrillo Sintético	1o.	72.00	3.25	28.00
	2o.	69.35	3.98	30.65
	3o.	65.79	4.17	34.21
	4o.	55.06	5.52	44.94
	5o.	43.20	7.42	56.80
	6o.	14.00	10.60	86.00
Talamanca	1o.	68.55	3.80	31.45
	2o.	67.60	4.19	32.40
	3o.	63.09	4.43	36.91
	4o.	48.44	6.46	51.56
	5o.	25.00	9.99	75.00
	6o.	14.00	11.09	86.00
Arbolito Retinto	1o.	64.96	4.29	35.04
	2o.	61.35	4.89	38.65
	3o.	53.65	5.72	46.35
	4o.	29.00	9.51	71.00
	5o.	15.00	11.45	85.00

Cuadro 18A

Análisis de Varianza para el contenido de humedad y materia seca (g/100g)

Humedad				Materia seca			
F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)	F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)
Variedad	3	3979*	4.24	Variedad	3	3979*	4.24
Corte	5	38536*	3.66	Corte	5	38536*	3.66
Var. x corte	14	725*	3.66	Var. x corte	14	725*	3.66

Cuadro 19A

Prueba de Tukey para el contenido de humedad y materia seca (g/100g)

Humedad (g/100g)			Materia seca (g/100g)		
Grupo	Promedio	Variedad	Grupo	Promedio	Variedad
A	53.19	Porrillo Sintético	A	60.37	Centa Izalco
B	47.78	Talamanca	B	55.21	Arbolito Retinto
B	44.79	Arbolito Retinto	B	52.22	Talamanca
C	39.63	Centa Izalco	C	46.81	Porrillo Sintético
Grupo	Promedio	No. corte	Grupo	Promedio	No. corte
A	67.66	1	A	86.00	6
B	65.62	2	B	74.95	5
C	58.55	3	C	60.48	4
D	39.52	4	D	41.45	3
E	25.05	5	E	34.38	2
F	14.00	6	F	32.34	1

Cuadro 20A

Contenido de Nitrógeno<sup>1</sup> y de taninos<sup>2</sup> en gramos/100 gramos

Variedad	Corte	Nitrógeno (%)		Taninos (%)	
		base seca	base húmeda	base seca	base húmeda
Centa Izalco	1o.	4.44	1.55	0.40	0.14
	2o.	4.42	1.58	0.19	0.07
	3o.	4.53	2.18	0.17	0.06
	4o.	4.53	3.37	0.15	0.07
	5o.	4.58	3.80	0.12	0.09
	6o.	4.78	4.11	0.11	0.09
Porrillo Sintético	1o.	4.36	1.22	0.27	0.08
	2o.	4.59	1.41	0.20	0.06
	3o.	4.64	1.59	0.17	0.06
	4o.	4.89	2.20	0.16	0.07
	5o.	4.91	2.79	0.11	0.06
	6o.	5.07	4.36	0.10	0.09
Talamanca	1o.	4.48	1.41	0.21	0.07
	2o.	4.46	1.44	0.18	0.06
	3o.	4.56	1.68	0.17	0.06
	4o.	4.66	2.40	0.16	0.08
	5o.	4.64	3.48	0.15	0.11
	6o.	5.11	4.40	0.14	0.12
Arbolito Retinto	1o.	4.18	1.47	0.21	0.07
	2o.	4.26	1.64	0.19	0.07
	3o.	4.61	2.14	0.19	0.09
	4o.	4.62	3.28	0.17	0.12
	5o.	4.77	4.05	0.15	0.13

1 = Método Microkjeldhal

2 = Método de Folin-Denis (Polifenoles totales)

Cuadro 21A

Análisis de Varianza para el contenido de nitrógeno total (g/100g)

Base seca				Base húmeda			
F.V.	G.I.	F.C.	F+(0.01)	F.V.	G.I.	F.C.	F+(0.01)
Variedad	3	63.15*	4.24	Variedad	3	545*	4.24
Corte	5	139 *	3.66	Corte	5	10089*	3.66
Var. x corte	14	11.2 *	3.66	Var. x corte	14	154*	3.66

Cuadro 22A

Prueba de Tukey para el contenido de nitrógeno total (g/100g)

Base seca (g/100g)			Base húmeda (g/100g)		
Grupo	Promedio	Variedad	Grupo	Promedio	Variedad
A	4.74	Porrillo Sintético	A	2.77	Centa Izalco
A	4.64	Talamanca	B	2.52	Arbolito Retinto
B	4.55	Centa Izalco	B	2.47	Talamanca
B	4.49	Arbolito Retinto	C	2.25	Porrillo Sintético
Grupo	Promedio	No. corte	Grupo	Promedio	No. corte
A	4.99	6	A	4.29	6
B	4.72	5	B	3.53	5
B	4.66	4	C	2.81	4
C	4.59	3	D	1.90	3
D	4.43	2	E	1.50	2
D	4.37	1	F	1.41	1

Cuadro 23A

Análisis de Varianza para el contenido de polifenoles totales (g/100g)

Base seca				Base húmeda			
F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)	F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)
Variedad	3	14.94*	4.24	Variedad	3	143.60*	4.24
Corte	5	265.2 *	3.66	Corte	5	213.11*	3.66
Var. x corte	14	41.04*	3.66	Var. x corte	14	109.22*	3.66

Cuadro 24A

Prueba de Tukey para el contenido de polifenoles totales (g/100g)

Base seca (g/100g)			Base húmeda (g/100g)		
Grupo	Promedio	Variedad	Grupo	Promedio	Variedad
A	0.19	Centa Izalco	A	0.10	Arbolito Retinto
A	0.18	Arbolito Retinto	B	0.09	Centa Izalco
B	0.17	Talamanca	B	0.09	Talamanca
B	0.17	Porrillo Sintético	C	0.07	Porrillo Sintético
Grupo	Promedio	No. corte	Grupo	Promedio	No. corte
A	0.27	1	A	0.10	6
B	0.19	2	A	0.10	5
B	0.18	3	B	0.09	1
C	0.16	4	B	0.09	4
D	0.13	5	C	0.07	3
E	0.12	6	C	0.07	2

Cuadro 25A

Contenido de Taninos por los métodos de Hagerman-Butler<sup>1</sup> y vainillina<sup>2</sup> en gramos/100 gramos

Variedad	Corte	Hagerman y Butler		Vainillina	
		base seca	base húmeda	base seca	base húmeda
Centa Izalco	1o.	0.49	0.17	1.39	0.48
	2o.	0.13	0.07	1.29	0.46
	3o.	0.08	0.04	1.32	0.64
	4o.	0.10	0.07	1.39	1.03
	5o.	0.12	0.10	1.34	1.18
	6o.	0.11	0.09	1.41	1.21
Porrillo Sintético	1o.	0.21	0.06	1.51	0.42
	2o.	0.06	0.02	0.82	0.25
	3o.	0.06	0.02	1.27	0.43
	4o.	0.01	0.01	1.12	0.50
	5o.	0.01	0.01	1.38	0.78
	6o.	0.03	0.03	1.46	1.26
Talamanca	1o.	0.16	0.05	1.54	0.48
	2o.	0.05	0.02	1.06	0.34
	3o.	0.03	0.01	1.19	0.44
	4o.	0.02	0.01	1.08	0.56
	5o.	0.02	0.02	1.09	0.82
	6o.	0.01	0.01	0.99	0.86
Arbolito Retinto	1o.	0.02	0.01	0.83	0.29
	2o.	0.12	0.05	1.08	0.42
	3o.	0.05	0.02	0.93	0.43
	4o.	0.12	0.09	1.29	0.92
	5o.	0.14	0.12	1.04	0.89

1 = Taninos biológicamente activos

2 = Taninos condensados



Cuadro 26A

Análisis de Varianza para el contenido de taninos biológicamente activos (g/100g)

Base seca				Base húmeda			
F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)	F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)
Variedad	3	4192*	4.24	Variedad	3	2058*	4.24
Corte	5	3784*	3.66	Corte	5	399*	3.66
Var. x corte	14	1588*	3.66	Var. x corte	14	349*	3.66

Cuadro 27A

Prueba de Tukey para el contenido de taninos biológicamente activos (g/100g)

Base seca (g/100g)			Base húmeda (g/100g)		
Grupo	Promedio	Variedad	Grupo	Promedio	Variedad
A	0.17	Centa Izalco	A	0.09	Centa Izalco
B	0.09	Arbolito Retinto	A	0.06	Arbolito Retinto
C	0.06	Porrillo Sintético	B	0.03	Porrillo Sintético
C	0.05	Talamanca	B	0.02	Talamanca
Grupo	Promedio	No. corte	Grupo	Promedio	No. corte
A	0.22	1	A	0.07	1
B	0.09	2	B	0.06	5
C	0.07	5	C	0.05	4
D	0.06	4	DC	0.05	6
E	0.05	3	D	0.04	2
E	0.05	6	E	0.02	3

Cuadro 28A

Análisis de Varianza para el contenido de taninos condensados (g/100g)

Base seca				Base húmeda			
F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)	F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)
Variedad	3	1138*	4.24	Variedad	3	2935*	4.24
Corte	5	308*	3.66	Corte	5	11172*	3.66
Var. x corte	14	397*	3.66	Var. x corte	14	626*	3.66

Cuadro 29A

Prueba de Tukey para el contenido de taninos condensados (g/100g)

Base seca (g/100g)			Base húmeda (g/100g)		
Grupo	Promedio	Variedad	Grupo	Promedio	Variedad
A	1.36	Centa Izalco	A	0.83	Centa Izalco
B	1.26	Porrillo Sintético	B	0.61	Porrillo Sintético
B	1.16	Talamanca	B	0.59	Arbolito Retinto
C	1.03	Arbolito Retinto	B	0.59	Talamanca
Grupo	Promedio	No. corte	Grupo	Promedio	No. corte
A	1.32	1	A	1.11	6
B	1.29	6	B	0.92	5
C	1.22	4	C	0.75	4
C	1.21	4	D	0.49	3
D	1.18	3	E	0.42	1
E	1.06	2	F	0.37	2

Cuadro 30A

Contenido de Fibra y fraccionamiento celular en gramos/100 gramos en base seca

Variedad	Corte	Contenido Paredes		Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	Cenizas
		celular (%)	celulares (%)				
Centa Izalco	1o.	80.93	19.07	11.88	5.29	1.03	0.87
	2o.	80.53	19.47	11.65	5.88	1.29	0.65
	3o.	80.76	19.24	12.00	5.35	1.37	0.52
	4o.	80.86	19.14	12.62	4.51	1.53	0.48
	5o.	81.30	18.70	12.69	4.06	1.51	0.42
	6o.	81.50	18.50	12.64	3.91	1.56	0.39
Porrillo Sintético	1o.	80.92	19.08	8.58	7.91	1.45	1.14
	2o.	80.86	19.14	9.24	7.11	1.78	1.01
	3o.	80.42	19.58	10.23	6.43	2.05	0.87
	4o.	81.40	18.60	10.01	5.96	2.01	0.63
	5o.	80.74	19.26	11.11	5.34	2.27	0.51
	6o.	80.60	19.40	11.34	5.09	2.52	0.45
Talamanca	1o.	81.61	18.39	9.36	6.58	1.27	1.18
	2o.	81.03	18.97	11.31	5.45	1.30	0.95
	3o.	81.01	18.99	11.23	5.73	1.32	0.71
	4o.	81.04	18.96	11.24	5.69	1.44	0.59
	5o.	80.89	19.11	11.12	5.53	1.99	0.47
	6o.	80.66	19.34	11.42	5.43	2.10	0.39
Arbolito Retinto	1o.	81.62	18.38	10.19	6.18	1.02	0.99
	2o.	81.64	18.36	10.31	5.96	1.27	0.82
	3o.	81.03	18.97	11.39	5.45	1.50	0.63
	4o.	81.31	18.69	11.01	5.51	1.69	0.48
	5o.	79.74	20.26	12.89	5.30	1.70	0.37

Cuadro 31A

Resultados de Fibra y fraccionamiento celular en base húmeda en gramos/100 gramos

Variedad	Corte	Contenido Paredes		Hemicelulosa (%)	Celulosa (%)	Lignina (%)	Cenizas (%)
		celular (%)	celulares (%)				
Centa Izalco	1o.	28.24	6.65	4.14	1.85	0.36	0.30
	2o.	28.85	6.97	4.17	2.11	0.46	0.23
	3o.	38.85	9.25	5.77	2.57	0.66	0.25
	4o.	60.16	14.24	9.39	3.36	1.14	0.36
	5o.	67.48	15.52	10.53	3.37	1.25	0.35
	6o.	70.09	15.91	10.87	3.36	1.34	0.34
Porrillo Sintético	1o.	22.66	5.34	2.40	2.21	0.41	0.32
	2o.	24.78	5.87	2.83	2.18	0.55	0.31
	3o.	27.51	6.70	3.50	2.20	0.70	0.30
	4o.	36.58	8.36	4.50	2.68	0.90	0.28
	5o.	45.86	10.94	6.33	3.03	1.29	0.29
	6o.	69.32	16.68	9.75	4.38	2.17	0.39
Talamanca	1o.	25.67	5.78	2.94	2.07	0.40	0.37
	2o.	26.25	6.15	3.66	1.77	0.42	0.31
	3o.	29.90	7.01	4.14	2.11	0.49	0.26
	4o.	41.78	9.77	5.80	2.93	0.74	0.30
	5o.	60.67	14.33	8.34	4.15	1.49	0.35
	6o.	69.37	16.63	9.82	4.67	1.81	0.34
Arbolito Retinto	1o.	28.60	6.44	3.57	2.17	0.36	0.35
	2o.	31.55	7.10	3.98	2.30	0.49	0.32
	3o.	37.56	8.79	5.28	2.53	0.70	0.29
	4o.	57.73	13.27	7.82	3.91	1.20	0.34
	5o.	67.78	17.22	11.03	4.50	1.44	0.31

Cuadro 32A

Análisis de Varianza para el contenido celular (g/100g)

Base seca				Base húmeda			
F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)	F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)
Variedad	3	55.90*	4.24	Variedad	3	99999*	4.24
Corte	5	139 *	3.66	Corte	5	99999*	3.66
Var. x corte	14	164 *	3.66	Var. x corte	14	23992*	3.66

Cuadro 33A

Prueba de Tukey para el contenido celular (g/100g)

Base seca (g/100g)			Base húmeda (g/100g)		
Grupo	Promedio	Variedad	Grupo	Promedio	Variedad
A	81.09	Arbolito Retinto	A	48.91	Centa Izalco
A	81.02	Talamanca	B	44.63	Arbolito Retinto
A	80.97	Centa Izalco	B	42.25	Talamanca
A	80.83	Porrillo Sintético	C	37.76	Porrillo Sintético
Grupo	Promedio	No. corte	Grupo	Promedio	No. corte
A	81.26	1	A	69.56	6
A	81.15	4	B	60.41	5
A	81.00	2	C	49.03	4
A	80.92	6	D	33.45	3
A	80.80	3	E	27.83	2
A	80.69	5	F	26.28	1

Cuadro 34A

Análisis de Varianza para el contenido de paredes celulares (g/100g)

Base seca				Base húmeda			
F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)	F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)
Variedad	3	49.60*	4.24	Variedad	3	9948*	4.24
Corte	5	111.80*	3.66	Corte	5	99999*	3.66
Var. x corte	14	115.29*	3.66	Var. x corte	14	2600*	3.66

Cuadro 35A

Prueba de Tukey para el contenido de paredes celulares (g/100g)

Base seca (g/100g)			Base húmeda (g/100g)		
Grupo	Promedio	Variedad	Grupo	Promedio	Variedad
A	19.16	Porrillo Sintético	A	11.40	Centa Izalco
A	19.01	Centa Izalco	B	10.56	Arbolito Retinto
A	18.93	Talamanca	B	9.92	Talamanca
A	18.88	Arbolito Retinto	C	8.97	Porrillo Sintético
Grupo	Promedio	No. corte	Grupo	Promedio	No. corte
A	19.30	5	A	16.39	6
A	19.16	3	B	14.49	5
A	19.08	6	C	11.39	4
A	18.96	2	D	7.92	3
A	18.83	4	E	6.52	2
A	18.69	1	F	6.03	1

Cuadro 36A

Análisis de Varianza para el contenido de celulosa (g/100g)

Base seca				Base húmeda			
F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)	F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)
Variedad	3	3665*	4.24	Variedad	3	379*	4.24
Corte	5	2754*	3.66	Corte	5	10343*	3.66
Var. x corte	14	411*	3.66	Var. x corte	14	606*	3.66

Cuadro 37A

Prueba de Tukey para el contenido de celulosa (g/100g)

Base seca (g/100g)			Base húmeda (g/100g)		
Grupo	Promedio	Variedad	Grupo	Promedio	Variedad
A	6.23	Porrillo Sintético	A	3.07	Arbolito Retinto
B	5.74	Talamanca	A	2.95	Talamanca
B	5.65	Arbolito Retinto	B	2.78	Porrillo Sintético
C	4.84	Centa Izalco	B	2.78	Centa Izalco
Grupo	Promedio	No. corte	Grupo	Promedio	No. corte
A	6.51	1	A	4.15	6
B	5.96	2	B	3.75	5
C	5.73	3	C	3.22	4
D	5.42	4	D	2.35	3
E	5.06	5	E	2.10	2
F	4.81	6	E	2.06	1

Cuadro 38A

Análisis de Varianza para el contenido de hemicelulosa (g/100g)

Base seca				Base húmeda			
F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)	F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)
Variedad	3	414 *	4.24	Variedad	3	26733*	4.24
Corte	5	199 *	3.66	Corte	5	94210*	3.66
Var. x corte	14	27.80*	3.66	Var. x corte	14	2095*	3.66

Cuadro 39A

Prueba de Tukey para el contenido de hemicelulosa (g/100g)

Base seca (g/100g)			Base húmeda (g/100g)		
Grupo	Promedio	Variedad	Grupo	Promedio	Variedad
A	12.24	Centa Izalco	A	7.78	Centa Izalco
A	11.18	Arbolito Retinto	A	6.34	Arbolito Retinto
B	10.94	Talamanca	B	5.78	Talamanca
B	10.15	Porrillo Sintético	B	4.89	Porrillo Sintético
Grupo	Promedio	No. corte	Grupo	Promedio	No. corte
A	11.97	5	A	10.14	6
A	11.78	6	B	9.04	5
B	11.34	4	C	6.89	4
B	11.22	3	D	4.68	3
C	10.60	2	E	3.67	2
D	9.99	1	F	3.14	1



Cuadro 40A

Análisis de Varianza para el contenido de lignina (g/100g)

Base seca				Base húmeda			
F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)	F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)
Variedad	3	1381 *	4.24	Variedad	3	221*	4.24
Corte	5	1017 *	3.66	Corte	5	7295*	3.66
Var. x corte	14	65.86*	3.66	Var. x corte	14	248*	3.66

Cuadro 41A

Prueba de Tukey para el contenido de lignina (g/100g)

Base seca (g/100g)			Base húmeda (g/100g)		
Grupo	Promedio	Variedad	Grupo	Promedio	Variedad
A	2.01	Porrillo Sintético	A	1.01	Porrillo Sintético
A	1.58	Talamanca	A	0.89	Talamanca
B	1.44	Arbolito Retinto	B	0.86	Centa Izalco
B	1.38	Centa Izalco	B	0.84	Arbolito Retinto
Grupo	Promedio	No. corte	Grupo	Promedio	No. corte
A	2.07	6	A	1.77	6
B	1.89	5	B	1.37	5
C	1.65	4	C	0.99	4
D	1.56	3	D	0.64	3
E	1.42	2	E	0.47	2
F	1.18	1	F	0.39	1

Cuadro 42A

Análisis de Varianza para el contenido de cenizas (g/100g)

Base seca				Base húmeda			
F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)	F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)
Variedad	3	310 *	4.24	Variedad	3	6.44*	4.24
Corte	5	1450 *	3.66	Corte	5	93.22*	3.66
Var. x corte	14	26.10*	3.66	Var. x corte	14	36.82*	3.66

Cuadro 43A

Prueba de Tukey para el contenido de cenizas (g/100g)

Base seca (g/100g)			Base húmeda (g/100g)		
Grupo	Promedio	Variedad	Grupo	Promedio	Variedad
A	0.77	Porrillo Sintético	A	0.32	Arbolito Retinto
A	0.72	Talamanca	A	0.32	Porrillo Sintético
B	0.67	Arbolito Retinto	A	0.32	Talamanca
B	0.56	Centa Izalco	B	0.31	Centa Izalco
Grupo	Promedio	No. corte	Grupo	Promedio	No. corte
A	1.06	1	A	0.36	6
B	0.86	2	B	0.34	1
C	0.68	3	C	0.32	5
D	0.56	4	C	0.32	4
E	0.45	5	D	0.30	2
F	0.41	6	E	0.28	3

Cuadro 44A

Contenido de Almidones y azúcares libres en gramos/100 gramos

Variedad	Corte	Almidones		Azúcares libres	
		base seca	base húmeda	base seca	base húmeda
Centa Izalco	1o.	36.17	12.49	6.21	2.22
	2o.	35.12	12.61	4.85	1.76
	3o.	36.60	18.46	7.16	3.76
	4o.	36.51	27.18	12.82	9.71
	5o.	36.57	30.35	15.54	12.88
	6o.	35.88	30.86	16.07	13.82
Porrillo Sintético	1o.	35.50	9.24	3.98	1.02
	2o.	34.89	11.05	5.12	1.62
	3o.	36.66	12.55	7.03	2.38
	4o.	35.56	16.13	13.47	6.16
	5o.	36.39	21.23	12.48	7.35
	6o.	35.31	30.38	15.47	13.31
Talamanca	1o.	36.56	11.61	5.96	2.05
	2o.	37.64	12.19	6.09	2.00
	3o.	37.19	13.81	7.25	2.77
	4o.	36.85	19.32	11.12	6.37
	5o.	37.15	27.86	14.28	10.71
	6o.	37.30	32.08	16.41	14.11
Arbolito Retinto	1o.	37.67	13.20	6.50	2.31
	2o.	36.37	14.04	6.72	2.65
	3o.	36.55	16.52	10.61	5.04
	4o.	35.64	25.30	12.73	9.04
	5o.	37.50	31.87	14.21	12.08

Cuadro 45A

Análisis de Varianza para el contenido de almidones totales (g/100g)

Base seca				Base húmeda			
F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)	F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)
Variedad	3	2548*	4.24	Variedad	3	50554*	4.24
Corte	5	568*	3.66	Corte	5	99999*	3.66
Var. x corte	14	406*	3.66	Var. x corte	14	8052*	3.66

Cuadro 46A

Prueba de Tukey para el contenido de almidones totales (g/100g)

Base seca (g/100g)			Base húmeda (g/100g)		
Grupo	Promedio	Variedad	Grupo	Promedio	Variedad
A	37.11	Talamanca	A	21.98	Centa Izalco
A	36.75	Arbolito Retinto	A	20.19	Arbolito Retinto
A	36.14	Centa Izalco	B	19.47	Talamanca
A	35.71	Porrillo Sintético	C	16.76	Porrillo Sintético
Grupo	Promedio	No. corte	Grupo	Promedio	No. corte
A	36.91	5	A	31.11	6
A	36.75	3	B	27.81	5
A	36.49	1	C	21.98	4
A	36.16	6	D	15.32	3
A	36.12	4	E	12.46	2
A	36.00	2	F	11.64	1

## Cuadro 47A

Análisis de Varianza para el contenido de azúcares libres (g/100g)

Base seca				Base húmeda			
F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)	F.V.	G.L.	F.C.	F+(0.01)
Variedad	3	1826*	4.24	Variedad	3	8936*	4.24
Corte	5	99999*	3.66	Corte	5	99999*	3.66
Var. x corte	14	2428*	3.66	Var. x corte	14	2188*	3.66

## Cuadro 48A

Prueba de Tukey para el contenido de azúcares libres (g/100g)

Base seca (g/100g)			Base húmeda (g/100g)		
Grupo	Promedio	Variedad	Grupo	Promedio	Variedad
A	10.44	Centa Izalco	A	7.34	Centa Izalco
A	10.18	Talamanca	B	6.34	Talamanca
A	10.16	Arbolito Retinto	B	6.22	Arbolito Retinto
B	9.57	Porrillo Sintético	C	5.29	Porrillo Sintético
Grupo	Promedio	No. corte	Grupo	Promedio	No. corte
A	15.97	6	A	13.74	6
B	14.12	5	B	10.74	5
C	12.52	4	C	7.83	4
D	8.01	3	D	3.48	3
E	5.69	2	E	2.00	2
E	5.66	1	F	1.89	1

Cuadro 49A

Rf para Azúcares de flatulencia en granos de frijol negro

Muestra	Azúcar	Rf
estandar	sacarosa	0.355
estandar	rafinosa	0.215
estandar	estaquiosa	0.11
1o. corte	fructosa	0.45
1o. corte	sacarosa	0.38
3o. corte	fructosa	0.39
3o. corte	sacarosa	0.31
3o. corte	rafinosa	0.17
3o. corte	estaquiosa	0.08
4o. corte	sacarosa	0.32
4o. corte	rafinosa	0.18
4o. corte,	estaquiosa	0.09
4o. corte	sacarosa	0.35
4o. corte	rafinosa	0.21
4o. corte	estaquiosa	0.11
6o. corte	sacarosa	0.32
6o. corte	rafinosa	0.18
6o. corte	estaquiosa	0.09
6o. corte	sacarosa	0.35
6o. corte	rafinosa	0.21
6o. corte	estaquiosa	0.11

Cuadro 50A

Rf para Azúcares de flatulencia en granos de frijol rojo

Muestra	Azúcar	Rf
estandar	fructosa	0.36
estandar	sacarosa	0.30
estandar	rafinosa	0.17
estandar	estaquiosa	0.09
1o. corte	fructosa	0.36
2o. corte	fructosa	0.35
1o. corte	sacarosa	0.28
2o. corte	sacarosa	0.27
6o. corte	sacarosa	0.28
6o. corte	rafinosa	0.15
6o. corte	estaquiosa	0.08

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1845

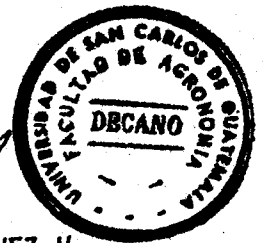
GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....

Asunto .....

9 de mayo de 1,990

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC  
DEPOSITO LEGAL  
"IMPRIMASE"



*Anibal B. Martinez M.*  
ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.  
DECANO

MINISTERIO DE LA EDUCACION Y CULTURA  
Biblioteca Central