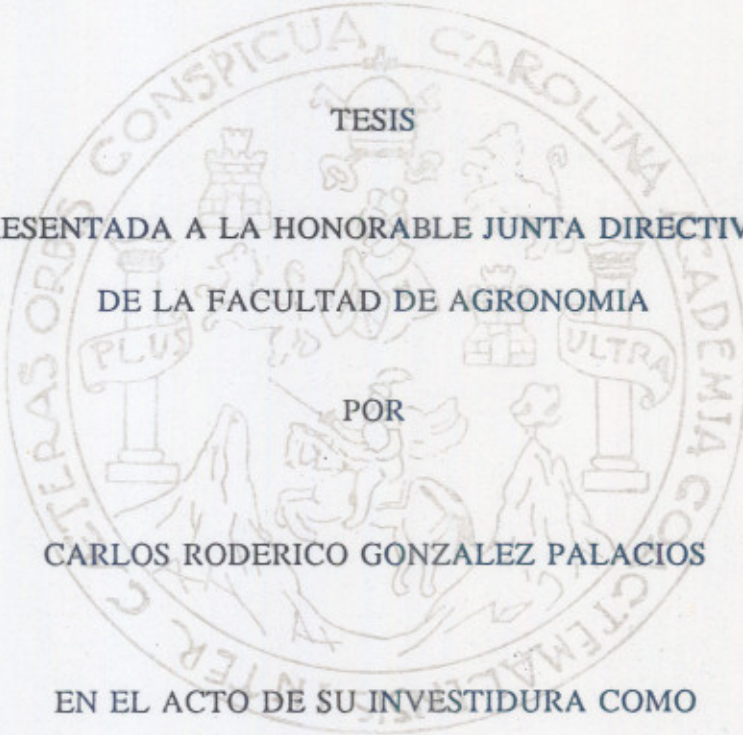


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTUDIO DEL EFECTO AMBIENTAL Y DEL ALMACENAMIENTO EN LA DUREZA
DEL FRIJOL COMUN, *Phaseolus vulgaris* L.



TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

POR

CARLOS RODERICO GONZALEZ PALACIOS

EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, agosto de 1993

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DC
01
T(1471)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

- | | |
|----------------|-------------------------------------|
| DECANO: | Ing. Agr. Efraín Medina Guerra |
| VOCAL PRIMERO: | Ing. Agr. Mynor Estrada Rosales |
| VOCAL SEGUNDO: | Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes |
| VOCAL TERCERO: | Ing. Agr. Carlos Motta de Paz |
| VOCAL CUARTO: | Br. Milton Abel Sandoval Guerra |
| VOCAL QUINTO: | Br. Juan Gerardo de Leon |
| SECRETARIO: | Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy |

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

- | | |
|-------------|---------------------------------|
| DECANO: | Ing. Agr. Anibal B. Martínez |
| EXAMINADOR: | Ing. Agr. Max Delio Herrera |
| EXAMINADOR: | Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez |
| EXAMINADOR: | Ing. Agr. Boris Lémus |
| SECRETARIO: | Ing. Agr. Rolando Lara Alecio |

Guatemala,
agosto de 1993

Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores:

En base a las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a su consideración el trabajo de tesis titulado:
"ESTUDIO DEL EFECTO AMBIENTAL Y DEL ALMACENAMIENTO EN LA DUREZA DEL FRIJOL COMUN, Phaseolus vulgaris L."

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



Carlos Roderico Gonzalez Palacios

DEDICO ESTE ACTO

A DIOS

A MIS PADRES

Roderico González

Ilma de González

A MI ESPOSA

Betty Yolanda

A MIS HIJOS

Sergio Alejandro

Luis Emilio

Carlos Fernando

A MIS HERMANOS

Ethel, Jaime, Ricardo, Rina, Renato, Ruth,
Ronaldo y Samuel

A MI FAMILIA EN GENERAL

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Agr. Oscar René Leiva Ruano e Ing. Agr. Armando Monterroso por su asesoría en la realización de este trabajo.

Al Ing. Agr. Ariel Ortiz López e Ing. Agr. Cesar Armando Astorga por sus aporte, sugerencias y apoyo incondicional en la interpretación de los resultados.

	Página
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	3
3. JUSTIFICACION	4
4. HIPOTESIS	5
5. OBJETIVOS	6
6. MARCO TEORICO	7
6.1 Marco Conceptual	7
6.1.1 Características de aceptabilidad del frijol en Guatemala	10
6.1.2 Mecanismo de endurecimiento del frijol	12
6.1.3 Tratamientos alternativos para mejorar el tiempo de cocción del frijol común	17
6.2 Marco referencial	20
6.2.1 Localización del experimento	20
6.2.2 Características climáticas y edáficas	20
7. METODOLOGIA	22
7.1 Materiales a utilizar	22
7.2 Siembra	22
7.3 Cosecha	22
7.4 Almacenamiento	22
7.5 Toma de datos	23
7.6 Análisis estadístico	24
8. RESULTADOS Y DISCUSION	27
9. CONCLUSIONES	43
10. RECOMENDACIONES	44
11. BIBLIOGRAFIA	45

INDICE DE FIGURAS

vii

FIGURA:

1	Hipótesis sobre el proceso de endurecimiento del frijol	14
2	Frijol producido en Guatemala; secado a la sombra y al sol; almacenado en Guatemala, Jutiapa y Cuyuta	29
3	Frijol producido en Cuyuta; secado a la sombra y al sol; almacenado en Guatemala, Jutiapa y Cuyuta	31
4	Frijol producido en Jutiapa; secado a la sombra y al sol; almacenado en Guatemala, Jutiapa y Cuyuta	33

INDICE DE CUADROS

viii

CUADRO:

1	Consumo de frijol en países de Centro América	7
2	Frecuencia de la ingesta de frijol por familia en el área rural de Guatemala	8
3	Algunos factores físicos y químicos que afectan la absorción del agua por el frijol	15
4	Tiempo promedio de cocción del frijol producido en Guatemala, según tipo de secado, localidad y tiempo de almacenamiento	28
5	Tiempo promedio de cocción del frijol producido en Cuyuta, según tipo de secado, localidad y tiempo de almacenamiento	30
6	Tiempo promedio de cocción del frijol producido en Jutiapa, según tipo de secado, localidad y tiempo de almacenamiento	32
7	Resumen de tiempos promedio de cocción del frijol producido en Guatemala, Jutiapa y Cuyuta, según tipo de secado, localidad y tiempo de almacenamiento	35
8	Resultados del análisis de varianza	36
9	Resultados del análisis de varianza: factor localidad de siembra	37
10	Resultados del análisis de varianza: factor localidad de almacenamiento	38
11	Resultados del análisis de varianza: factor tipo de secado	39
12	Resultados del análisis de varianza: factor tiempo de almacenamiento	40
13	Resumen del análisis de varianza de las variables en estudio	41

ESTUDIO DEL EFECTO AMBIENTAL Y DE ALMACENAMIENTO EN
LA DUREZA DEL FRIJOL COMUN, Phaseolus vulgaris L.

ENVIRONMENTAL EFFECT AND STORAGE IN THE HARDNESS
OF THE COMMON BEANS, Phaseolus vulgaris L.

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en dos etapas: la primera etapa fue la fase de campo, en la cual se estableció la plantación habiéndose seleccionado tres localidades de siembra siendo las instalaciones del ICTA en Cuyuta, las instalaciones del ICTA en Jutiapa y el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos. La segunda etapa consistió en la cosecha de cada lote experimental y su almacenamiento. En cada localidad se almacenaron seis muestras procedentes, dos de cada localidad: una muestra secada a la sombra y la otra secada al sol; esto con el propósito de determinar el efecto combinado de la forma de secamiento y la localidad de almacenamiento en el endurecimiento del grano. El frijol cosechado se almacenó en sacos que es la forma común de hacerlo de donde se obtuvieron cuatro muestras durante un período de seis meses, tiempo en el cual el frijol permaneció bajo las condiciones de almacenamiento iniciales.

En el presente estudio se determinó el grado de endurecimiento del frijol comun, relacionando cuatro factores: localidad de siembra, tipo de secado del grano, localidad de almacenamiento y tiempo de almacenamiento. El análisis de los resultados consistió en un análisis de varianza para un modelo tetrafactorial en un diseño completamente al azar.

El modelo incluye cuatro factores independientes: localidad de siembra, tipo de secado del grano, localidad de almacenamiento y frecuencia de muestreo.

Una vez cosechado y almacenado el grano se procedió a la determinación de su grado de dureza, utilizándose para esto el cocinador MATTSON modificado por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP-. El método que utiliza este cocinador se basa en el tiempo para que el 50% de una muestra de frijol bajo condiciones de cocción sea atravesado por una aguja; cuando

un grano está cocido este es penetrado por la aguja del pin; la parte superior del pin descende de 3 a 4 centímetros. El tiempo de cocción con el cocinador MATTSON está definido cuando el 50% de los granos han sido perforados (están cocidos).

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que la tendencia mostrada por el grano es que el producido en climas cálidos y húmedos se endurece mas rapidamente que el producido en climas templados y mas secos. Asimismo, a menor temperatura durante el almacenamiento menor endurecimiento del grano por lo tanto menor tiempo para su cocción lo que implica menor gasto de leña u otro combustible lo que representa una economía para los sectores rurales.

El tiempo de almacenamiento también es un factor de endurecimiento ya que a mayor tiempo de almacenado el grano, mayor dureza adquiere independientemente de la variedad, forma de secado, localidad de producción y almacenamiento.

INTRODUCCION

Entre los cultivos mas comunes y de mayor importancia alimenticia que forma parte de las dietas de los pobladores de las regiones rurales, así como de las zonas urbanas del medio económico inferior de América Central y de Guatemala el frijol (Phaseolus vulgaris L.) ocupa el segundo lugar, por ser una leguminosa de buen valor proteínico, lo cual eleva su importancia, dado que se consume más que la carne en dietas combinadas con otros granos principalmente con el maíz (Zea mays). En términos generales, este cultivo aporta del 20 al 30% de la proteína total de la dieta de los consumidores; debido a esta razón y a que en nuestro medio el frijol constituye el complemento natural de una alimentación cuya base son los cereales, el estudio de la calidad proteica y del valor nutritivo de esta leguminosa merece especial atención (4,13).

El frijol, como ha sido ampliamente fundamentado en diversos estudios, es la principal fuente de proteína en el medio rural guatemalteco y en gran medida en el área urbana para un amplio sector de la población. La producción de frijol en nuestro medio se encuentra en manos del campesinado minifundista, por lo que la misma se destina principalmente al autoconsumo; ocasionalmente y cuando las lluvias son bien distribuídas se logran excedentes de producción que van al mercado; en los años desfavorables para el frijol en cuanto a lluvia, que son frecuentes, el país tiene que importar frijol, con la consecuente fuga de divisas lo que trae consigo el desempleo, ya de por sí elevado en el área rural.

La costa sur tiene las mejores tierras agrícolas de Guatemala con un alto potencial para la producción de frijol, por esta razón es que la Facultad de Agronomía conjuntamente con el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, (ICTA), han iniciado un proyecto de Mejoramiento de este cultivo que pretende: manejarlo bajo diversas condiciones ambientales; determinar niveles óptimos de fertilidad del suelo; estudiar nuevos métodos de siembra y de cultivo; mejorar el contenido de proteína; relacionar genotipos más eficientes para tolerancia a enfermedades tales como Mustia Hilachosa, (Tanatephorus cucúmeris) y Mosaico Dorado y estudiar los factores que influyen sobre el tiempo de cocción.

Este sub-proyecto que es parte del proyecto integral, consiste en determinar el efecto ambiental sobre el tiempo de cocción del frijol común, ya que como se menciona en estudios realizados

anteriormente, existen indicios aún no confirmados de que el frijol producido en las zonas costeras por las altas temperaturas y humedad, tiende a tener un tiempo de cocción más largo que el frijol producido en otros ambientes.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

La producción del frijol en Guatemala está circunscrita al sector campesino, quien lo produce bajo las peores condiciones ecológicas y sociales. Su producción es dedicada fundamentalmente a la subsistencia y muy poco para el mercado. Por lo tanto, con frecuencia se observan déficits entre la producción nacional y el consumo, teniendo que recurrir a las importaciones para cubrir tales déficits. El sector empresarial no participa en la producción de frijol y es quien posee los mejores medios de producción en Guatemala, por lo tanto es el productor que en mayor capacidad está para resolver la falta de frijol en el mercado nacional y que es demandado por las grandes masas urbanas. La producción empresarial ocurre principalmente en la costa sur que es quien tiene las mejores tierras agrícolas de Guatemala, contribuyendo ya en alguna medida en la producción de maíz y sorgo, pero no sucede lo mismo con el frijol siendo quizás una de las razones la idea de que el frijol producido en la costa sur tiende a endurecerse muy rápidamente, recordando que una de las características más importantes reclamadas por el consumidor de frijol, es su tiempo de cocción que está en función de su endurecimiento. En tal sentido se considera indispensable este trabajo para determinar el efecto ambiental sobre el endurecimiento del frijol y su tiempo de cocción a efecto de recomendar en un futuro inmediato, variedades que tengan aceptación por parte de los consumidores.

3. JUSTIFICACION

El cultivo del frijol constituye en Guatemala, uno de los cultivos más importantes, pues la mayor parte de la población lo utiliza diariamente. Sin embargo, es preocupante, que a pesar de que un alto porcentaje de la población campesina se dedica al cultivo de frijol, el país no es autosuficiente en forma sostenida. Esto especialmente es debido al uso de tierras marginales, donde por el tamaño de las unidades productivas y las condiciones de las mismas no se pueden aplicar prácticas apropiadas de cultivo con la consecuente no manifestación del potencial genético de los materiales.

Es por ello necesario hacer participar al sector empresarial en la producción de frijol, ya que este cuenta con la infraestructura apropiada para tal fin y donde se pueden aplicar técnicas para un cultivo intensivo.

Esta participación podrá ser efectiva si a los grandes empresarios se les recomiendan variedades cuya demanda esté asegurada en el mercado local, especialmente si estas son variedades suaves para su cocción, característica relacionada con el endurecimiento del grano. Por esta razón es que el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas y la Facultad de Agronomía, están interesados en estudiar el grado de endurecimiento de la variedad de frijol ICTA-OSTUA, relacionándolo con la localidad de siembra y producción, forma de secado del grano y tiempo de almacenamiento.

4. HIPOTESIS

El frijol, (Phaseolus vulgaris L.), producido y almacenado en climas cálidos y húmedos, alcanza un mayor grado de dureza que el frijol producido en otros ambientes.

5. OBJETIVOS

- 5.1 Determinar si el frijol cosechado y almacenado en climas cálidos y húmedos, es más duro para su cocción, que el cultivado y almacenado en otros ambientes.
- 5.2 Determinar la relación existente entre el tiempo de almacenamiento y el endurecimiento del frijol.
- 5.3 Determinar el efecto de la forma de secamiento en el endurecimiento del frijol.

6. MARCO TEORICO

6.1 MARCO CONCEPTUAL:

La mayor parte de las encuestas sobre consumo de alimentos efectuadas en América Latina, ha demostrado que el alimento mas importante, después de un cereal, de un tubérculo o un fruto, es el frijol. Las cantidades consumidas por persona por día varían entre los países. Como referencia, en el cuadro 1 se consignan algunos datos a ese respecto para los países de Centro América. En el medio rural el consumo varía de 57 a 72 g por persona diariamente y, en el área urbana, de 48 a 50 g. Esta información así como otros datos de tipo socioeconómico, indican que existe poca diferencia en cuanto a la cantidad consumida entre los grupos socioeconómicos bajos y los grupos socioeconómicos altos, lo que sugiere que es un alimento de alta aceptabilidad. Se ha observado que como consecuencia de la relativa baja disponibilidad del frijol, lo que aumenta su precio, los grupos de población socioeconómicos altos tienden a mantener la cantidad que generalmente consumen, mientras que los grupos socioeconómicos bajos, quienes en realidad consumen las peores dietas, disminuyen el consumo de frijol (1).

CUADRO 1. Consumo de frijol en países de Centro América (1969)

	Rural g/persona/día	Urbano g/persona/día
Costa Rica	57	48
El Salvador	59	52
Guatemala	54	49
Honduras	56	47
Nicaragua	72	50

FUENTE: BRESSANI, R. "El significado alimentario y nutricional del endurecimiento del frijol". INCAP 1982.

Información reciente ha revelado que el consumo de frijol, per cápita/día ha descendido de alrededor de 17 kg/año a 14 kg/año. Esta reducción no se ha debido a que exista una menor demanda ya que, como se dijo antes, es un alimento de alta aceptabilidad, sino mas bien al hecho de que su producción no ha aumentado significativamente en América Latina (1).

Por otro lado, aunque las tasas de crecimiento poblacional se han reducido relativamente en la región, estas todavía son significativamente mayores que las del incremento en producción de frijol, lo que ha traído consigo aumentos en los precios. Es posible, pues, que esta sea la causa que explique una menor frecuencia en consumo, como lo muestra el cuadro 2 para el área rural de Guatemala (1).

CUADRO 2. Frecuencia de la ingesta de frijol por familia en el área rural de Guatemala

Frecuencia día/semana	Número de familias	Distribución %
2	10	12.7
3	20	25.3
4	36	45.5
5	10	12.7
6	3	3.8

FUENTE: BRESSANI, R. "El significado alimentario y nutricional del endurecimiento del frijol". INCAP 1982.

Según se observa, solo un pequeño porcentaje de la población consume el frijol diariamente, mientras que la mayor parte lo hace tres ó cuatro veces por semana. Esta situación, o sea la baja disponibilidad, es la que motiva los programas de producción, los cuales reciben indudablemente todo el énfasis (1).

Como se menciona anteriormente, la leguminosa de grano más importante en Guatemala es el frijol común, (*Phaseolus vulgaris* L.), de ahí que la población rural y urbana de nuestro país consume entre 45 y 50 gramos diarios de frijol de acuerdo a encuestas hechas hace 10 años. Aunque no se dispone de datos más recientes, un cálculo de consumo, aparentemente en el país indica una cifra de 36 gramos diarios por persona. El frijol estaba aportando en 1970 entre el 10 y 15% de la ingesta de proteína en la población, lo que lo hace aparecer como una de las fuentes importantes de proteínas relativamente barata (12).

Un hecho relevante que es necesario considerar, es la complementariedad de las proteínas del frijol con las del maíz. La complementariedad que podría existir entre el maíz y el frijol es de importancia desde el punto de vista práctico. Las encuestas nutricionales llevadas a cabo por el Instituto Nutricional de Centro America y Panamá - INCAP- en la región de la América Central han demostrado que después del maíz, el frijol es el alimento más importante de las dietas que consumen los pobladores de las zonas rurales. Las cantidades aproximadas de consumo en tales lugares alcanzan, en lo que a maíz concierne, alrededor de 500 gramos por persona por día y de 75 gramos en el caso del frijol. Por consiguiente, puesto que se sabe que las proteínas del maíz son de bajo valor biológico, no cabe ninguna duda de que las cantidades de frijol que incluyen las dietas, como complemento de la proteína del maíz, revisten gran importancia desde el punto de vista de la nutrición (4,9).

En Guatemala, la dieta de los estratos de bajo ingreso de la población se compone de maíz y frijol principalmente de esta manera el contenido de lisina del maíz es mejorado al adicionar frijoles en la ingesta. Como es sabido los maíces tradicionales de Guatemala tienen bajo contenido de lisina, a su vez el frijol tiene un bajo contenido de aminoácidos, especialmente cistina y metionina. Radica pues la importancia del frijol en que es una leguminosa de alto valor proteínico especialmente entre las comunidades rurales. La característica principal de la proteína del frijol es que es muy deficiente en el aminoácido metionina, cistina y luego en el triptófano. Por otra parte contiene cantidades relativamente altas de lisina, aminoácido deficiente en los cereales. De

forma que la combinación de frijol con maíz o arroz en la dieta diaria provee una complementariedad entre las proteínas de estos dos alimentos. Por lo tanto, es aconsejable una utilización más amplia de esta importante leguminosa habitual, como una solución al problema de la desnutrición (9).

6.1.1 CARACTERISTICAS DE ACEPTABILIDAD DEL FRIJOL EN GUATEMALA:

La aceptabilidad del frijol por los consumidores está determinada por un número de factores entre los cuales el mas importante es el tiempo de cocción. El manejo postcosecha y las condiciones de almacenamiento son factores muy importantes que afectan el tiempo de cocción. Sin embargo, parece ser que los procesos aplicados antes del almacenamiento del frijol recién cosechado pueden interactuar con el almacenamiento influenciando el tiempo de cocción (3).

El frijol común, como otras leguminosas, contiene factores de acción fisiológica adversa como los inhibidores de tripsina, hemaglutininas y, posiblemente los polifenoles. Los primeros dos, sin embargo, son destruídos por el proceso de cocción, usado para el consumo de frijol, no así los polifenoles, que pueden interferir con la utilización de los nutrientes del frijol. Por otro lado, se ha indicado que los polifenoles favorecen la germinación del grano de frijol y puede que sean importantes en los aspectos de aceptabilidad por el consumidor.

Los polifenoles se encuentran principalmente en la cáscara del grano, con cantidades pequeñas en el cotiledón, de acuerdo a estudios en los que se separó la cáscara del grano. Los resultados indicaron una pérdida que varía entre 30 y 49% durante la cocción. Esta cantidad se recupera parcialmente en las aguas de cocción, y el resto posiblemente se liga a los componentes orgánicos de los cotiledones, principalmente proteína (1).

Estudios de digestibilidad proteínica realizados en animales de experimentación, indican que ésta es mas alta para los cultivares blancos que para los rojos y negros, siendo estos últimos los que contienen mayor cantidad de polifenoles. Sin embargo, dentro de un mismo color de grano, la relación entre fenoles y

digestibilidad no es altamente significativa. Estudios preliminares en humanos han indicado un efecto relativamente leve, el cual sería difícil de medir al consumir frijol con otros alimentos (1).

Se ha demostrado que el proceso de cocción a que se someten las leguminosas de grano, afectan su valor nutritivo y en particular su calidad proteínica. Dicho proceso involucra, en algunos casos una etapa de remojo, como un tratamiento térmico hasta que las semillas se suavizan (10).

Estudios recientes, (Bressani, Elías y Valiente) han demostrado que algunas características agronómicas y nutricionales son afectadas, tanto por la composición genética del frijol como por factores ambientales. Más aún, se han encontrado que los factores ambientales son más importantes que los genéticos (10).

Un estudio de características de aceptabilidad que se realizó en los departamentos de Guatemala y Chimaltenango (San Andrés Itzapa, Patzún y Parramos), Jutiapa (Quezada, El Progreso y Asunción Mita) y Escuintla (Masagua, Siquinalá y Escuintla), determinó que los métodos utilizados por la población para determinar las características de aceptabilidad de frijol crudo para obtener un grano cocido aceptable son: Prueba del diente, exhalación del frijol, frote del grano con las palmas de la mano, lugar de origen y el prestigio del vendedor. Este mismo estudio reveló que las características de aceptabilidad del frijol más importantes para la población son la estructura del grano, grado de dureza del mismo, tiempo de cocción en función del uso de leña u otro combustible y además una característica que reviste mucha importancia para la población es el sabor ya que si este cambia, el grano no es aceptado por el consumidor, lo que incrementaría la pérdida económica para el productor, en el producto (14).

La muestra para el estudio anterior comprendió 600 viviendas, 150 por departamento. La población se dividió en Urbana y Rural y en cada comunidad se entrevistó a 25 personas. El 16% de los jefes de familia eran agricultores y el número de consumidores por vivienda varió entre cuatro y seis personas con uno o dos niños menores de cinco años generalmente. La mayoría consume frijoles, cuatro veces por semana y los prepara una o dos veces durante este período.

Datos adicionales pero que no por ello dejan de ser importantes indican que sólo el 15% de la población estudiada remoja el frijol, porque según su criterio, ayuda al proceso de cocción, al sabor y a evitar pérdida de vitaminas y el 65% de estas personas usan el agua de remojo. El 100% de la población adiciona sal al frijol y el 67% adiciona apazote y algunos incaparina. La mayoría de la población cocina en olla de barro y utiliza estufa de leña (14).

6.1.2

MECANISMO DE ENDURECIMIENTO DEL FRIJOL:

Por razones que todavía son objeto de investigación, el frijol tiende a resistir el proceso de cocción, tendencia que se magnifica con un almacenamiento inadecuado, condición ésta que se le conoce como endurecimiento. Esta condición que se encuentra muy frecuente en el frijol, tiene implicaciones de gran magnitud, tanto desde el ángulo económico como nutricional; siendo el factor mas importante el económico en cuanto a la cantidad de leña o energía necesarias para cocinar el producto; este gasto económico es de gran significancia para el consumidor rural, quien usa leña para estos propósitos.

HIPOTESIS GENERAL DEL PROCESO DE ENDURECIMIENTO:

Hasta la fecha no existen datos concretos y conocidos que expliquen el proceso de endurecimiento, pero podría hacerse en términos generales, como se indica en la figura 1.

La evidencia disponible en la actualidad sugiere que existen dos vías que dan origen a esa condición. Una vía es inherente a la semilla, o sea aquella que podría originarse de las partes anatómicas del grano, las que, a su vez, podrían ser de origen genético o adquiridas por la planta, de acuerdo al medio en que se cultiva. Por ejemplo el espesor de la cáscara y la apariencia de la misma, el tamaño del grano y la longitud del hilum, y, posiblemente, el contenido de proteína. El papel de estas estructuras puede estar influenciado por el almacenamiento. Esto constituye la segunda vía del endurecimiento, que induce cambios físicos y químicos en la micro-estructura de la semilla, tanto en la cáscara como en el cotiledón. El efecto de cualquiera de las dos vías es el de resistir la absorción de agua siendo por ello necesario incrementar el tiempo de cocción para suavizarlos (1).

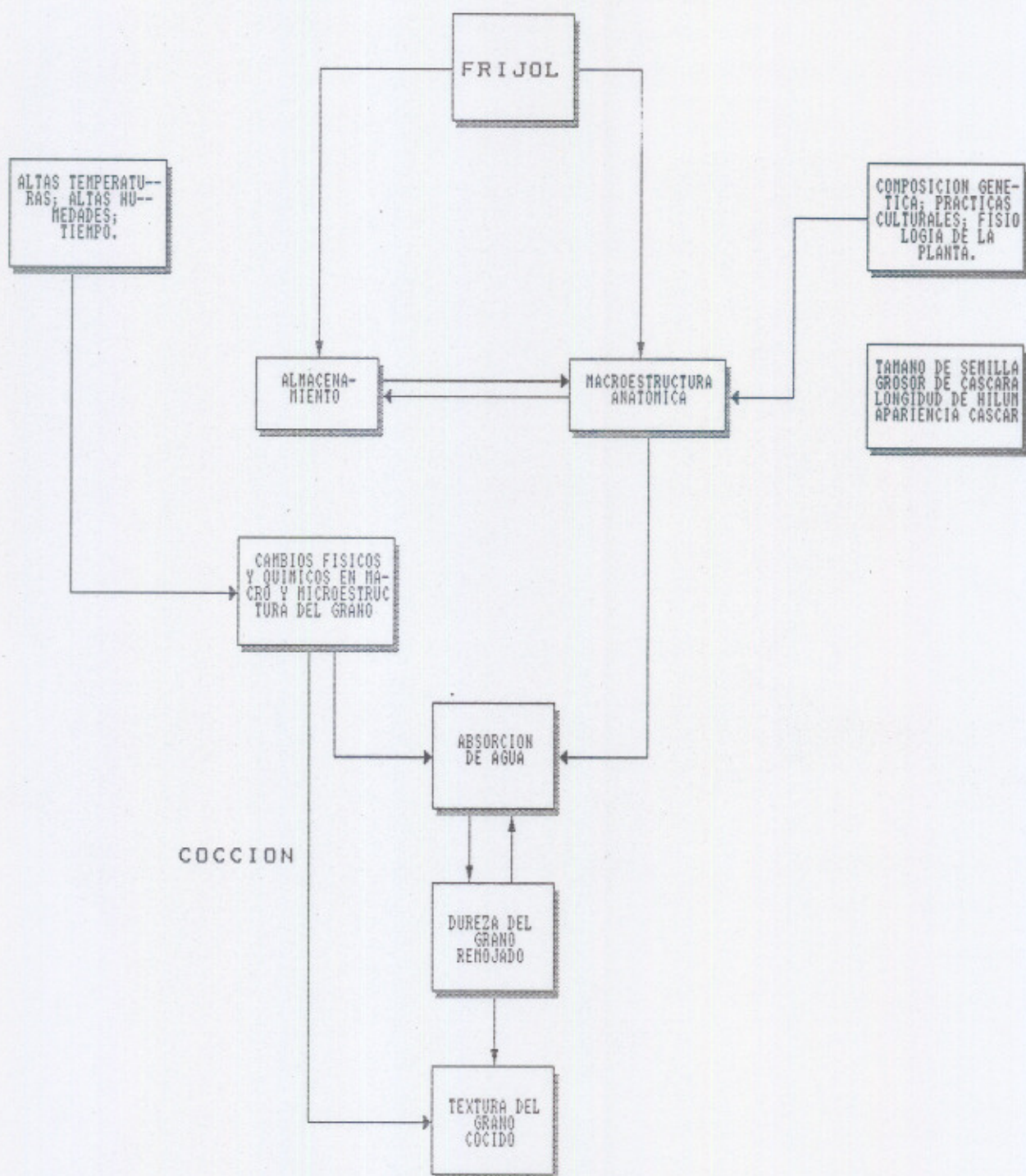


FIGURA 1: Hipotesis sobre el proceso de endurecimiento del frijol.

FUENTE: BRESSANI, R. "El significado alimentario y nutricional del frijol". INCAP 1982.

Algunos datos donde parece existir acuerdo entre investigadores con respecto a la estructura anatómica del grano se presentan en el cuadro 3 (1).

CUADRO 3. Algunos factores físicos y químicos que afectan la absorción del agua por el frijol.

Factores	Efecto
1. Tamaño de semilla	Grano pequeño con menos cáscara y más proteína favorece más rápida absorción de agua.
2. Grueso de cáscara	Menos gruesa, más rápida la absorción del agua.
3. Apariencia de cáscara	Cáscara amorfa favorece la más rápida absorción del agua; cáscara fina y brillante la reduce.
4. Contenido de proteína	Mayor contenido de proteína, (menor contenido de CHO), más rápida la absorción de agua.

FUENTE: BRESSANI, R. "El significado alimentario y nutricional del endurecimiento del frijol". INCAP 1982.

Tanto el tamaño del grano, como la clase de cáscara y su estructura, así como la proteína del frijol, afectan la absorción del agua, lo que, como ya se indicó, está relacionado con el endurecimiento del frijol; como también ya se dijo ese endurecimiento ocasiona pérdidas económicas las cuales pueden transformarse en pérdidas nutricionales, ya que se deja de consumir, o bien su calidad nutritiva se deteriora. Además, es posible que la aceptabilidad del frijol por parte del consumidor esté relacionada a la estructura del grano que también determina su preparación para consumo.

Como se menciona al inicio de este trabajo, se ha demostrado que el tiempo de cocción del frijol es una de las características más importantes reclamadas por el consumidor. Por lo tanto la estabilidad del frijol durante el almacenamiento es un tema de gran importancia actualmente. Se ha indicado también que el problema del endurecimiento

del frijol puede ser visualizado bajo dos aspectos: uno está relacionado con el tiempo de cocción de la semilla recién cosechada y el otro se refiere a la dureza del frijol desarrollada durante el período de almacenamiento en lo que concierne al fenómeno de endurecimiento del frijol (1).

Por experimentos realizados (García, González y Bressani), se determinó que el tiempo de cocción aumenta con el tiempo de almacenamiento independientemente de la variedad de que se trate ya que todas las variedades de frijol siempre se endurecen en mayor o menor grado. También se ha determinado por estudios recientes respecto al tiempo de cocción, que a mayor tiempo mayor contenido de sólidos y que la cocción a presión de vapor produce más sólidos que la presión atmosférica. Un hallazgo importante fue que a mayor tiempo de cocción la cantidad de taninos fue menor en el caldo de cocción; asimismo, resultados experimentales obtenidos en ratones indicaron que la cocción en olla de presión (a 16 lbs.), durante 10 a 30 minutos, no disminuía el valor nutritivo de los frijoles negros. En cambio, la cocción por más de 30 minutos pareció rebajar la calidad proteínica de estas leguminosas. La cocción casera en olla destapada, durante cuatro horas, como es costumbre en Centro América, no disminuyó el valor nutritivo de los frijoles. La cocción a presión pareció reducir el contenido aprovechable de lisina de los frijoles; en cambio, la cocción en olla destapada no produjo este efecto. Empleando cualquiera de estos dos métodos de cocción no se produjeron cambios en el contenido de metionina y valina de los frijoles; sin embargo, la cocción destruyó el factor tóxico contenido en ellos (3, 14).

También los efectos del tiempo de cocción y la temperatura de almacenamiento en la dureza fueron evidentes; las muestras de frijol almacenadas por un año a 25 grados centígrados, requirieron de 140 minutos para su cocimiento, mientras que las muestras almacenadas durante el mismo tiempo pero a cinco grados centígrados se cocieron en 100 minutos (14).

6.1.3 TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS PARA MEJORAR EL TIEMPO DE COCCION DEL FRIJOL COMUN:

6.1.3.1 TRATAMIENTO CON SOLUCION SALINA:

Estudios recientes han indicado que de las tecnologías apropiadas para minimizar el tiempo de cocción del frijol común durante almacenamiento (tratamiento térmico a corto tiempo, almacenamiento bajo atmosferas controladas), el tratamiento que ha probado ser más eficiente es el que consiste en remojar el grano recién cosechado en una solución de cloruro de sodio (NaCl) al 15% durante cinco horas y su secamiento al sol antes de almacenarlo, lo cual inhibe el fenómeno de la dificultad de cocción. También se ha informado que la alternativa del tratamiento salino disminuye el tiempo de cocción del frijol parcialmente endurecido, minimizando así el riesgo de su biodeterioro y favoreciendo su comercialización (14).

6.1.3.2 TRATAMIENTO CON AGUA HIRVIENTE:

Se han efectuado estudios para determinar los tiempos de cocción y la dureza de los tipos de frijol blanco, negro y rojo. Todos los tipos de frijol se cocinaron en agua hirviente a temperatura de 95 grados centígrados durante 30, 60, 100, 140 y 180 minutos. En cada tiempo de cocción se midió la dureza con el instrumento DUR-INCAP y se clasificó el frijol cocido en: blando (menos de 100 g-fuerza); medio (entre 100 y 200 g-fuerza) y duro (más de 200 g-fuerza). El frijol negro y blanco se ablandó a los 140 minutos con excepción de una muestra de frijol negro que requirió de 180 minutos. Dos de los cuatro tipos de frijol rojo requirieron de 180 minutos y los otros dos de 220 minutos (14).

En Tanzania se evaluaron 30 cultivares de frijol con características agronómicas sobresalientes por su capacidad de cocción, utilizando la olla para cocinar tipo MATTSON. Se observó un alto grado de variabilidad. El análisis de correlación

múltiple indicó que la variación en la capacidad de cocción se debía en gran parte a diferencias en la capacidad de imbibición entre los cultivares de frijol. El grosor de la testa, el tamaño relativo de la semilla no se correlacionan significativamente con la capacidad de cocción. La determinación de humedad imbibida por cien granos de semilla se propone como un criterio racional para establecer la capacidad de cocción de cultivares de frijol (10).

6.1.3.3 TRATAMIENTOS CON IONES:

El efecto de los iones de Ca y Mg en aumentar significativamente el tiempo de cocción de arvejas ha sido reconocido desde hace varios años en efecto, puede verse al utilizar aguas duras (con contenidos superiores a 330 ppm de calcio o magnesio) para remojo y/o cocción de la arveja. Dado que en varias comunidades del área centroamericana se utiliza agua de pozo (generalmente aguas duras) para remojar y/o cocinar el frijol, se han realizado estudios exploratorios del efecto de la concentración de calcio y magnesio en el agua usada para remojar y/o cocinar el frijol negro. Los resultados obtenidos con la variedad Tamazulapa fue de que a mayor concentración de iones de Ca y Mg se incrementó la dureza del frijol y también el tiempo de cocción del grano. Este resultado señala la posible implicación que una operación de remojo del grano utilizando aguas con alto contenido de calcio y magnesio pueden tener sobre el tiempo de cocción del mismo. Otros estudios han demostrado que el cloruro de sodio y el bicarbonato de sodio (las sales de grado alimenticio utilizadas en soluciones de remojo) ayudan a superar el fenómeno de dureza en la cocción el frijol negro. Mezcladas parecen tener un efecto sinérgico en el ablandamiento del frijol por medio del intercambio de cationes, la solubilización y lixiviación de la proteína y el incremento de la porosidad del frijol (14).

6.1.3.4 EXPOSICION AL SOL:

Se han realizado experimentos para probar la hipótesis de que la exposición solar prolongada aumenta el endurecimiento de la semilla o la resistencia a la

cocción rápida. Se expuso una muestra de frijol recién cosechado a la radiación solar durante varios períodos de tiempo. Se determinó el contenido de humedad, el índice de absorción de agua, el índice de cocción y los sólidos totales en el caldo de cocción; los resultados indicaron que la exposición prolongada aumenta el tiempo de cocción y reduce el contenido de humedad (14).

6.1.3.5

TRANSFERENCIA DE CALOR:

En experimentos llevados a cabo se almacenó frijol a 20 grados centígrados durante 10 meses. Este frijol "tostado" ligeramente por transferencia de calor sólido a 105 grados centígrados durante tres minutos. Después de su remojo y su cocción en agua hirviente, el frijol "tostado" alcanzó su textura de cocción 30 minutos antes de los testigos sin tratar (14).

6.2 MARCO REFERENCIAL

6.2.1 LOCALIZACION DEL EXPERIMENTO

Uno de los experimentos estuvo ubicado en las instalaciones del ICTA en Cuyuta; el otro se estableció en las instalaciones del ICTA en Jutiapa y el tercer experimento se instaló en el Centro Experimental docente de la Facultad de Agronomía, CEDA.

6.2.2 CARACTERISTICAS CLIMATICAS Y EDAFICAS

Centro de Producción de Cuyuta:

Altitud	48 msnm
Latitud	14° 07'
Longitud	90° 52'
Precipitación Pluvial	2255 mm anuales
Temperatura Promedio	30 C
Suelos serie Tiquisate	
Capacidad de abastecimiento de humedad mediana	
Textura Franca	
Color gris oscuro	
Topografía plana	
pH = 6.6	

Centro Experimental de Jutiapa:

Altitud	905.96 msnm
Latitud	40° 16' 58"
Longitud	89° 53' 33"
Precipitación Pluvial	1500 mm anuales
Temperatura Promedio	23°C
Suelos serie Guatemala	
Materia madre constituída por cenizas volcánicas	

Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía:

Altitud	1580 msnm
Latitud	14° 35'
Longitud	90° 31' 58"
Precipitación Pluvial	1250 mm anuales
Temperatura Promedio	18°C
Suelos serie Guatemala	
Constituídos por ceniza volcánica	
Color café oscuro	
Relieve plano	
Drenaje interno bueno	
Textura franco-arcillosa	
Friable	

7 METODOLOGIA

7.1 MATERIALES A UTILIZAR

Se utilizó la variedad de frijol mejorado ICTA-OSTUA, la cual es de color negro y ha sido mejorada para tolerancia al Mosaico Dorado.

7.2 SIEMBRA

La siembra se realizó durante la primera semana del mes de Junio de 1989 en las tres localidades antes mencionadas. En cada localidad se sembró un lote de aproximadamente 800 metros cuadrados con una densidad de población de 200,000 plantas/Ha, (16,000 plantas/800 metros cuadrados), para obtener 150 libras de semilla por localidad, las cuales fueron la base de la investigación.

7.3 COSECHA

La cosecha de cada lote experimental de cada una de las tres localidades se dividió en dos partes: una para ser secada a la sombra y la otra para ser secada completamente al sol, esto con el objetivo de determinar el efecto de la forma de secamiento en el endurecimiento del grano. Para efectos del estudio se ajustó el grado de humedad del frijol, tanto el secado al sol como el secado a la sombra, a un 14%.

7.4 ALMACENAMIENTO

En cada localidad se almacenaron seis muestras procedentes, dos de cada localidad: una muestra secada a la sombra y la otra secada completamente al sol; esto con el propósito de determinar el efecto combinado de la forma de secamiento y la localidad de almacenamiento en el endurecimiento del grano.

El frijol cosechado se almacenó en sacos que es la forma mas común de hacerlo; asimismo, el frijol se almacenó desde el momento en que el grano alcanzó el 14% de humedad y se obtuvieron cuatro muestras durante un período de seis meses, tiempo en

el cual el frijol permaneció bajo las condiciones de almacenamiento iniciales.

7.5 TOMA DE DATOS

Para el presente trabajo se utilizó el cocinador MATTSON modificado del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP-, para realizar las pruebas de dureza del grano de frijol. Este método se basa en el tiempo para que el 50% de una muestra de frijol bajo condiciones de cocción sea atravesado por una aguja. Los aparatos de que consta un cocinador MATTSON son: estufas, el cocinador con 25 pines de ± 48 g cada uno, teniendo cada pin una aguja con un diámetro de dos milímetros.

7.5.1 PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE DATOS

- 25 granos de frijol son colocados en el cocinador MATTSSON.
- Se coloca el cocinador con frijoles en un recipiente con agua hirviendo. El nivel del agua debe quedar arriba de los frijoles, una pulgada como mínimo.
- Cuando un grano está cocido este es penetrado por la aguja del pin; la parte superior del pin desciende de tres a cuatro centímetros.
- Se efectúa un conteo del número de pines que ha descendido cada cinco minutos.
- Con los datos anteriores se construye una gráfica donde el porcentaje (%), de granos cocidos esté en función del tiempo de perforación del grano, el cual también se relacionará con el tiempo que el grano lleva almacenado, la forma en que fué secado y la localidad de donde procede.

El tiempo de cocción con el Cocinador MATTSON está definido cuando el 50% de los granos han sido perforados (estén cocidos).

7.6 ANALISIS ESTADISTICO

El análisis de los resultados consistió en un análisis de varianza para un modelo tetrafactorial en un diseño completamente al azar. El modelo incluyó cuatro factores independientes:

- Localidad de siembra, que para efectos del presente estudio son tres las localidades donde se efectuó la siembra: Cuyuta, Guatemala y Jutiapa.
- Tipo de secado del grano: se utilizaron dos formas de secamiento del grano cosechado: secado al sol y secado a la sombra.
- Localidad de almacenamiento: en este caso son las mismas localidades de siembra: Cuyuta, Guatemala y Jutiapa.
- Frecuencia de muestreo: se efectuaron cuatro muestreos con un intervalo promedio entre los mismos de 1.5 meses.

Los factores anteriores explican el comportamiento dureza del grano de frijol.

La variable dependiente para este estudio es el tiempo de cocción.

El Modelo Estadístico utilizado para el análisis de varianza es:

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + \theta_l + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\tau)_{ik} + (\alpha\theta)_{il} + (\beta\tau)_{jk} + (\beta\theta)_{jl} + (\tau\theta)_{kl} + (\alpha\beta\tau)_{ijk} + (\alpha\beta\theta)_{ijl} + (\alpha\tau\theta)_{ikl} + (\beta\tau\theta)_{jkl} + (\alpha\beta\tau\theta)_{ijkl} + \epsilon_{ijklm}$$

El análisis de varianza indicó diferencia estadísticamente significativa entre factores, por lo que se procedió a efectuar comparación de medias a través de pruebas de Tukey.

Donde:

Y_{ijklm}	=	Grado de dureza de la m-ésima unidad experimental; del tratamiento formado por la i-ésima localidad de siembra, la j-ésima localidad de almacenamiento, el k-ésimo tipo de secado y la l-ésima frecuencia de muestreo.
μ	=	Efecto de la media general.
α_i	=	Efecto de la i-ésima localidad de siembra.
β_j	=	Efecto de la j-ésima localidad de almacenamiento.
τ_k	=	Efecto del k-ésimo tipo de secado.
θ_l	=	Efecto de la l-ésima frecuencia de muestreo.
$(\alpha\beta)_{ij}$	=	Efecto de la interacción de la i-ésima localidad de siembra con la j-ésima localidad de almacenamiento.
$(\alpha\tau)_{ik}$	=	Efecto de la interacción de la i-ésima localidad de siembra con el k-ésimo tipo de secado.
$(\alpha\theta)_{il}$	=	Efecto de la interacción de la i-ésima localidad de siembra con la l-ésima frecuencia de muestreo.
$(\beta\tau)_{jk}$	=	Efecto de la interacción de la j-ésima localidad de almacenamiento con el k-ésimo tipo de secado.
$(\beta\theta)_{jl}$	=	Efecto de la interacción de la j-ésima localidad de almacenamiento con la l-ésima frecuencia de muestreo.

- $(\tau\theta)_{kl} =$ Efecto de la interacción del k-ésimo tipo de secado con la l-ésima frecuencia de muestreo.
- $(\alpha\beta\tau)_{ijk} =$ Efecto de la interacción de la i-ésima localidad de siembra con la j-ésima localidad de almacenamiento y el k-ésimo tipo de secado.
- $(\alpha\beta\theta)_{ijl} =$ Efecto de la interacción de la i-ésima localidad de siembra con la j-ésima localidad de almacenamiento y la l-ésima frecuencia de muestreo.
- $(\alpha\tau\theta)_{ikl} =$ Efecto de la interacción de la i-ésima localidad de siembra con el k-ésimo tipo de secado y la l-ésima frecuencia de muestreo.
- $(\beta\tau\theta)_{jkl} =$ Efecto de la interacción de la j-ésima localidad de almacenamiento con el k-ésimo tipo de secado y la l-ésima frecuencia de muestreo.
- $(\alpha\beta\tau\theta)_{ijkl} =$ Efecto de la interacción de la i-ésima localidad de siembra con la j-ésima localidad de almacenamiento, el k-ésimo tipo de secado y la l-ésima frecuencia de almacenamiento.
- $\epsilon_{ijklm} =$ Error asociado con la m-ésima unidad experimental sujeta al tratamiento de la ijkl combinación.

8. RESULTADOS Y SU DISCUSION

En el cuadro 4, referido al frijol producido en Guatemala, se observan algunas tendencias generales de las variables involucradas en el análisis.

Para el caso del frijol secado a la sombra, se observa que el grado de dureza tiende a incrementarse a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, ya que el tiempo necesario para la cocción aumenta desde un promedio de 91 minutos a los 37 días de almacenado el grano, hasta 138 minutos después de 148 días de almacenamiento.

Se observa también alguna diferencia entre localidades ya que aparentemente el tiempo de cocción promedio por localidad es menor en el frijol almacenado en el municipio de Guatemala, en segundo término el almacenado en el municipio de Jutiapa y finalmente, el frijol con mayor dureza es el almacenado en el municipio de Cuyuta. Tal tendencia no parece ocurrir tan claramente con el frijol secado al sol.

Si se compara la dureza del frijol secado a la sombra con el secado al sol, se nota que aunque el secado al sol presenta un mayor grado de dureza a los 37 días de almacenamiento, (102 minutos en promedio), parece endurecerse menos que el secado a la sombra conforme transcurre el tiempo de almacenamiento es decir, 119 minutos a los 148 días o sea 19 minutos menos. Esto se asemeja al frijol secado a la sombra, pero a los 98 días.

Tales tendencias pueden observarse en la figura 2.

CUADRO 4. Tiempo promedio de cocción del frijol producido en Guatemala, según tipo de secado, localidad y tiempo de almacenamiento.

LOCALIDAD ALMACENAMIENTO	SECADO A LA SOMBRA				SECADO AL SOL			
	19-10-88	6-12-88	25-01-89	16-03-89	19-10-88	06-12-88	25-01-89	16-03-89
GUATEMALA	86.5 *	95 *	105 *	106 *	96.5 *	94 *	100 *	102.5
JUTIAPA	95.5	109	102.5	122.5	102	97.5	94.5	100.5
CUYUTA	92.5	115	146.5	186.5	107	97	121.5	155.5

* El tiempo de cocción se expresa en minutos.

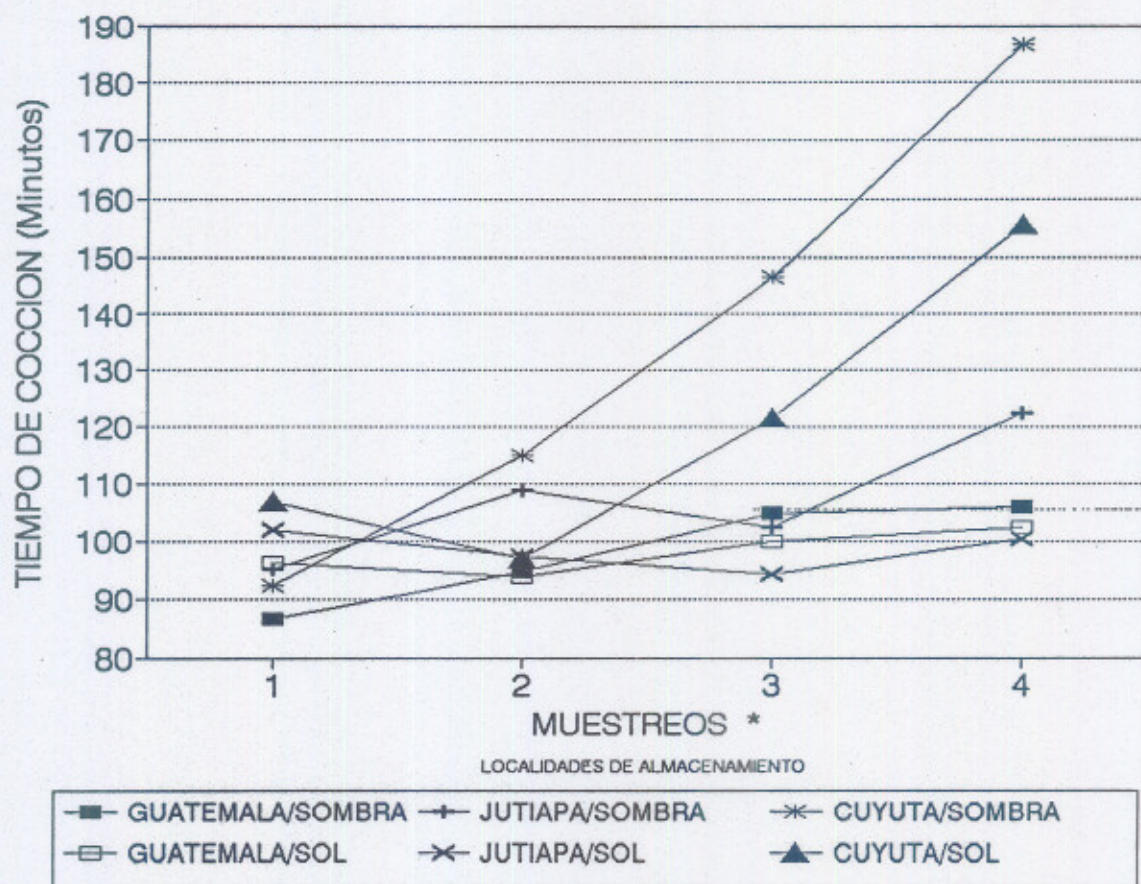


FIGURA 2: Frijol producido en Guatemala; secado a la sombra y al sol; almacenado en Guatemala, Jutiapa y Cuyuta

- Muestreo 1: Al momento de la cosecha
- Muestreo 2: 37 días posteriores a la cosecha
- Muestreo 3: 98 días posteriores a la cosecha
- Muestreo 4: 148 días posteriores a la cosecha

En el cuadro 5, referente al frijol producido en Cuyuta, al efectuar el análisis se observa que el frijol secado a la sombra tiende a endurecerse mas, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento ya que el tiempo que se necesita para la cocción del grano, aumenta desde un promedio de 160 minutos a los 37 días de almacenado hasta un promedio de 351 minutos después de 148 días de almacenamiento. En el frijol secado al sol se observa que el tiempo de cocción es menor, ya que el máximo (165 minutos), se alcanza a los 98 días.

Puede observarse también, que a nivel de localidades en donde el grano fue almacenado, existe diferencia en cuanto a su endurecimiento, ya que los datos muestran que el frijol almacenado en Guatemala es el que necesita menos tiempo para la cocción, seguido del frijol almacenado en Jutiapa y por último el frijol almacenado en Cuyuta que al igual que como se muestra en el cuadro 4, es el que mayor grado de dureza presenta. Lo anterior, sucede tanto en el frijol secado a la sombra como con el secado al sol, pero mas claramente en el secado a la sombra.

UADRO 5. Tiempo promedio de cocción del frijol producido en Cuyuta, según tipo de secado, localidad y tiempo de almacenamiento.

LOCALIDAD ALMACENAMIENTO	SECADO A LA SOMBRA				SECADO AL SOL			
	19-10-88	06-12-88	25-01-89	16-03-89	19-10-88	06-12-88	25-01-89	16-03-89
GUATEMALA	147 *	185.5*	155 *	240*	115.5*	130 *	127 *	134.5*
JUTIAPA	152	185.5	311	334	109.5	124	154	139
CUYUTA	181	245.5	480	480	161.5	161	214.5	208

Los datos anteriores pueden observarse con mayor claridad en la figura 3.

* El tiempo de cocción se expresa en minutos.

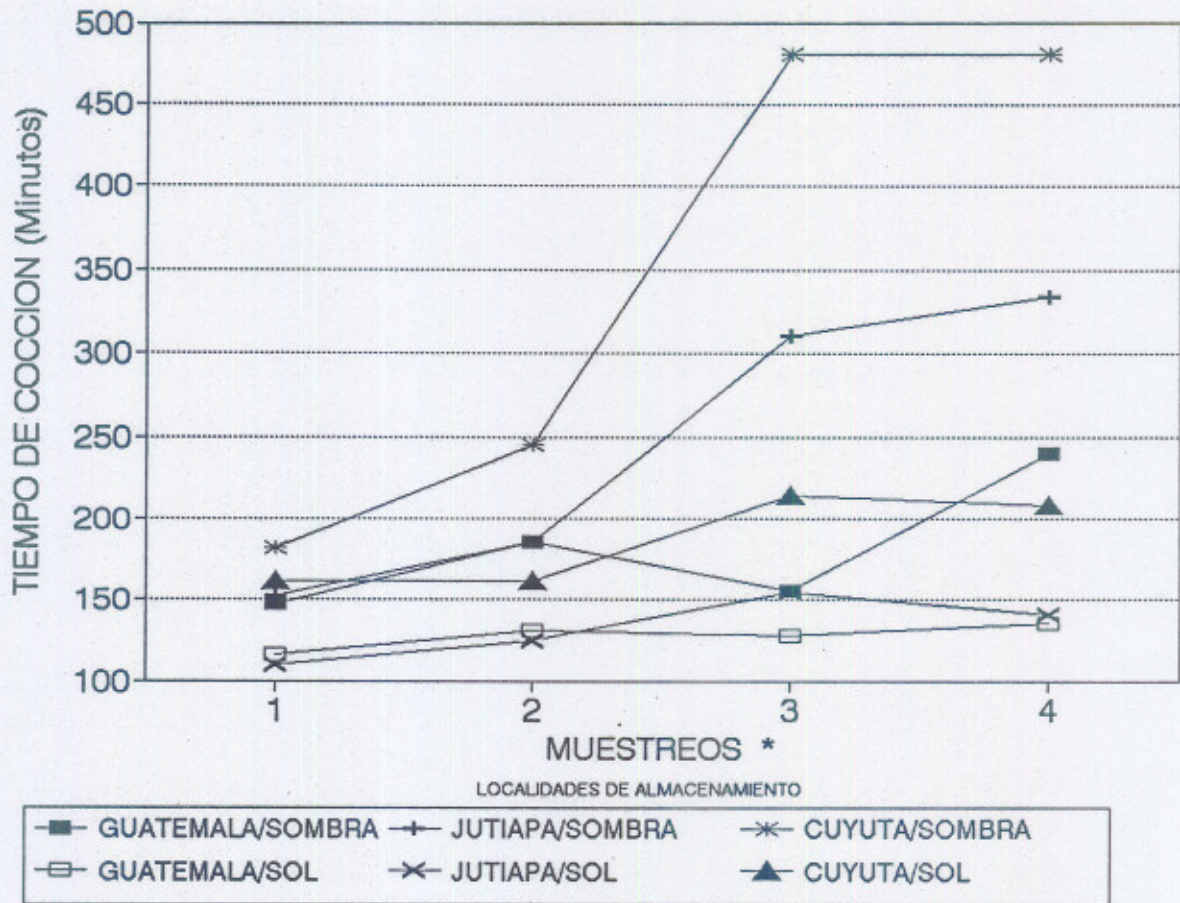


FIGURA 3: Frijol producido en Cuyuta; secado a la sombra y al sol; almacenado en Guatemala, Jutiapa y Cuyuta

- * Muestreo 1: Al momento de la cosecha
- Muestreo 2: 37 días posteriores a la cosecha
- Muestreo 3: 98 días posteriores a la cosecha
- Muestreo 4: 148 días posteriores a la cosecha

Referente al frijol producido en Jutiapa según el cuadro 6, al analizar las variables, se observa también que el frijol secado a la sombra incrementa su dureza a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, ya que el tiempo necesario para la cocción se incrementa desde un promedio de 137 minutos a los 37 días de almacenado el grano hasta un promedio de 275 minutos después de 148 días de almacenamiento. Con el frijol secado al sol, el tiempo necesario para la cocción aumenta desde un promedio de 159 minutos a los 37 días del almacenamiento hasta 251 minutos promedio después de 148 días de almacenado el grano. Tanto el frijol secado a la sombra como el secado al sol se comportan de la misma manera, pero con datos mas bajos en las últimas etapas de almacenamiento, el frijol secado al sol.

A nivel de localidades de almacenamiento la tendencia, tanto el frijol secado a la sombra como el frijol secado al sol, el grano almacenado en Guatemala presenta menor endurecimiento en el transcurso del tiempo requiriendo menos tiempo para su cocción, seguido del frijol almacenado en Jutiapa; siendo el frijol almacenado en Cuyuta el que presenta un grado mayor de endurecimiento por lo tanto, el que requiere de mas tiempo para lograr su cocción.

CUADRO 6. Tiempo promedio de cocción del frijol producido en Jutiapa, según tipo de secado, localidad y tiempo de almacenamiento.

LOCALIDAD ALMACENAMIENTO	SECADO A LA SOMBRA				SECADO AL SOL			
	19-10-88*	06-12-88*	25-01-89*	16-03-89*	19-10-88*	06-12-88*	25-01-89*	16-03-89*
GUATEMALA	123	144.5	143	181	166	168.5	131	151
JUTIAPA	141.5	209	186	163.5	134	157	156	162.5
CUYUTA	147.5	219	480	480	177	244	353	439.5

Los datos anteriores pueden observarse con mayor claridad en la figura 4.

* El tiempo de cocción se expresa en minutos.

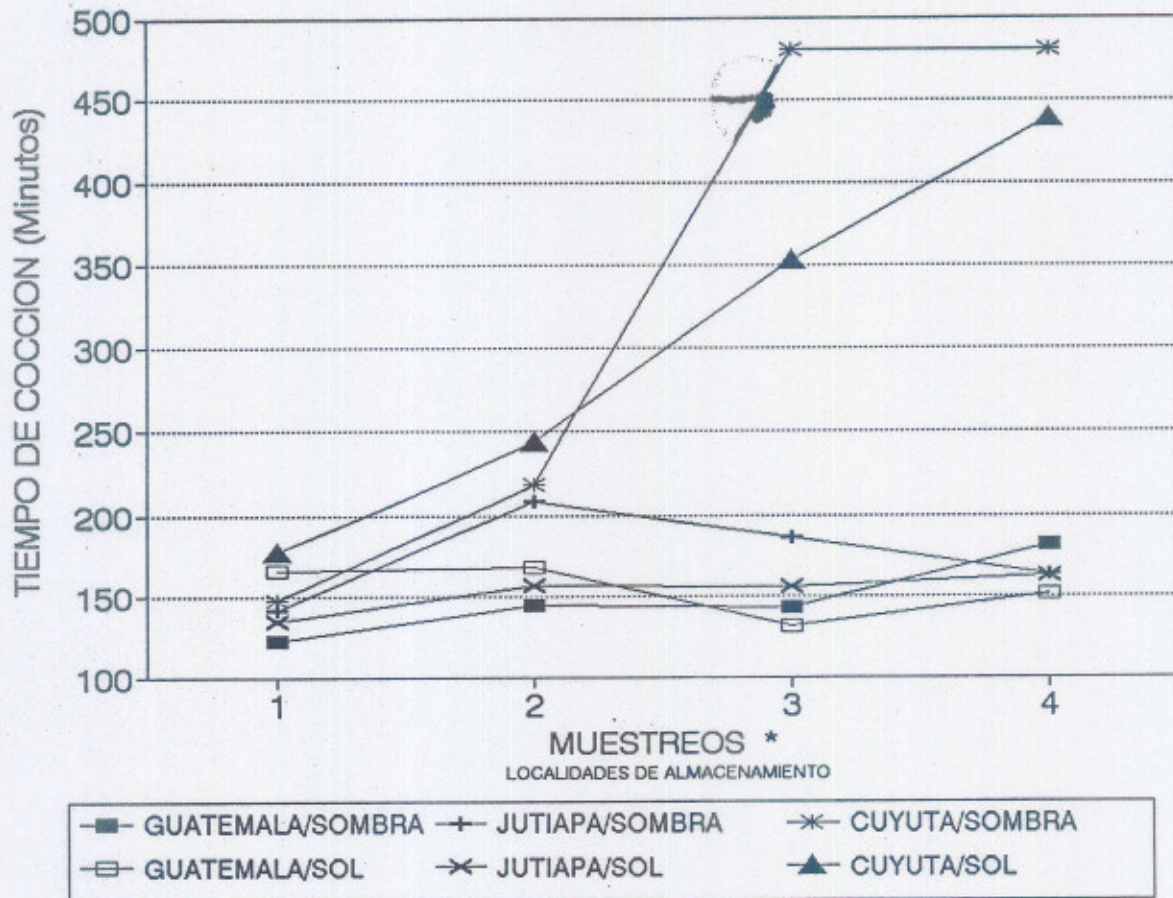


FIGURA 4: Frijol producido en Jutiapa; secado a la sombra y al sol; almacenado en Guatemala, Jutiapa y Cuyuta

- * Muestreo 1: Al momento de la cosecha
 Muestreo 2: 37 días posteriores a la cosecha
 Muestreo 3: 98 días posteriores a la cosecha
 Muestreo 4: 148 días posteriores a la cosecha

En el cuadro 7 se resumen las localidades de almacenamiento, los lugares de donde procede la producción, las fechas de muestreo y el tiempo de cocción en minutos.

Para el frijol producido en Guatemala, tanto el secado a la sombra como el secado al sol, el grano almacenado en Guatemala presenta el menor grado de dureza, seguido del almacenado en Jutiapa y por último el almacenado en Cuyuta; siendo los datos similares para los dos tratamientos.

Para el frijol producido en Cuyuta, el secado al sol y almacenado en Guatemala presenta el menor grado de dureza; en tanto que el almacenado en Cuyuta es el que mayor tiempo necesita para su cocción (mayor dureza). Siempre, para el frijol producido en Cuyuta, el grano secado a la sombra presenta datos importantes dado que para la localidad de Guatemala necesita en promedio 182 minutos para su cocción; para Jutiapa 246 minutos (64 mas que para Guatemala) y 347 minutos para Cuyuta (165 mas que para Guatemala y 101 mas que para Jutiapa).

El frijol producido en Jutiapa, presenta datos muy similares, tanto el grano secado a la sombra como el secado al sol. Al igual que en las otras zonas de producción, la localidad de Guatemala necesita menor tiempo de cocción que las otras dos, siguiendo en orden Jutiapa y por último Cuyuta.

Si comparamos los tiempos promedio de cocción, tanto del frijo secado a la sombra como el secado al sol, para las zonas de producción de Guatemala y Jutiapa existe mucha similitud. Para el frijol producido en Guatemala y secado a la sombra se necesitan 113 minutos para su cocción y el secado al sol necesita 106 minutos; para el frijol producido Jutiapa y secado a la sombra se necesitan 218 minutos para alcanzar su punto de cocción en tanto que para el secado al sol se necesitan 203 minutos.

Para el caso del frijol producido en Cuyuta, el secado a la sombra necesita mayor tiempo de cocción (258 minutos), mientras que el secado al sol necesita unicamente 148 minutos (110

minutos menos que el secado a la sombra y 55 minutos menos que el frijol producido en Jutiapa y secado al sol).

El análisis de varianza y la comparación de medias, indican que las tendencias observadas son estadísticamente válidas.

Los resultados del análisis de varianza presentados en el cuadro 5, indican que existe diferencia altamente significativa entre localidades de siembra, localidades de almacenamiento, tipo de secado, frecuencia de muestreo y entre las interacciones de las distintas variables en estudio.

CUADRO 7. Tiempo promedio de cocción del frijol producido en Guatemala, Jutiapa y Cuyuta, según tipo de secado, localidad y tiempo de almacenamiento.

LOCALIDAD ALMACENAMIENTO	PROCEDENCIA PRODUCCION	SECADO A LA SOMBRA					SECADO AL SOL				
		19-10-88*	06-12-88	25-01-89	16-03-89	X	19-10-88	06-12-88	25-01-89	16-03-89	X
GUATEMALA	GUATEMALA	86.5**	95	105	106	98	96.5	94	100	102.5	98
JUTIAPA		95.5	109	102.5	122.5	107	102	97.5	94.5	100.5	99
CUYUTA		92.5	115	146.5	186.5	135	107	97	121.5	155.5	120
X		91	106	118	138	113	101	96	105	119	106
GUATEMALA	CUYUTA	147	188.5	155	240	182	115.5	130	127	134.5	127
JUTIAPA		152	188.5	311	334	246	109.5	124	154	139.5	132
CUYUTA		181	245.5	480	480	347	161.5	161	214	208	186
X		160	205	315	351	258	129	138	165	161	148
GUATEMALA	JUTIAPA	123	144.5	143	181	148	166	168.5	131	151	154
JUTIAPA		141.5	209	186	163.5	175	134	157	156	162.5	152
CUYUTA		147.5	219	480	480	332	177	244	353	439.5	303
X		137	191	270	275	218	159	190	213	251	203

* Fecha de muestreo

** El tiempo de cocción se expresa en minutos

Los resultados del análisis de varianza presentados en el cuadro 8, indican que existe diferencia altamente significativa entre localidades de siembra, localidades de almacenamiento, tipo de secado, frecuencia de muestreo y entre las interacciones de las distintas variables en estudio.

Puede observarse que el Coeficiente de Variación que es de 5.3796253 para este estudio, es bajo lo cual indica que los datos son confiables. Los errores que se pudieron haber cometido en la investigación son mínimos, por lo que se puede deducir fácilmente que las comparaciones entre localidades, tanto de almacenamiento como de producción y los diferentes tiempos de cocción, nos refieren a datos sumamente importantes.

CUADRO 8. Resultados del análisis de varianza
Variable dependiente: TC ¹

ORIGEN	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	PR > F
Modelo	71	1402698.0000	19756.3099	223.97	0.0001
Error	72	6351.0000	88.2083		
Total Corregido	143	1409049.0000			

R-Cuadrado	C.V.	Raíz MSE	TC Medio
0.995493	5.3796253	9.3919292	174.58333333

¹ TC = Tiempo de Cocción

Los resultados de la comparación de medias mostrados en el cuadro 9 y referidos a LOCALIDAD DE SIEMBRA, indican que el frijol que se sembró en Jutiapa y fue secado al sol resultó ser el que mayor grado de dureza adquirió; en tanto que el frijol sembrado en Guatemala y secado al sol resultó ser el que menor dureza acumulada presentó.

CUADRO 9. Resultados del análisis de varianza

Variable para el experimento: TC ²

AGRUPACION TUKEY	MEDIA	N	LS
A	210.750	48	1
B	203.375	48	3
C	109.625	48	2

Medias con igual letra no presentan diferencias significativas

Alfa = 0.05 GL= 72 MSE= 88.20833

Valor Crítico del Rango Estudentizado = 3.384

Diferencia Mínima Significativa = 4.5879

NOTA: Este experimento controla un porcentaje del error tipo I pero generalmente tiene un porcentaje mas alto de error tipo II en el análisis REGWQ.

² TC = Tiempo de Cocción

La comparación de medias para LOCALIDAD DE ALMACENAMIENTO según el cuadro 10, indica que el frijol almacenado en Cuyuta y secado a la sombra fue el mas duro al final del experimento y el almacenado en Guatemala y secado al sol fue el que presentó menor grado de dureza.

CUADRO 10. Resultados del análisis de varianza

Variable para el experimento: TC ³

AGRUPACION TUKEY	MEDIAS	N	LA
A	235.000	48	3
B	152.229	48	1
C	136.521	48	2

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

Alfa= 0.05 GL= 72 MSE= 88.20833

Valor Crítico del Rango Estudentizado= 3.384

Diferencia Mínima Significativa= 4.5879

NOTA: Este experimento controla un porcentaje del error tipo I pero generalmente tiene un porcentaje mas alto de error tipo II en el análisis REGWQ.

³ TC = Tiempo de Cocción

Con respecto a TIPO DE SECADO y según el cuadro 11, la comparación de medias indica que se endurece mas facilmente el frijol secado a la sombra que el frijol secado al sol.

CUADRO 11. Resultados del Análisis de Varianza

Variable para el experimento: TC ⁴

AGRUPACION TUKEY	MEDIAS	N	TS
A	198.208	72	1
B	150.958	72	2

Medias con igual letra no presentan diferencia significativa.

Alfa= 0.05 GL= 72 MSE= 88.20833

Valor Crítico para el Rango Estudentizado= 2.819

Diferencia Mínima Significativa= 3.1204

NOTA: Este experimento controla un porcentaje del error tipo I pero generalmente tiene un porcentaje mayor del error tipo II en el análisis REGWQ.

⁴ TC = Tiempo de Cocción

Finalmente, como se esperaba y en función de TIEMPO DE ALMACENAMIENTO, la comparación de medias indica que el grado de dureza aumenta con el tiempo de almacenamiento del grano independientemente de la forma de secado según se muestra en el cuadro 12. En este cuadro se observa que es mas duro el frijol analizado a los 148 días después de su almacenamiento que el analizado a los 104 días y este a su vez es mas duro que el que fue analizado a los 79 días. El frijol con menor grado de dureza es el analizado a los 37 días de almacenado para cualquiera de las tres localidades.

La interacción que produjo el grano con MENOR DUREZA es el SECADO AL SOL, LOCALIDAD DE SIEMBRA GUATEMALA Y LOCALIDAD DE ALMACENAMIENTO GUATEMALA.

CUADRO 12. Resultados del análisis de varianza
Variable para el experimento: TC⁵

AGRUPACION TUKEY	MEDIAS	N	FM
A	219.306	36	4
B	197.750	36	3
C	154.556	36	2
D	126.722	36	1

Medias con igual letra no presentan diferencia significativa.
Alfa= 0.05 GL= 72 MSE= 88.20833

Valor Crítico del Rango Estudentizado= 3.719

Diferencia Mínima Significativa= 5.8222

⁵ TC = Tiempo de Cocción

En el cuadro 13 se presenta el resumen del análisis de varianza de las 4 variables sujetas de estudio en el presente trabajo.

CUADRO 13. Análisis de varianza de las variables en estudio

ORIGEN	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULAD	PR > F
LS	2	305115.5000	152557.7500	1729.52	0.0001
LA	2	268734.5417	134367.270	1523.29	0.0001
LS*LA	4	97678.9583	24419.7396	276.84	0.0001
TS	1	80372.2500	80372.2500	911.16	0.0001
LS*TS	2	93174.5000	46587.2500	528.15	0.0001
LA*TS	2	16267.0417	8133.5208	92.21	0.0001
LS*LA*TS	4	9648.2083	2412.0521	27.34	0.0001
FM	3	188228.5000	62742.8333	711.30	0.0001
LS*FM	6	45835.5000	7639.2500	86.60	0.0001
LA*FM	6	142619.6250	23769.9375	269.47	0.0001
LS*LA*FM	2	67493.8750	5624.4896	63.76	0.0001
TS*FM	3	37847.8056	12615.9352	143.02	0.0001
LS*TS*FM	6	24165.9444	4027.6574	45.66	0.0001
LA*TS*FM	6	13827.2361	2304.5394	26.13	0.0001
LS*LA*TS* FM	12	11688.5139	974.0428	11.04	0.0001

- LS: Localidad de siembra
LA: Localidad de almacenamiento
TS: Tipo de secado
FM: Frecuencia de muestreo

9. CONCLUSIONES

La tendencia mostrada por el grano de frijol en el presente estudio es que el mismo cuando es producido en Cuyuta se endurece mas rapidamente que el producido en Guatemala y Jutiapa.

De acuerdo a los resultados, a menor temperatura durante el almacenamiento menor endurecimiento del grano, por lo tanto, menor tiempo para su cocción. Lo anterior implica menor gasto de leña u otro combustible, lo que representa una mayor economía para los sectores rurales.

El tiempo de almacenamiento también es un factor de endurecimiento ya que a mayor tiempo de almacenado, el grano adquiere mayor dureza. Lo anterior, independientemente de la variedad, forma de secado, localidad de producción y almacenamiento.

La interacción que produjo el grano con menor dureza es: secado al sol, con localidad de siembra en Guatemala y localidad de almacenamiento Guatemala.

10. RECOMENDACIONES

Establecer experimentos de comparación de variedades y recomendar las variedades suaves tanto a pequeños como a grandes productores siendo que son estos últimos los que poseen los mejores medios de producción.

En función de la obtención de variedades suaves, promocionar a nivel familiar y doméstico la utilización de las mismas, con el propósito de hacer un uso racional de los recursos forestales como fuente de abastecimiento de leña.

Se recomienda el almacenamiento del grano en climas templados y secos ya que se ha demostrado que son los mas aptos para su almacenamiento.

Se puede producir frijol en climas cálidos y húmedos, pero el grano debe almacenarse en climas templados y secos.

11. BIBLIOGRAFIA

1. BRESSANI, R. 1982. El significado alimentario y nutricional del endurecimiento del frijol. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. p. 308-323.
2. _____; BRAHAM, J.E.; ELIAS, L.G. s.f. Contenido de polifenoles en cultivares de frijol común (Phaseolus vulgaris L.), efecto sobre la digestibilidad de la proteína. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 50 p.
3. _____; ELIAS, L.G.; VALIENTE, A.T. 1963. Efecto de la cocción y de aminoácidos complementarios sobre el valor nutritivo de los frijoles negros (Phaseolus vulgaris L.). Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. p. 69-71.
4. _____; MENDEZ, J.; SCRIMSHAW, N.S. s.f. Variaciones en el contenido de proteínas, metionina, triptofano, tiamina, rivo flavina y niacina de muestras de Phaseolus vulgaris cultivadas en Costa Rica, El Salvador y Honduras. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. p. 71-77.
5. COLOMBIA. CENTRO DE INVESTIGACION AGRICOLA TROPICAL. 1986. Mejoramiento genético, mejoramiento de caracteres y calidad nutricional. Colombia. 30 p.
6. DOWNIE, N.M.; HEARTH, R.W. s.f. Métodos estadísticos aplicados. Trad. J.P. Vilaplana. 3 ed. México, Harla. 373 p.
7. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. DEPARTAMENTO DE DIVULGACION AGRICOLA. 1977. Cultivo del frijol. Guatemala. 16 p.
8. _____. 1980. Regionalización agrícola de la República de Guatemala. Guatemala. 20 p.
9. _____. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. 1979. El cultivo del frijol en el sur-oriente de Guatemala. Guatemala. 20 p.

10. HAYTOWITZ, D.B., et al. s.f. Efecto de la cocción en la retención de nutrimentos de las leguminosas. Estados Unidos, Prentice Hall. 20 p.
11. JUAREZ, J.R. 1984. Caracterización preliminar de 16 muestras de bleo (Amaranthus sp.) de las regiones del occidente, centro y oriente de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 115 p.
12. MASAYA, P. 1968. Estudio sobre el abonamiento y densidad de siembra del cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 75 p.
13. SALAZAR, S. 1984. Evaluación de mutaciones inducidas por radiaciones gamma (Co-60) en dos variedades de Phaseolus vulgaris L. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 84 p.
14. SILVA, C.A., et al. s.f. Influencia pre-remojo en la cinética de la cocción del frijol negro. Estados Unidos, s.n. 20 p.
15. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. p. 141-174.





LA TESIS TITULADA: "ESTUDIO DEL EFECTO AMBIENTAL Y DEL ALMACENAMIENTO EN LA DUREZA DEL FRIJOL COMUN, Phaseolus vulgaris L."

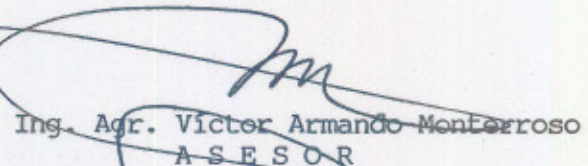
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: CARLOS RODERICO GONZALEZ PALACIOS

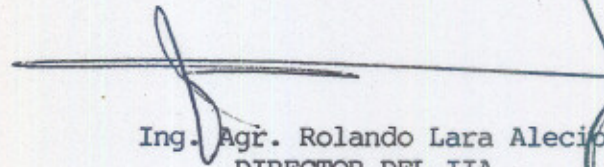
CARNET No: 54456


HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Víctor Hugo Méndez
 Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno
 Ing. Agr. César Castañeda
 Ing. Agr. Myrna Herrera

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

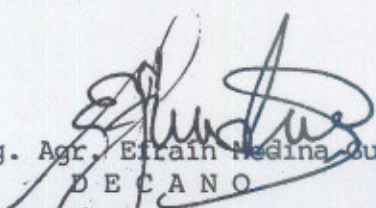
Ing. Agr. 
 ASESOR


 Ing. Agr. Víctor Armando Monterroso
 ASESOR


 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 DIRECTOR DEL IIA



I M P R I M A S E


 Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
 DECANO

