

**ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA**

**DETERMINACION DEL TIEMPO DE COCCION
EN VARIEDADES COMERCIALES DE FRIJOL ROJO**

**Tesis presentada como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
grado académico de Licenciatura**

por

Blanca Carolina Valladares Sevilla

Honduras, 27 de Abril de 1996

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Blanca Carolina Valladares Sevilla', written in a cursive style.

Blanca Carolina Valladares Sevilla

Zamorano, Honduras, 27 de Abril de 1996

DEDICATORIA

A Dios por permitirme concluir satisfactoriamente otra meta más en mi vida.

A mi familia por confiar siempre en mí, por su ayuda y apoyo, ya que sin ellos, no podría estar terminando esta meta, mil gracias a todos.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial al Dr Juan José Alán por su ayuda brindada durante este año.

Al comité de asesores: Dr. Espinal y Dr. Rosas por brindarme su tiempo en ayudas y consejos en la realización de este trabajo.

A Dr. Francisco Gómez por su gran ayuda y apoyo en la finalización de este estudio.

A Héctor por su apoyo, ayuda y consejos brindados durante este año, por todo: mi más sincero agradecimiento.

Al personal del PIF, INTSORMIL y demás personal de Departamento de Agronomía que de una u otra manera contribuyeron para el desarrollo de esta tesis.

INDICE

PORTADILLA	i
DERECHOS DE AUTOR	ii
APROBACION	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE	vi
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCION	1
Objetivo	2
II. REVISION DE LITERATURA	3
III. MATERIALES Y METODOS	6
3.1 Epoca de siembra	6
3.2 Material vegetal	6
3.3 Aparatos	7
3.4 Agua	7
3.5 Tiempo de ebullición	8
3.6 Preparación de la muestra	8
3.7 Tiempo de cocción	9
3.7.1 Absorción de agua	13
3.7.2 Porcentaje de cáscara	14
3.7.3 Peso del grano	14
3.8 Análisis estadístico	14
IV. RESULTADOS	15
4.1 Tiempo de cocción	15
4.1.1 Absorción de agua	16
4.1.2 Porcentaje de cáscara	16
4.1.3 Peso del grano	17
V. DISCUSION	19
Limitaciones	19
5.1 Tiempo de cocción	19
5.1.1 Absorción de agua	19
5.1.2 Porcentaje de cáscara	20
5.1.3 Peso del grano	20
VI. CONCLUSIONES	22
VII. RECOMENDACIONES	23
VIII. BIBLIOGRAFIA	24
IX. ANEXOS	26
Datos Biográficos	29

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Materiales comerciales de frijol evaluados en su tiempo de cocción	7
Cuadro 2	Resultados de pruebas de pH de las muestras de agua bidestilada	8
Cuadro 3	Temperatura (°C) y tiempo (min) necesarios para que el agua bidestilada llegara a ebullición	8
Cuadro 4	Separación de medias del tiempo de cocción en materiales comerciales de frijol rojo....	15
Cuadro 5	Correlación entre el tiempo de cocción y el porcentaje de absorción de agua.....	16
Cuadro 6	Correlación entre el tiempo de cocción con el porcentaje de cáscara y peso del grano.....	17
Cuadro 7	Contrastes ortogonales realizados para encontrar posibles determinantes de la fuente de variabilidad en los tiempos de cocción...	17

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1 Cocedor Mattson. Peden notarse las 25 agujas que atraviezan los granos cuando estos se suavizan 9
- Figura 2 Disco del cocedor Mattson. Se pueden notar los agujeros para colocar los frijoles y los correspondientes a las agujas 10
- Figura 3 Prueba de cocción con el cocedor Mattson. Las ollas se mantuvieron con agua hirviente sobre una estufa de gas y el cocedor Mattson aprece dentro de una de ellas 11
- Figura 4 Extremo superior de las agujas que muestra como algunas bajan conforme se suavizan los frijoles de la muestra 12
- Figura 5 Cuando el 50% de los frijoles es atravesado por las agujas se considera que ha obtenido el tiempo de cocción de la muestra 13

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Valores de referencia para determinar el porcentaje de absorción de agua en frijol común	26
Anexo 2	Valores de referencia para determinar el porcentaje de cáscara en frijol común	26
Anexo 3	Valores de referencia para determinar peso del grano de frijol común	26
Anexo 4	Análisis de varianza del tiempo de cocción en variedades comerciales de frijol rojo.	27
Anexo 5	Resultados de las pruebas de absorción de agua en muestras de frijol común	27
Anexo 6	Resultados de las pruebas de porcentaje de cáscara en muestras de frijol común	28
Anexo 7	Resultados de las pruebas del peso del grano en muestras de frijol común	28

Resumen

El tiempo de cocción o endurecimiento del frijol es utilizado como factor de rechazo o aceptación en los diferentes mercados. Por lo tanto es muy importante realizar pruebas para evaluar el tiempo de cocción de las variedades comerciales. Este factor esta determinado por características físicas del grano y otros factores ambientales. El objetivo de este estudio fue determinar la influencia de características físicas del grano en el tiempo de cocción de materiales comerciales de frijol existentes en el Programa de investigación del frijol (PIF), del Departamento de Agronomía en la Escuela Agrícola Panamericana. Se evaluaron cuatro muestras de frijol sembradas y manejadas por el PIF en primera de 1995: Catrachita, MD 30-75, Don Silvio y Dorado. Como testigo se utilizaron tres muestras provenientes de agricultores de San Ignacio, Francisco Morazán sembradas en postrera de 1995: Dorado, Catrachita y MD 30-75 y dos muestras obtenidas en el mercado de la región sur-oriental de Honduras. Se encontró que variedades de rojo claro (Catrachita) absorben mayor cantidad de agua, tienen mayor peso del grano y necesitan de menor tiempo de cocción, mientras que las de color rojo oscuro (Dorado) absorben menos agua, tienen menor peso de grano y requieren mayor tiempo de cocción, sin encontrar diferencia entre las muestras de agricultor, del mercado o las producidas por el PIF.

I. INTRODUCCIÓN

Varios de los sectores de la población de Latinoamérica basa su dieta en los granos básicos, mayormente cereales y leguminosas de grano. En América Central, el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) ocupa un lugar de preferencia en la dieta diaria. Este grano, para ser consumido, requiere ser cocido en forma tradicional, lo cual implica que debe poseer características que satisfagan los criterios de aceptabilidad por parte del consumidor, ya sea la industria o el ama de casa. Estas características deben estar presentes en las nuevas variedades producidas por el fitomejorador. Debido a esto, se está dando gran importancia dentro de los programas de mejoramiento a lo que se conoce como características de calidad del grano.

Dentro del área relacionada con la calidad del grano existe poca información acerca de investigaciones conducidas en frijol. La complejidad de esta leguminosa en cuanto a tipos, colores y tamaño del grano ha sido una de las limitantes. La mayor parte de estas investigaciones se han realizado con base en el rendimiento productivo y la resistencia a factores bióticos pero muy poco se ha hecho en cuanto a las principales características de calidad del grano, como el tiempo de cocción. Los frijoles son seleccionados por los consumidores de acuerdo con su preferencia, y el factor principal para ser aceptados es, quizás, el tiempo de cocción. El valor comercial del frijol depende parcialmente de este factor. El endurecimiento o aumento en el tiempo de cocción tiene gran importancia en relación con el gasto de energía, así como con las pérdidas nutricionales y comerciales del grano.

El tiempo de cocción está determinado, así mismo, por características físicas del grano como el color, el brillo, el tamaño y el porcentaje de cáscara. Existen varios factores que influyen en esta característica como son la altitud de la localidad o región, el tipo y tiempo de almacenamiento luego de que el grano es cosechado, el contenido de humedad del grano al momento de la cocción, y el remojo previo a la cocción.

El tiempo de cocción o endurecimiento del frijol puede ser utilizado como factor de aceptación o rechazo de un cultivar en el mercado. De aquí la importancia de hacer pruebas para evaluar el grado de aceptación que tienen en el mercado las diferentes variedades y líneas mejoradas de frijol de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), en relación con esta característica. Para ello se realizaron pruebas del tiempo de cocción de dichos materiales.

Objetivo

El objetivo de este estudio fue:
Determinar la influencia de algunas características físicas del grano en el tiempo de cocción de variedades comerciales de frijol rojo existentes en el Programa de Investigación del Frijol (PIF) del Departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Debido a la importancia que tiene el tiempo de cocción de los frijoles comunes, se han realizado pruebas en algunos centros de investigación llegando a identificar algunos factores que influyen en esta característica. Elías y Bressani (1982), determinaron que el cultivar puede influir en el tiempo de cocción. Sin embargo, en estudios realizados en Costa Rica, Mora (1988), comprobó que no existió diferencia estadística significativa entre cultivares si las condiciones de tiempo y tipo de almacén eran similares. Otros estudios realizados por Linares (1981), indican que el tiempo de cocción del frijol está determinado por características físicas del grano como el color, el brillo, la cáscara y el tamaño de la semilla.

El tiempo de cocción se correlacionó negativa y significativamente con el peso del grano y positivamente con el porcentaje de cáscara (Linares, 1981). También encontraron que existe correlación significativa entre el tiempo de cocción, el color y el brillo. Por otro lado, se ha observado que en las variedades con color intenso el tiempo de cocción era mayor que en las variedades de color tenue (Infante et al., 1986).

Se dice que el tiempo de cocción está influenciado por la resistencia de la cáscara para absorber agua durante el remojo previo a la cocción. Esta resistencia se produce al almacenar el grano a alta temperatura y a baja humedad. A este fenómeno se le conoce como cáscara dura. También, puede ocurrir que al almacenar a alta temperatura y alta humedad, los cotiledones no se suavicen durante la cocción aunque el frijol absorba agua. A esto se le conoce como endurecimiento (Reyes-Moreno et al., 1989).

Los efectos estacionales fueron insignificantes, pero la altitud a la que se llevaron a cabo los experimentos, influye tanto en la cocción como en el contenido proteínico, donde a mayor altitud más rápida es la cocción. El tiempo de cocción parece estar más afectado por factores genéticos, por lo que puede modificarse mediante el mejoramiento (Dessert, 1986). El mecanismo determinante del tiempo de cocción en frijol aún no se ha establecido claramente; algunos investigadores enfatizan diferentes aspectos como las reacciones químicas y enzimáticas que pueden ocurrir secuencialmente en el aumento del fenómeno de endurecimiento (Reyes-Moreno et al., 1989).

En procesos industriales no hubo diferencias significativas en el tiempo de cocción con diferentes tiempos de remojo; pero al utilizar una solución salina hubo una disminución en el tiempo de cocción.

La imbibición en solución salina previa a la cocción no afectó las características organolépticas durante el procesamiento y almacenamiento (Eliás et al., 1988). Pero, en otros estudios se encontró que los frijoles remojados a 70°C requerían mayor tiempo de cocción comparados con los remojados a 90°C (Kon, 1979).

En un estudio realizado por Mora (1989) donde se evaluó el efecto del tiempo de almacenamiento en el tiempo de cocción, utilizando un almacén hermético y un almacén ventilado con grano de color rojo y negro comparando muestras a 13 y 14% de humedad a 25°C. El muestreo se hizo durante 15 meses y se determinó que existen diferencias significativas a partir del tercer mes de almacenamiento siendo mayor el tiempo de cocción para las muestras con testa negra. La humedad hizo efecto solamente 15 meses después de almacenamiento, donde fue mayor el tiempo de cocción para granos con 14% de humedad. No encontró diferencias entre el almacén hermético y el ventilado periódicamente.

En otro estudio de almacenamiento en condiciones ambientales por más de nueve meses, se triplicó el tiempo de cocción. También se presentó endurecimiento similar cuando se almacenó por más de 12 meses, bajo refrigeración y contenido de humedad del 17% (Grullon et al., 1982). En evaluaciones de los efectos de la temperatura de almacenamiento sobre el tiempo de cocción, se encontró un marcado efecto que se acentuó a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento. Se evaluaron granos rojos y negros, con 13 y 14% de humedad a 20, 25, 30 y 35°C almacenados por 18 meses y tomando muestras cada tres meses. Se encontró menor tiempo de cocción en el grano almacenado a menor temperatura. Hubo aumentos en tiempo de cocción de 280% en el grano almacenado a 35°C comparado con el almacenado a 20°C. El almacenamiento a 20°C sólo duplicó el tiempo de cocción desde el inicio hasta el final del período de almacenamiento, mientras que a 35°C fue de 5 a 6 veces mayor; las demás temperaturas presentaron tiempo de cocción intermedio (Mora, 1989).

En un estudio donde se evaluaron diferentes materiales protectores del grano como ceniza, cal, sal, residuos del cultivo y pirimifos metílico (Actellic), contra el gorgojo del frijol (*Zabrotes subfasciatus*), se encontró que la dureza estaba más relacionada con el tiempo de almacenamiento del grano que con los materiales protectores (Rodríguez, 1992).

También, se encontró, en otros estudios, que el calentamiento del frijol con vapor (durante 10 min a presión atmosférica), el remojo de frijol en una solución de 15% de NaCl (durante cinco horas) y el secamiento al sol evitaron el aumento en tiempo de cocción por el almacenamiento.

Se encontró disminución del tiempo de cocción, pero también una disminución significativa de la concentración de proteínas y los polifenoles del frijol (Bean/Cowpea, 1983). Se han estudiado y practicado diversos mecanismos para prevenir el endurecimiento del frijol durante el almacenamiento, como secado a bajas temperaturas con atmósfera controlada y el desarrollo de materiales con menor susceptibilidad al endurecimiento (Reyes-Moreno et al., 1989).

III. MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad del Centro Internacional de Semillas y Granos (CITESGRAN) del Departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Zamorano. La EAP se encuentra ubicada en el valle del río Yeguaré, a 14°00" latitud norte y 87°02" de longitud oeste, a 800 m de altitud, con temperatura promedio anual de 24°C y una precipitación media anual de 1100 mm.

En este estudio se analizó la variación genética de diferentes materiales comerciales de frijol. Se utilizó un diseño completamente al azar. Los tratamientos fueron cuatro muestras de frijol producidas por el Programa de Investigación del frijol (PIF). Como testigo se usaron tres muestras provenientes de agricultores de San Ignacio, Francisco Morazán, y dos muestras del mercado de la región sur-oriental de Honduras.

3.1 Epocas de siembra.

Las variedades evaluadas se produjeron en diferentes épocas de siembra. Los materiales provenientes del PIF fueron sembrados en terrenos de la Vega 1, en la época de primera de 1995 (Siembra en Junio y cosecha en Septiembre); mientras que las muestras obtenidas de agricultores provienen de siembras realizadas en San Ignacio, Francisco Morazán, en la época de postrera de 1995 (siembra en Septiembre y cosecha en Diciembre).

3.2 Material Vegetal.

Se utilizaron cuatro materiales comerciales provenientes de PIF : Dorado, Catrachita, MD 30-75 y Don Silvio (Cuadro 1) Luego de cosechados, las semillas se trillaron y limpiaron manualmente y se secaron al sol. Una vez secas, se almacenaron en recipientes de plástico a temperatura ambiente.

Los testigos fueron tres muestras cultivadas por agricultores. Luego de cosechadas se les dio el mismo manejo que a los materiales del PIF. También, se obtuvieron dos muestras del mercado, una de grano rojo claro y otra rojo oscuro, para ser usadas como testigos. Todos los materiales usados eran de grano rojo y tamaño pequeño (Cuadro 1).

Cuadro 1. Materiales comerciales de frijol evaluados en su tiempo de cocción. Zamorano, 1996.

VARIEDAD	FUENTE	COLOR	TONO	TAMAÑO	FORMA
Dorado	PIF	rojo oscuro	brillante	pequeño	ovoide
Catrachita	PIF	rojo claro	brillante	pequeño	redonda
MD 30-75	PIF	rojo oscuro	brillante	pequeño	ovoide
Don Silvio	PIF	rojo oscuro	brillante	pequeño	ovoide
Dorado	Agr	rojo oscuro	brillante	pequeño	ovoide
Catrachita	Agr	rojo claro	brillante	pequeño	redonda
MD 30-75	Agr	rojo oscuro	brillante	pequeño	ovoide
Mercado 1	Danlí	rojo oscuro	brillante	pequeño	mezcla
Mercado 2	Danlí	rojo claro	opaco	pequeño	alargada

3.3 Aparatos.

Para determinar el tiempo de cocción se utilizaron los siguientes aparatos:

- Estufa de gas con cuatro hornillas.
- Dos ollas de aluminio (ANA) con capacidad de 2.5 L.
- Cocedor Mattson.
- Termómetro.
- Medidor de humedad para muestras de 250 g (SAMAP-O-TEST).
- Horno secador artesanal, calibrado a 38°C.
- Horno de convección calibrado a 60°C (Thermolyne oven series 9000).
- Balanza analítica de precisión 0.1 mg (Sartorius).
- Agua bidestilada para las pruebas de cocción.

3.4 Agua.

Para evitar que algún otro mineral influyera en el tiempo de cocción, se utilizó agua bidestilada. Ocho muestras de agua bidestilada se enviaron al Laboratorio de Suelos del Departamento de Agronomía de la EAP para analizar el pH. El cuadro 2 muestra los resultados de las pruebas de pH.

Cuadro 2. Resultados de las pruebas de pH de las muestras de agua bidestilada. Zamorano, 1995.

MUESTRA	pH
1	5.26
2	5.06
3	5.47
4	5.20
5	5.42
6	5.48
7	5.69
8	5.41
Promedio	5.37

3.5 Tiempo de Ebullición.

Se realizaron pruebas preliminares para determinar el tiempo de ebullición del agua destilada para averiguar si era estándar entre diferentes muestras. Se utilizó una estufa de gas con las llaves abiertas al máximo para que la llama fuera intensa y uniforme. El Cuadro 3 muestra los resultados de las pruebas preliminares de ebullición.

Cuadro 3. Temperatura (°C) y tiempo (min) necesarios para que el agua bidestilada llegara a ebullición. Zamorano, 1996.

REPETICION	TIEMPO (MIN)				
	5	10	15	17	20
1	54	73	94	98	-
2	46	77	98	-	-
3	50	75	94	98	-
4	53	73	92	96	98
5	51	74	94	98	-
6	49	73	96	98	-
7	54	77	93	98	-
8	47	71	92	95	98

3.6 Preparación de la muestra.

Después de recolectados los materiales se uniformaron a 14% de humedad en el secador a 38°C. Una vez secas, las muestras se colocaron en frascos de vidrio herméticos y se conservaron en un cuarto frío a 5°C durante el tiempo necesario previo a las pruebas en el cocedor.

3.7 Tiempo de cocción.

La cocción se define como el porcentaje de cocimiento que alcanza una muestra de frijol limpia, sujeta a temperatura constante de ebullición en un tiempo determinado. Para la determinación del tiempo de cocción se utilizó un cocedor Mattson con 25 agujas con peso aproximado de 90.2 g cada una (Figura 1).

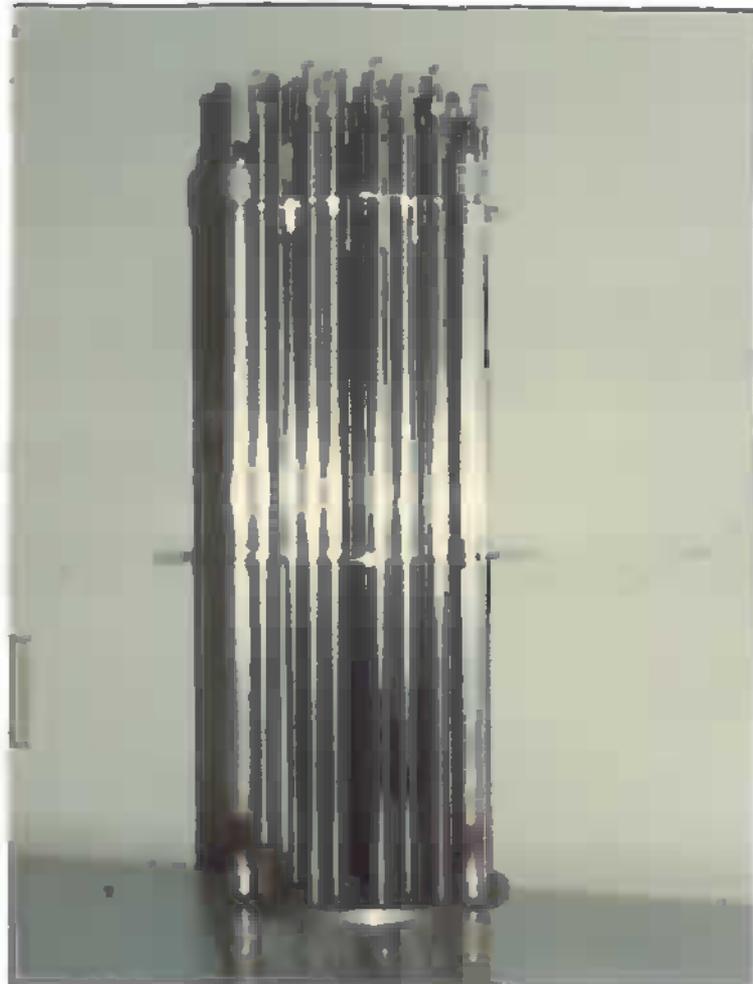


Figura 1. Cocedor Mattson. Pueden notarse las 25 agujas que atraviesan los granos cuando estos se suavizan.

Procedimiento de cocción:

- Para cada muestra se realizaron ocho repeticiones, colocando 25 granos de frijol sobre el disco del cocedor Mattson (Figura 2) en cada repetición.



Figura 2. Disco del cocedor Mattson. Se pueden notar los agujeros para colocar los frijoles y los correspondientes a las agujas.

- Se introdujo el cocedor dentro de una olla de aluminio con agua destilada en ebullición y sin tapar (Figura 3).
- Se agregó constantemente agua en ebullición para mantener el volumen adecuado (2.5 cm arriba de los frijoles como mínimo), por lo que se mantuvo otra olla con agua hirviendo.



Figura 3. Pruebas de cocción con el cocedor Mattson. Las ollas se mantuvieron con agua hirviendo sobre una estufa de gas y el cocedor Mattson aparece dentro de una de ellas.

- Cuando el grano está cocido es penetrado por la aguja descendiendo la parte superior 3 ó 4 cm (Figura 4).



Figura 4. Extremo superior de las agujas que muestra como algunas bajan conforme se suavizan los frijoles de la muestra.

- Cada cinco minutos se tomaron lecturas de las agujas que habían atravesado los granos de frijol. Se consideró que una muestra alcanza el tiempo de cocción cuando el 50% de las agujas atraviesan los granos respectivos (Figura 5).

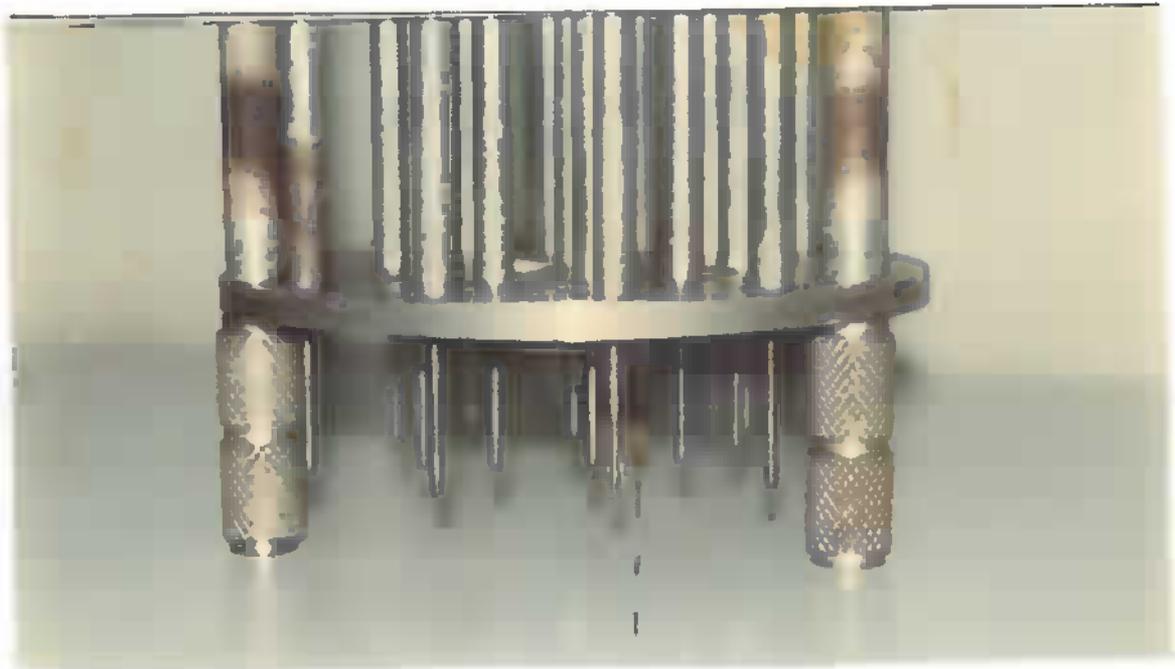


Figura 5. Cuando el 50% de los frijoles es atravesado por las agujas se considera que se ha obtenido el tiempo de cocción de la muestra.

Adicionalmente, a todos los genotipos de frijol se les realizaron tres pruebas de absorción de agua, porcentaje de cáscara del grano y peso del grano, para determinar si están relacionados con el tiempo de cocción.

3.7.1 Absorción de Agua.

Es la cantidad de agua absorbida por el grano durante determinado tiempo en remojo, expresada como porcentaje del peso total del grano.

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{W2 - W1}{W1} * 100$$

Se pesaron dos muestras de 25 granos cada una (W1). Se remojaron en 75 ml de agua destilada a temperatura ambiente (21°C).

A intervalos de una hora, por un máximo de 8 horas, se removieron las muestras de frijol del agua de remojo, y luego se secaron con toallas de papel, y se pesaron inmediatamente (W2). Según el INCAP (1986) el grano puede clasificarse en grano con cáscara dura o suave, según valores de referencia establecidos (Anexo 1).

3.7.2 Porcentaje de Cáscara.

Es el peso de la cáscara seca de 25 granos de frijol, relacionado con el peso seco del cotiledón más cáscara seca.

$$\% \text{ de cáscara} = \frac{\text{Peso de la cáscara seca}}{\text{Peso del cotiledon} + \text{cáscara}} * 100$$

Se seleccionó una muestra del grano para el análisis, de la que se tomaron al azar tres muestras de 25 granos cada una. Las muestras se remojaron en 150 ml de agua a temperatura ambiente (21°C) durante toda la noche (16 a 18 h). Pasado este tiempo, se secaron en papel absorbente y se separaron cuidadosamente la cáscara del cotiledón de cada grano. Luego, se secaron la cáscara y los cotiledones en un horno a 60°C por cuatro horas. Finalmente, se pesaron la cáscara y los cotiledones secos después de enfriados. Según valores de referencia dados por el INCAP (1986) el grano puede ser clasificado por el contenido de cáscara (Anexo 2).

3.7.3 Peso del grano.

Se determinó el peso promedio del grano (g) para cada variedad. Se seleccionaron al azar tres muestras de 100 granos de frijol para cada uno de los nueve materiales y se pesaron. INCAP (1986) muestra valores de referencia con los cuales se puede clasificar el grano según su tamaño (Anexo 3).

3.8 Análisis Estadístico.

Para los análisis estadísticos se utilizó el paquete "Statistical Analysis System" (SAS versión 6.04). Se realizó un análisis de varianza para determinar si la diferencia en términos de tiempo de cocción entre los materiales evaluados fue estadísticamente significativa.

Además, se realizaron contrastes ortogonales y correlaciones entre el tiempo de cocción con los resultados obtenidos de las pruebas de porcentaje de cáscara, absorción de agua y peso del grano.

IV. RESULTADOS.

4.1 Tiempo de cocción.

Según el análisis de varianza (Anexo 4), se encontró que entre las diferentes variedades comerciales de frijol existen diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.0001$) en cuanto al tiempo final de cocción, lo cual explica el 80% de la variabilidad total ($R < 0.81$).

En el Cuadro 4 se presenta la separación de medias de las diferentes variedades que se analizaron. Se encontró que la variedad Dorado requirió el mayor tiempo de cocción (59.88 y 57.88 min). No hubo diferencias estadísticas significativas dentro de la variedad, grano de diferente procedencia, pero sí entre las variedades evaluadas. Catrachita presentó el menor tiempo de cocción (42.75 y 51.63 min). Tampoco hubo diferencias estadísticas significativas dentro de esta variedad. Las muestras de MD 30-75 presentaron un tiempo medio (56.88 y 56.75 min), en comparación con los materiales anteriores.

Cuadro 4. Separación de medias del tiempo de cocción en materiales comerciales de frijol rojo analizados. Zamorano, 1996.

Variedad	Fuente	Tiempo de cocción(min)*	
Dorado	PIF	59.88	a
Mercado #1	Danlí	59.00	a
Dorado	Agr	57.88	a
MD 30-75	PIF	56.88	ab
Don Silvio	PIF	56.75	ab
MD 30-75	Agr	56.75	ab
Mercado #2	Danlí	54.00	bc
Catrachita	PIF	51.63	c
Catrachita	Agr	42.75	c

* Tiempos de cocción seguidos de letras diferentes son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

4.1.1 Relación entre el tiempo de cocción y la absorción de agua.

En las muestras de frijol analizadas existe una relación inversa y altamente significativa entre el porcentaje de absorción de agua (Anexo 5) y el tiempo de cocción (Cuadro 5), tanto en la primera hora de absorción como de la segunda, la tercera y la cuarta. Esta relación inversa significa que las muestras que absorben mayor cantidad de agua en un tiempo determinado necesitan menor tiempo de cocción.

Cuadro 5. Correlación entre tiempo de cocción y porcentaje de absorción de agua.

Variable	Correlación	Probabilidad
Tiempo de cocción vrs absorción de agua (1 hora).	- 0.8721	0.0001
Tiempo de cocción vrs absorción de agua (2 horas).	- 0.8977	0.0001
Tiempo de cocción vrs absorción de agua (3 horas).	- 0.9009	0.0001
Tiempo de cocción vrs absorción de agua (4 horas).	- 0.8800	0.0001

4.3.2 Relación entre tiempo de cocción y el porcentaje de cáscara.

Se encontró que no existe relación significativa (Cuadro 6) entre el tiempo de cocción y el porcentaje de cáscara de las muestras de frijol (Anexo 6). De acuerdo con lo anterior se concluye que el porcentaje de cáscara, en este estudio, no influyó en el tiempo de cocción.

Según los resultados de dicha prueba se encontró que las muestras que tienen mayor tamaño (Catrachita), poseen menor porcentaje de cáscara en comparación con las muestras que tienen menor tamaño.

Cuadro 6. Correlación entre el tiempo de cocción con el porcentaje de cáscara y peso del grano.

Variable	Correlación	Probabilidad
Tiempo de cocción vrs % cáscara.	0.2497	0.2091
Tiempo de cocción vrs peso de grano	0.4931	0.0090

4.1.3 Relación entre tiempo de cocción y el peso del grano.

Al analizar el tiempo de cocción en relación con el peso del grano de las diferentes variedades (Anexo 7), se encontró que hay una relación media, significativa (Cuadro 6). Por lo cual se concluye que las variedades con mayor peso de grano necesitan mayor tiempo de cocción.

Para determinar los diferentes factores a los que se debe la fuente de variación entre variedades se realizó una serie de contrastes ortogonales que aparecen en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Contrastes ortogonales realizados para encontrar posibles determinantes de la fuente de variabilidad en los tiempos de cocción. Zamorano, 1996.

Contrastes	g.l.	Valor F	Prob>F
Rojo claro vrs rojo oscuro	1	41.57	0.0001
Catrachita vrs otras variedades	1	32.65	0.0001
Dorado vrs otras variedades	1	32.65	0.0001
Zamorano vrs Agricultor	1	12.95	0.0006

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas que sugieren que el tiempo de cocción estuvo determinado por el color del grano.

Encontramos que las variedades con color rojo claro (Catrachita), requieren menor tiempo de cocción que las muestras de color rojo oscuro (Dorado). El color podría entonces explicar parte de la fuente de variación entre variedades. Los materiales cultivados en el Zamorano tuvieron probabilidad altamente significativa ($P < 0.0006$), pero en este caso su contribución en la fuente de variación fue menor en relación con la contribución del color del grano, por lo que podemos concluir que el manejo en el campo posiblemente tiene poca influencia sobre el tiempo final de cocción.

V. DISCUSION.

Limitaciones.

Durante el desarrollo de la investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- a. La baja disponibilidad de materiales vegetales agrupados por épocas de siembra dentro de la colección de trabajo del PIF.
- b. La falta de suficientes referencias bibliográficas debido a los pocos estudios relacionados que se han realizado en nuestra región.
- c. Dificultades en la calibración del cocedor Mattson.

5.1 Tiempo de cocción.

Las diferencias en tiempo de cocción entre diferentes materiales puede deberse a una serie de factores ambientales. Dessert (1986), encontró que a mayor altitud en que se realizan las pruebas, menor tiempo de cocción se requería. La temperatura influye tanto durante el secado (Reyes-Moreno et al., 1989), como durante el almacenamiento (Mora, 1989). Características físicas del grano como el color, el tamaño y la cáscara (Linares, 1981) y ambientales como el tiempo o el tipo de almacenamiento (Mora, 1989), también influyeron en el tiempo de cocción.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en Zamorano no hubo diferencias en el tiempo de cocción de las muestras dentro de una misma variedad (grano de diferente procedencia), por lo que se concluye que el ambiente en que se produzca y almacene una variedad no influye en su tiempo de cocción.

5.1.1 Relación entre el tiempo de cocción y la absorción de agua.

Según los resultados obtenidos en esta prueba, las variedades que absorben más agua durante el remojo requerían de menor tiempo de cocción. Esto concuerda con el estudio realizado por Reyes-Moreno et al., 1989, quienes encontraron que el tiempo de cocción está influenciado por la resistencia de la cáscara a absorber agua durante el remojo, fenómeno que se conoce como cáscara dura, y se produce al almacenar el grano a alta temperatura y a baja humedad.

Al ocurrir esto, parte de las células mueren, por lo que la absorción de agua será menor. En este estudio, la presencia de cáscara dura pudo deberse al tiempo de secado en el horno. Las muestras de Catrachita requirieron menor tiempo de secado para llegar a 14% de humedad comparadas con las de Dorado y MD 30-75 de lo que podría deducirse que parte de las células murieron durante un secado más prolongado.

También se ha encontrado que las variedades con la cáscara más brillante absorben menos agua por lo que requieren de mayor tiempo de cocción. Se observó, en las muestras evaluadas que Dorado absorbe menos agua en un tiempo determinado, posee cáscara más brillante y requiere mayor tiempo de cocción comparándola con Catrachita que tiene cáscara menos brillante, absorbe agua más rápidamente y requiere menor tiempo de cocción. Comparando los resultados obtenidos en esta prueba (Anexo 5) con los valores de referencia del INCAP (Anexo 1), se encontró que Catrachita es la única variedad evaluada que posee cáscara suave por lo que necesita de menor tiempo de cocción.

5.1.2 Relación entre el tiempo de cocción y el porcentaje de cáscara.

Los resultados de esta prueba muestran que el tiempo de cocción no está relacionado con el porcentaje de cáscara del grano. Estos resultados son diferentes a los obtenidos por Linares (1981), quien obtuvo que el porcentaje de cáscara tuvo mayor relación con el grado de dureza del frijol durante el tiempo de cocción.

Comparando los resultados de esta prueba (Anexo 6) con los valores de referencia del INCAP (Anexo 2), encontramos que Dorado y MD 30-75 tienen un porcentaje de cáscara medio por lo que requieren mayor tiempo de cocción que Catrachita que tiene un bajo porcentaje de cáscara. Lo anterior puede estar relacionado con el tamaño del grano ya que los de mayor tamaño poseen porcentaje menor de cáscara

5.1.3 Relación tiempo de cocción y peso del grano.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, los frijoles con mayor peso requirieron menor tiempo de cocción, comparando lo anterior con las pruebas de porcentaje de cáscara encontramos que hay relación entre estas dos características, donde los granos con mayor peso (Catrachita) tienen menor porcentaje de cáscara. Este resultado es similar a los de Linares (1981), quien encontró que el tiempo de cocción está negativamente correlacionado con peso del grano.

También podemos deducir, que, debido al mayor volumen de las semillas de Catrachita, estas absorvieron mayor cantidad de agua. Al comparar los resultados de esta prueba (Anexo 7) con los valores de referencia del INCAP (Anexo 3), Catrachita posee grano grande (>24.7 g) y requiere menor tiempo de cocción porque absorbe mayor cantidad de agua. Las demás variedades poseen menor peso de grano y absorben menos agua, por lo que requieren mayor tiempo de cocción.

VI. CONCLUSIONES.

Con base en los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La intensidad del color del grano es determinante del tiempo de cocción.
2. La capacidad del grano de absorber agua determina el tiempo de cocción
3. El ambiente de producción y almacenaje no influye en el tiempo de cocción.

VII. RECOMENDACIONES

Según experiencia adquirida durante el desarrollo de este estudio se recomienda:

1. Continuar con evaluaciones del tiempo de cocción y su relación con los factores que lo afectan.
2. Comparar el secado de grano en el horno y al sol para determinar la relación con el tiempo de cocción.
3. Repetir la prueba de porcentaje de cáscara y su relación con el tiempo de cocción.
4. El uso del cocedor Mattson para la determinación del tiempo de cocción debido a que este método es más preciso que el método manual tradicional.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- BEAN/COWPEA COLLABORATIVE RESEARCH SUPPORT PROGRAM. USA. 1983. Improved biological utilization and availability of dry bean. In — 1983, Annual report. Technical Summary. East Lansing, Michigan State University. pp.75-85.
- Tomado de: CIAT, 1985. Resúmenes Analíticos de Frijol (*Phaseolus vulgaris*). Calí, Colombia. 5(3):168.
- DESSERT, K. 1986. Estudio de la influencia ambiental en el tiempo de cocción y contenido proteína total de diez variedades de frijol de Ruanda, Africa. Bean Improvement Cooperative. Annual Report 29:123-124.
- Tomado de: CIAT, 1990. Resúmenes Analíticos de Frijol (*Phaseolus vulgaris*). Calí, Colombia. 15(1):54.
- ELIAS, L.G.; BRESSANI, R. 1982. Efecto genético ambiental sobre algunas características agronómicas, nutricionales y tecnológicas del frijol común (*Phaseolus vulgaris*). In: INCAP. Informe anual, Guatemala, Guatemala. p.64-65.
- ; DE LEON, L.; BRESSANI, K. 1988. Uso de soluciones salinas para disminuir el tiempo de cocción del frijol de difícil cocción. Division of Agricultural and Food Science, Inst. of Nutrition of Central America & Panamá. Guatemala, Guatemala, Centro America.
- Citado por: CIAT, 1989. Resúmenes Analíticos de Frijol (*Phaseolus vulgaris*). Calí, Colombia. 14(2):149.
- GRULLON, R.; JIMENEZ, J. 1982. Estudio de la propiedad de cocción de algunas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) y relación con el contenido de ácido fítico, minerales y humedad. Tesis Ing. Agr. Santiago de los Caballeros, República Dominicana, Univ. Católica Madre y Maestra. Instituto Superior de Agricultura. 70p.
- Citado por: CIAT, 1983. Resúmenes Analíticos de Frijol (*Phaseolus vulgaris*). Calí, Colombia. 8(2):89.
- INCAP, 1986. Métodos para establecer la calidad tecnológica y nutricional del frijol. Guatemala, Guatemala. pp.3-13.
- INFANTE, Y.; PEREZ, T.; BRITO, I. 1986. Análisis de características físicas y nutricionales de nueve variedades de frijol colorado. Centro Agrícola. 13(2):68-73.
- Citado por: CIAT, 1987. Resúmenes Analíticos de Frijol (*Phaseolus vulgaris*). Calí, Colombia. 12(3):103.

KON, S. 1979. Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans. *Journal of Food Science*. 44(5):1329-1334, 1340.

Citado por: CIAT, 1982. Resúmenes Analíticos de Frijol (*Phaseolus vulgaris*). Cali, Colombia. 7(3):78.

LINARES, B. 1981. Características tecnológicas y nutricionales de 20 cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Características físicas del grano. *Turrialba* 31(1):1-10.

Citado por: CIAT, 1981. Resúmenes Analíticos de Frijol (*Phaseolus vulgaris*). Cali, Colombia. 6:226. 238.

MORA, M. 1989. Efecto del almacenamiento hermético sobre los cambios en el tiempo de cocción del frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Boletín Técnico Estación Experimental Fabio Baudrit*. Centro para Investigación en granos y semillas, Univ. de Costa Rica, San José, Costa Rica. 22(3):29-33.

Citado por: CIAT, 1990. Resúmenes Analíticos de Frijol (*Phaseolus vulgaris*). Cali, Colombia. 15(3):171.

——— Influencia de diferentes temperaturas y contenido de humedad sobre el tiempo de cocción del frijol común (*Phaseolus vulgaris*), almacenado durante 18 meses. *Agronomía Costarricense*. 6:87-89.

——— Temperatura de almacenamiento en relación a los cambios en el tiempo de cocción del frijol común (*Phaseolus vulgaris*). *Boletín Técnico Estación Experimental Fabio Baudrit*. Centro para Investigación en granos y semillas, Univ. de Costa Rica, San José, Costa Rica. 22(3):29-33.

Citado por: CIAT, 1990. Resúmenes Analíticos de Frijol (*Phaseolus vulgaris*). Cali, Colombia. 15(3):172.

REYES-MORENO, C.; PAREDES-LOPEZ, O.; MONTES, R.; JUAREZ, M. 1989. Desarrollo de un procedimiento rápido para determinar la tendencia de endurecimiento de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). *Tecnología de alimentos*. México. 24(4):5-9.

RODRIGUEZ, A. 1992. Evaluación de sistemas de almacenamiento en frijol común para controlar *Zabrotes subfasciatus*. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. pp.58-59.

IX. ANEXOS

ANEXO 1. Valores de referencia para determinar el porcentaje de absorción de agua en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Zamorano, 1996.

Dureza de la Cáscara	% de Absorción
Cáscara dura	< 80% de absorción de agua.
Cáscara suave	> 81% de absorción de agua.

Fuente: INCAP (1986).

ANEXO 2. Valores de referencia para determinar el porcentaje de cáscara en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Zamorano, 1996.

Contenido de cáscara	% Cáscara
Contenido de cáscara bajo	< de 8%
Contenido de cáscara medio	8 a 10%
Contenido de cáscara alto	> de 10%

Fuente: INCAP (1986).

ANEXO 3. Valores de referencia para determinar peso de grano de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) color rojo. Zamorano, 1996.

Tamaño	Peso del grano (g/100 granos)
Pequeño	< de 21.2
Mediano	21.1 a 24.7
Grande	> de 24.7

Fuente: INCAP (1986).

ANEXO 4. Análisis de varianza del tiempo de cocción en variedades comerciales de frijol rojo pequeño.

Fuente	G.L	S.C	C.M	Valor F	Pr >
Variedad	8	1760.78	220.09	32.94	0.0001
Error	63	421.00	6.68		
Total	71	2181.78			

ANEXO 5. Resultado de las pruebas de absorción de agua en muestras de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) evaluados. Zamorano, 1996.

VAR	REP	W1	1W2	2W2	3W2	4W2	%A1	%A2	%A3	%A4
MD30-75agr	1	5.65	5.67	5.68	5.69	5.70	0.26	0.58	0.69	0.85
	2	5.49	5.52	5.59	5.62	5.74	0.49	1.67	2.24	4.46
Catrachagr	1	6.63	10.69	12.13	12.54	12.74	61.14	82.92	89.04	92.03
	2	6.91	11.45	12.65	13.11	13.33	65.55	82.88	89.55	92.72
Dorado agr	1	5.16	5.20	5.20	5.22	5.34	0.72	0.79	0.99	3.35
	2	5.29	5.32	5.32	5.33	5.39	0.47	0.55	0.69	1.93
MD30-75PIF	1	5.96	5.99	6.03	6.05	6.11	0.54	1.16	1.37	2.38
	2	6.44	6.59	6.72	6.79	6.90	2.29	4.24	5.45	7.17
Dorado PIF	1	5.37	5.44	5.61	5.86	6.05	1.25	4.35	9.04	12.66
	2	5.14	5.15	5.19	5.23	5.27	0.21	0.93	1.79	2.53
CatrachPIF	1	7.08	11.26	12.34	12.65	13.84	59.05	74.17	78.65	95.39
	2	7.39	11.83	12.95	13.31	13.59	59.94	75.14	79.99	83.69
Mercado 1	1	4.71	4.77	4.82	4.89	4.93	1.27	3.37	3.91	4.67
	2	4.32	4.33	4.37	4.46	4.53	0.28	1.07	3.32	4.81
Mercado 2	1	4.81	4.92	5.51	5.88	6.19	2.33	14.65	22.31	28.92
	2	4.45	4.66	5.21	5.46	5.71	4.48	16.86	22.49	27.96
Don Silvio	1	5.55	5.56	5.57	5.59	5.60	0.22	0.39	0.68	0.94
	2	5.46	5.56	5.69	5.71	5.78	1.74	4.12	4.48	5.80

ANEXO 6. Resultados de las pruebas de porcentaje de cáscara en muestras de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Zamorano, 1996.

Variedad	Rep	Cáscara Seca (CS)	Cotiledon Seco + CS	Porcentaje Cáscara
MD30-75 agr	1	0.42	5.19	8.00
	2	0.45	5.28	8.52
	3	0.35	5.17	6.74
Catrach agr	1	0.51	6.77	7.47
	2	0.46	6.79	6.72
	3	0.51	7.00	7.24
Dorado agr	1	0.37	4.98	7.45
	2	0.41	4.57	8.85
	3	0.40	4.69	8.57
MD30-75 PIF	1	0.57	5.93	9.70
	2	0.55	5.93	9.34
	3	0.53	6.07	8.75
Dorado PIF	1	0.39	4.93	8.03
	2	0.37	4.98	7.47
	3	0.37	5.04	7.40
Catrach PIF	1	0.56	6.59	8.43
	2	0.51	6.95	7.33
	3	0.51	6.63	7.65
Mercado 1	1	0.34	4.44	7.57
	2	0.31	4.51	6.93
	3	0.32	3.99	7.88
Don Silvio	1	0.27	4.05	6.64
	2	0.29	4.24	6.96
	3	0.24	4.16	5.84
Mercado 2	1	0.35	5.18	6.76
	2	0.39	5.43	7.33
	3	0.38	5.44	6.89

ANEXO 7. Resultados de las pruebas del peso del grano en muestras de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Zamorano, 1996.

Variedad	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
Don Silvio	21.67	21.40	21.81	21.63
MD30-75 (Agr)	22.28	21.55	21.54	21.79
MD30-75 (PIF)	24.60	24.44	23.89	24.31
Catrach (PIF)	28.10	28.22	28.76	28.36
Catrach (Agr)	26.68	26.02	26.36	26.35
Dorado (PIF)	21.03	20.83	20.73	20.86
Dorado (Agr)	20.48	20.60	19.26	20.11
Mercado 1	17.96	18.15	17.17	17.76
Mercado 2	18.35	18.53	18.95	18.61

DATOS BIOGRAFICOS

Nombre : Blanca Carolina Valladares Sevilla.
Fecha de nacimiento : 17 de Noviembre de 1974.
Lugar de nacimiento : Tegucigalpa, Honduras.
Dirección : Perpetuo Socorro 12 calle entre 12
y 13 ave. casa# 1233.
Teléfono : 22-0258

Educación

Ingeniero Agrónomo : Escuela Agrícola Panamericana,
Zamorano Honduras 1996.

Agrónomo : Escuela Agrícola panamericana,
Zamorano Honduras 1992-1994.

Secundaria : Instituto Franciscano Inmaculada
Concepción, Tegucigalpa, Honduras
1991.

Primaria : Escuela Franciscana Inmaculada
Concepción, Tegucigalpa, Honduras
1986.