

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

EL USO DE VIGNA UNGUICULATA (COWPEA) EN
HARINAS COMPUESTAS DE LEGUMINOSAS DE GRANO

Por
CLAUDIA MARITZA LÓPEZ GUERRA

Guatemala
2006

EL USO DE VIGNA UNGUICULATA (COWPEA) EN HARINAS
COMPUESTAS DE LEGUMINOSAS DE GRANO

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

EL USO DE VIGNA UNGUICULATA (COWPEA) EN HARINAS COMPUESTAS DE LEGUMINOSAS DE GRANO

Trabajo de investigación presentado por Claudia Maritza López
Guerra para optar el grado académico de Licenciatura en
Ingeniería en Ciencia de Alimentos.

Guatemala
2006

Vo.Bo.:

(f) _____
Doctor Ricardo Bressani

Tribunal:

(f) _____
Doctor Ricardo Bressani

(f) _____
Licenciada Patricia Palacios de Palomo

(f) _____
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Guatemala, Mayo 2006.

DEDICATORIA

A mis Padres:
Dr. Carlos Enrique López Sánchez
Maritza Guerra de López

A mis abuelitos maternos:
Alberto Guerra
Teresa Guerra de Guerra

A mis abuelitos paternos:
Lic. Carlos Enrique López (QEPD)
Victoria Sánchez de López (QEPD)

A mi novio:
Ing. José Carlos Leal España

Y a todas las personas que dedican o han dedicado parte de su vida a la investigación.

AGRADECIMIENTOS

Primero le doy gracias a Dios por haberme permitido finalizar este trabajo.

Le agradezco a mis padres el ejemplo de trabajo y perseverancia que me han dado, así como el esfuerzo que han hecho para permitirme finalizar mis estudios y el apoyo brindado en la elaboración de este trabajo de graduación.

Le agradezco a mi novio su amor, apoyo y paciencia durante todo el tiempo que llevamos de conocernos y también durante el desarrollo de este trabajo de graduación.

Le agradezco a mi asesor de tesis, Doctor Ricardo Bressani, su guía en este trabajo.

Le agradezco al señor Carlos Arias su valiosa ayuda en el laboratorio mientras realizaba el análisis experimental de mi tesis.

Claudia Maritza López Guerra

ÍNDICE

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vi
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE GRÁFICAS	xi
RESUMEN	xiii
I.INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LA MATERIA PRIMA	19
A. JUSTIFICACIÓN	19
B. OBJETIVOS	19
C. HIPÓTESIS	19
D. MATERIALES Y MÉTODOS	20
E. DISEÑO EXPERIMENTAL	22
F. RESULTADOS	23
G. DISCUSIÓN	24
IV.CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES Y ANTOCIANINAS EN EL FRIJOL PHASEOLUS VULGARIS Y COWPEA	26
A. JUSTIFICACIÓN	26
B. OBJETIVOS	26
C. HIPÓTESIS	27
D. MATERIALES Y MÉTODOS	27
E. DISEÑO EXPERIMENTAL	32
F. RESULTADOS	33
G. DISCUSIÓN	43
V. PROCESAMIENTO DE UNA MEZCLA DE FRIJOL	50
A. JUSTIFICACIÓN	50
B. OBJETIVOS	51
C. HIPÓTESIS	51
D. MATERIALES Y MÉTODOS	51
E. DISEÑO EXPERIMENTAL	54
F. RESULTADOS	55
G. DISCUSIÓN	59
VI. ANÁLISIS BIOLÓGICO DE LA MEZCLA DE FRIJOL	62
A. JUSTIFICACIÓN	62

B. OBJETIVOS	62
C. HIPÓTESIS	62
D. MATERIALES Y MÉTODOS	63
E. DISEÑO EXPERIMENTAL	64
F. RESULTADOS	66
G. DISCUSIÓN	71
VII. CONCLUSIONES	74
VIII. RECOMENDACIONES.....	76
XIX. BIBLIOGRAFÍA	77
XX. APENDICE	79

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Método para grasa.....	20
Cuadro 2.	Método para cenizas.....	20
Cuadro 3.	Método para micro Kjeldahl.....	21
Cuadro 4.	Método para análisis de humedad.....	21
Cuadro 5.	Método para análisis de fibra.....	22
Cuadro 6.	Composición proximal del frijol crudo <i>Phaseolus Vulgaris</i> y <i>Cowpea</i>	23
Cuadro 7.	Análisis de varianza para el contenido de macronutrientes	24
Cuadro 8.	Método para medir antocianinas.....	29
Cuadro 9.	Método para medir polifenoles.....	30
Cuadro 10.	Efecto del remojo en la extracción de polifenoles en el <i>Cowpea</i>	33
Cuadro 11.	Efecto del remojo en la extracción de polifenoles en el frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i>	33
Cuadro 12.	Efecto del tiempo de remojo en la extracción de antocianinas en el frijol <i>Cowpea</i>	34
Cuadro 13.	Efecto del tiempo de remojo en la extracción de antocianinas en el frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i>	34
Cuadro 14.	Efecto del tiempo de cocción en la extracción de polifenoles en el <i>Cowpea</i>	35
Cuadro 15.	Efecto del tiempo de cocción en la extracción de polifenoles en el <i>Phaseolus Vulgaris</i>	36
Cuadro 16.	Efecto de la cocción en la extracción de antocianinas en el frijol <i>Cowpea</i>	37
Cuadro 17.	Efecto de la cocción en la extracción de antocianinas en el frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i>	37
Cuadro 18.	Comparación del efecto del intercambio de agua en la extracción de compuestos polifenólicos durante 10 y 30 minutos de cocción en el frijol <i>Cowpea</i>	38
Cuadro 19.	Efecto del intercambio de agua durante 10 y 30 minutos de cocción en la extracción de antocianinas en el frijol <i>Cowpea</i>	39
Cuadro 20.	Efecto del descascarado en el contenido de polifenoles en el frijol <i>Cowpea</i>	40
Cuadro 21.	Prueba binomial de un extremo para mezcla de frijol 50:50.	40

Cuadro 22.	Prueba binomial de un extremo para mezcla de frijol 70:30 (<i>Phaseolus Vulgaris</i> : Cowpea sin cáscara).....	41
Cuadro 23.	Prueba binomial de un extremo para mezcla de frijol 70:30 (<i>Phaseolus Vulgaris</i> : Cowpea entero).....	42
Cuadro 24.	Coefficientes de Atwater para cálculos de la energía metabolizable.....	52
Cuadro 25.	Información requerida para llevar a cabo el cálculo de la penetración de calor.....	56
Cuadro 26.	Aplicación del método de fórmula para determinar el tiempo requerido para esterilizar el frijol enlatado.....	56
Cuadro 27.	Composición nutricional del frijol enlatado a base de <i>Phaseolus Vulgaris</i> y Cowpea (70:30).....	57
Cuadro 28.	Composición nutricional de un frijol enlatado comercial....	57
Cuadro 29.	Rendimiento del grano de frijol cocido.....	58
Cuadro 30.	Rendimiento de la harina de frijol.....	58
Cuadro 31.	Composición nutricional de la harina a base de frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i>	58
Cuadro 32.	Composición nutricional de la harina a base de la mezcla de frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i> + Cowpea (70:30).....	58
Cuadro 33.	Preparación de dieta para llevar a cabo estudio biológico	63
Cuadro 34.	Parámetros evaluados en el estudio biológico.....	66
Cuadro 35.	Determinación de las dietas que resultaron significativamente diferentes en los valores de digestibilidad.....	66
Cuadro 36.	Determinación de las dietas que resultaron significativamente diferentes en los valores de NPR.....	67
Cuadro 37.	Determinación de las dietas que resultaron significativamente diferentes en los valores de aumento en peso de las ratas.....	68
Cuadro 38.	Determinación de las dietas que resultaron significativamente diferentes en los valores de proteína ingerida.....	68

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Comparación del análisis proximal del frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i> y <i>Cowpea</i>	25
Gráfica 2.	Pasos para determinar el efecto de tiempo de cocción en la extracción de compuestos polifenólicos....	29
Gráfica 3.	Pasos para la medición de compuestos polifenólicos en el frijol <i>Cowpea</i> descascarado.....	30
Gráfica 4.	Procedimiento para preparar una mezcla de frijol (50:50) con <i>Phaseolus Vulgaris</i> y <i>Cowpea</i>	33
Gráfica 5.	Comparación del efecto de 9 horas de remojo en la extracción de polifenoles entre el frijol <i>Cowpea</i> y el frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i>	36
Gráfica 6.	Comparación del efecto del tiempo de remojo entre el frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i> y el frijol <i>Cowpea</i> en la extracción de antocianinas.....	38
Gráfica 7.	Comparación del efecto del tiempo de cocción entre el frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i> y el frijol <i>Cowpea</i> en la extracción de polifenoles.....	39
Gráfica 8.	Comparación del efecto del tiempo de cocción entre el frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i> y el frijol <i>Cowpea</i> en la extracción de antocianinas.....	41
Gráfica 9.	Comparación del efecto del intercambio de agua en la extracción de compuestos polifenólicos durante 10 y 30 minutos de cocción en el frijol <i>Cowpea</i>	42
Gráfica 10.	Efecto del intercambio de agua durante 10 y 30 minutos de cocción en la extracción de antocianinas en el frijol <i>Cowpea</i>	43
Gráfica 11.	Efecto del descascarado en el contenido de compuestos polifenólicos en el frijol <i>Cowpea</i>	44
Gráfica 12.	Perfil Descriptivo de mezcla de frijol 70:30 (<i>Phaseolus Vulgaris</i> : <i>Cowpea</i> descascarado).....	45
Gráfica 13.	Comparación del perfil descriptivo de dos mezclas de frijol 70:30 (<i>Phaseolus Vulgaris</i> : <i>Cowpea</i> entero y <i>Cowpea</i> descascarado).....	46
Gráfica 14.	Procedimiento para enlatar el frijol.....	56
Gráfica 15.	Pasos para preparar harina de frijol.....	57

Gráfica 16.	Temperatura interna del frijol enlatado en la fase de calentamiento.....	59
Gráfica 17.	Comparación de la composición nutricional del frijol enlatado a base de una mezcla de frijol (70:30) <i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i> y un frijol enlatado de una marca comercial.....	62
Gráfica 18.	Comparación de la composición nutricional de la harina de frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i> con la harina de frijol a base de una mezcla (70:30) <i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i>	64
Gráfica 19.	Aumento en peso promedio de las ratas en los diferentes tratamientos.....	75
Gráfica 20.	Alimento consumido promedio de las ratas en las diferentes dietas.....	76
Gráfica 21.	Proteína ingerida promedio de las ratas en las diferentes dietas.....	76
Gráfica 22.	Razón protéica neta (NPR) de las diferentes dietas obtenidas en el estudio biológico.....	77
Gráfica 23.	Digestibilidad promedio.....	77

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la posibilidad de utilizar el frijol Cowpea en una mezcla con el frijol *Phaseolus Vulgaris*.

El frijol constituye uno de los platos principales en los hogares de todas las familias latinoamericanas, por lo tanto su sabor y valor nutricional son aspectos que se deben mantener para evitar un rechazo por parte de la población consumidora de frijol.

Para llevar a cabo el desarrollo de un producto es importante conocer el contenido nutricional de la materia prima. El análisis de la materia prima demostró que el frijol Cowpea tuvo un contenido de proteína significativamente mayor que el frijol *Phaseolus Vulgaris*.

El frijol Cowpea se caracteriza por tener un sabor descrito como a tierra, y se cree que este sabor se debe al mayor contenido de compuestos polifenólicos. El análisis de antocianinas y polifenoles demostró que el frijol Cowpea crudo tiene un contenido de antocianinas y polifenoles significativamente mayor que el frijol *Phaseolus Vulgaris*. Para lograr mejorar el sabor de la mezcla de frijol, se evaluó el efecto del tiempo de remojo y la cocción en agua hirviendo durante diferentes intervalos de tiempo. El resultado de estos análisis demostró que estos compuestos se encuentran más disponibles en el frijol *Phaseolus Vulgaris*, ya que en un menor tiempo de remojo y cocción a ebullición se logra una mayor extracción de éstos. Respecto al frijol Cowpea se determinó que un tiempo de remojo de 9 horas y una cocción en agua hirviendo durante 30 minutos logra una disminución significativa en la concentración de polifenoles y antocianinas.

El desarrollo de la mezcla de frijol se llevó a cabo mediante el uso de evaluaciones sensoriales. La mezcla que tuvo una mejor aceptación sensorial estuvo formada por 30% Cowpea y 70% *Phaseolus Vulgaris*. La preparación de la mezcla involucró para el frijol Cowpea un tratamiento previo de remojo y cocción en agua a ebullición. Para mejorar el sabor de la mezcla, ésta se preparó en la forma de un frijol frito.

Se llevó a cabo un estudio biológico para determinar la calidad nutricional de la mezcla de frijol. Los resultados del estudio demostraron que la presencia de *Cowpea* en la mezcla ya sea entero o sin cáscara no mejora la digestibilidad del frijol y el NPR demostró que aunque los valores obtenidos de las dietas a base de las mezclas de frijol fueron mayores, no hubo diferencia significativa con la dieta a base de frijol *Phaseolus Vulgaris*.

I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala, así como en la mayoría de países en vía de desarrollo las situaciones de extrema pobreza en las que vive una buena parte de la población trae como consecuencia índices de desnutrición alarmantes causados por la escasez de nutrientes en la dieta. Entre los nutrientes que son escasos en la dieta, la deficiencia proteínica es sumamente importante.

Por estudios que se han hecho se sabe que la combinación de un cereal con una leguminosa mejora la calidad protéica de las dietas, en el caso de Guatemala frijol y maíz. Sin embargo la baja disponibilidad que se tiene de las leguminosas como el frijol hace difícil que este alimento se pueda incorporar a la dieta en la proporción requerida.

Para alcanzar el nivel de consumo de frijol y, por lo tanto, la calidad de proteína, es necesario aumentar la producción y disponibilidad del frijol, ya que uno de los factores responsables del bajo consumo de frijol, en relación al maíz, son la producción y la disponibilidad deficientes. Una alternativa que ayudaría a solucionar parte de este problema, es el uso de leguminosas de grano no tradicionales como el Cowpea, que es una importante fuente protéica de relativo bajo costo de producción, con una amplia gama de adaptabilidad a diferentes suelos y sistemas de cultivo.

Es importante tener en mente que todos los proyectos que se realicen con el objetivo de evaluar el posible uso de granos no tradicionales podrán implementarse cuando en Guatemala las políticas de seguridad alimentaria estén enfocadas hacia el apoyo económico para tecnificar al agricultor y aumentar la productividad del país, de lo contrario Guatemala seguirá siendo un país dependiente de las donaciones externas en donde las soluciones al hambre son momentáneas y no hay incentivo hacia la productividad y crecimiento económico de las poblaciones.

El objetivo de este proyecto es evaluar el frijol *Vigna Unguiculata* (Cowpea) teniendo de referencia su alto valor nutricional, como una alternativa para sustituir parcialmente el frijol común. El grado de sustitución se basa en hacer mezclas en diferentes proporciones entre el frijol común y el frijol *Phaseolus Vulgaris*. La mejor mezcla será aquella en donde no se detecte el sabor del frijol *Vigna Unguiculata* para no alterar el sabor del frijol común y evitar un rechazo en la población.

II. ANTECEDENTES

A. Consumo de *Phaseolus Vulgaris* en Guatemala

Los hábitos alimentarios están vinculados fuertemente a la tradición y a la cultura en Guatemala. La urbanización y la modernización, así como la crisis económica y social han traído consigo cambios en el patrón de consumo de alimentos. En el sector rural, la dieta depende del autoabastecimiento de un número limitado de alimentos, mientras que en el sector urbano, el consumo es más dependiente de la disponibilidad económica y de la cadena de distribución de alimentos (Otzoy M.R., et. al., 2004).

Según la Encuesta Nacional de Consumo aparente de alimentos, se consumen 49.25g de frijol al día, lo cual contribuye con 197 Kcal a la ingesta energética diaria. La totalidad de las familias guatemaltecas consumen frijol negro en las tres comidas principales del día, con una frecuencia de consumo de 78.0%, 77.8% y 97.1% en el desayuno, almuerzo y cena respectivamente (Otzoy M.R., et. al., 2004).

El consumo preferencial entre el frijol *Phaseolus Vulgaris* negro y colorado se encuentra muy sectorizado y constituye sobretodo un factor cultural. En Guatemala se consume principalmente el frijol negro. Mientras que el consumo de frijol colorado como un plato que acompaña todas las comidas se da con mayor preferencia en El Salvador, Honduras y Nicaragua, mientras que en Costa Rica se vuelve a dar el mismo fenómeno que en Guatemala en donde las personas consumen preferencialmente el frijol negro.

B. Formas de consumo del *Phaseolus Vulgaris* en los hogares

Las leguminosas requieren de tiempos de cocción prolongados para inhibir factores antinutricionales así como para aumentar la disponibilidad de sus nutrientes. Las amas de casa llevan a cabo la cocción húmeda del frijol mediante distintos procedimientos. Uno de éstos es el uso de ollas de cocimiento lento en donde el frijol adquiere una consistencia blanda en un período de 12 horas, otras amas de casa prefieren utilizar ollas de presión en donde el agua de cocción adquiere temperaturas más altas por lo que la cocción se puede llevar a cabo en una hora, y sino la cocción convencional a presión normal en donde el frijol se cocina en un período de aproximadamente 4 horas.

Debido a los prolongados tiempos de cocción que requiere el frijol y el gasto energético que esto implica, la calidad del frijol se evalúa muchas veces en términos de su tiempo de cocción. Por lo tanto se busca producir variedades y almacenar el grano en las mejores condiciones con el objetivo de vender al consumidor un frijol con el menor tiempo de cocción.

C. Productos de frijol que ofrece la industria de alimentos

El tipo de vida actual, en donde la mayoría de amas de casa tienen que trabajar, ha estimulado la innovación de productos de cocción rápida y listos para comer. En el caso del frijol, el cual constituye un alimento de consumo masivo, la industria de alimentos ofrece una amplia variedad de productos entre ellos: frijoles negros y colorados en la forma de volteados y enteros en varias presentaciones, una de éstas son los enlatados, los cuales han ido evolucionando hasta lo que se conoce ahora como el abrefácil, también se venden en empaques plásticos especiales, los cuales tienen la ventaja de ocupar menos espacio en la despensa del ama de casa así como una cocción mas rápida ya que el frijol puede ser cocinado dentro de la bolsa. Otra forma de presentación son las harinas de frijol en donde sólo es necesario agregar agua y poner a cocinar para obtener una sopa de frijol o una mezcla de frijol molido sazonado. La principal ventaja que ofrecen las harinas de frijol es su prolongado período de conservación, es decir el ama de casa puede preparar en un corto tiempo la cantidad requerida en cada tiempo de comida y con esto se evita el almacenamiento prolongado en refrigeración de cantidades grandes de frijol, que al exponerse repetitivamente a temperatura ambiente para calentar la cantidad requerida el frijol va adquiriendo un sabor ácido después de cuatro días de almacenamiento.

D. Asuntos económicos

A continuación aparece un cuadro donde se muestra el balance general de la producción de granos básicos de mayor consumo en Guatemala.

Producto consumo humano	Consumo ideal per capita/año	Total requerido a producir	Producción anual	Balance
Maíz	242 Lbs.	29,040,000 qq	26,000,000 qq	- 3,040,000 qq
Frijol	44 Lbs.	5,280,000 qq	1,929,399 qq	- 4,210,769 qq
Arroz	10 Lbs	1,200,000 qq	1,069,231 qq	- 130,769 qq

(Otzoy M.R., et. al., 2004)

Como se puede ver en el cuadro, el frijol constituye el grano básico que representa el mayor déficit en cuanto a producción para satisfacer el consumo ideal por persona al año.

Según el IV censo agropecuario nacional las mayores producciones de frijol negro del año agrícola 2002/2003, se obtuvieron en Petén con 610 mil quintales, que corresponden al 27% del total nacional; Jutiapa con 299 mil quintales, equivalentes al 13.2% y Chiquimula con 224 mil quintales, es decir el 9.9% del total en el país. Las menores producciones de este cultivo se dieron en los departamentos de Suchitepéquez y Retalhuleu generando en conjunto aproximadamente 5 mil quintales, correspondiendo el aporte en conjunto al 0.2% con relación a la producción total (Agosto 2004, IV censo nacional agropecuario).

Las dietas de la mayor parte de la población guatemalteca son a base de frijol y maíz, por estudios de aporte diario calórico-protéico de estos alimentos se ha encontrado que esto corresponde a una ingesta de 360g de maíz/día y 50g de frijol/día. Los estudios de complementación nutricional en dietas a base de frijol y maíz han demostrado una razón de peso de 7/3 entre éstos dos alimentos. Esta razón puede ser lograda si la ingesta de maíz se disminuye a 287g/día y la ingesta de frijol se incrementa a 123g/día (R. Bressani, *et. al.*, 1984).

La dificultad de aumentar el consumo de frijol en las dietas se debe a la baja disponibilidad y al alto costo, o a la dificultad en el consumo de más frijol (R. Bressani, *et. al.*, 1984).

A partir de los datos presentados se hace evidente que es necesario aumentar la producción de frijol, pero para ello se requieren de políticas comerciales así como subsidios por parte del gobierno para favorecer la competitividad del agricultor nacional. Sin embargo se debe tener en cuenta que otro factor que limita la producción de frijol es la prevalencia de plagas como la del mosaico dorado así como los diferentes tipos de suelo y clima en las diferentes regiones del país, por lo tanto se debe buscar la introducción de leguminosas de grano no tradicionales adaptables a diversas condiciones climáticas en donde el Cowpea podría ser una buena opción.

Las donaciones de frijol negro en el año 2001-2002, constituyeron el 0.2% del consumo nacional. Si se hace un análisis de los costos y beneficios que representan las donaciones, se encuentra que los costos sobrepasan de manera significativa los beneficios que se obtienen de éstas. Si el costo que representa para el gobierno el manejo de las

donaciones en cuanto a transporte, almacenamiento, distribución, gastos administrativos se destinará a la producción de granos básicos como el frijol, maíz y aceites, la producción se podría incrementar en 155.25% respecto al total de donaciones en un período de 4 años y esto también ayudaría a generar empleos (Otzoy M.R., *et. al.*, 2004).

Para iniciar un proceso de eliminación de la dependencia alimentaria, se debe abordar acciones orientadas a reducir la ayuda alimentaria de emergencia y negociar con los donantes, a efecto que puedan financiar proyectos de desarrollo sostenibles a largo plazo.

Es necesario hacer un cambio profundo en la política agrícola y agraria para fortalecer el mercado interno y asegurar la soberanía y autosuficiencia alimentaria, mediante una reorientación de los apoyos técnicos y financieros que fortalezcan los esfuerzos organizativos de pequeños y medianos agricultores.

E. Factores nutricionales del *Phaseolus Vulgaris*

1. Composición proximal del frijol negro

NUTRIENTE	Cantidad presente
Humedad	12.02%
Fibra dietética	4 g
Hidratos de carbono	55.40 g
Proteínas	21.80 g
Lípidos totales	2.50 g
ÁCIDOS GRASOS	Cantidad presente
Saturados	0.99 g
Monoinsaturados	0.34 g
Poliinsaturados	0.90 g
MINERALES	Cantidad presente
Calcio	183 mg
Fósforo	352 mg
Hierro	4.70 mg
Magnesio	222 mg
Sodio	12 mg
Potasio	1042 mg
Zinc	3.65 mg

VITAMINAS	Cantidad presente
RAE (Vitamina A)	0
Ácido ascórbico	0.63 mg
Tiamina	0.17 mg
Riboflavina	1.80 mg
Niacina	0.44 mg
Piridoxina	386 mg
Ácido fólico	0 mg
Cobalamina	

(Matthews R.,1999)

a. Contenido de proteína El contenido de proteína en las leguminosas varía del 17 al 39.4% (E. Carnavale, *et. al.*, 1998).

La determinación de las fracciones protéicas usando diferentes solventes indican que los frijoles comunes tienen albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas. En el *Phaseolus Vulgaris* las proteínas más abundantes son las globulinas, las cuales representan el 75%, las albúminas representan alrededor del 15% y las glutelinas alrededor del 10%. Las albúminas son más ricas en lisina así como en aminoácidos sulfurados que las globulinas. Sin embargo, la razón albúmina-globulina es menor a 1 (E. Carnavale, *et. al.*, 1998).

Contenido de aminoácidos esenciales

AMINOÁCIDO	CONTENIDO
Lisina	6.7 – 7.2 g /16g N
Metionina	1.1 -1.3 g /16g N
Cistina	1.0/16gN

Como se puede ver en la tabla los frijoles son una fuente rica de lisina, sin embargo son deficientes en aminoácidos sulfurados como metionina y cistina (E. Carnavale, *et. al.*, 1998).

El contenido de proteína tiene una correlación negativa con el contenido de lisina. Esto indica que conforme el contenido de proteína se incrementa, más globulinas se depositan en el grano y la razón albúmina/globulina disminuye. Por lo tanto, el contenido de proteína tiene una correlación negativa con los aminoácidos sulfurados. Esta relación indica que la calidad protéica de los frijoles no se puede corregir

aumentando el contenido de proteína, a menos que las albúminas se aumenten con un incremento total de las proteínas. Lo mejor sería disminuir el contenido de proteína entre 18% y 20% y mantener los niveles de aminoácidos sulfurados y lisina (E. Carnavale, *et. al.*, 1998).

A continuación se presenta el perfil de aminoácidos del *Phaseolus Vulgaris*:

AMINOÁCIDO	PROMEDIO (g /16g N)
Arginina	6.7
Histidina	2.1
Isoleucina	4.6
Leucina	7.2
Lisina	7.3
Metionina	1.1
Fenilalanina	5.9
Treonina	3.4
Valina	5.1

(E. Carnavale, *et. al.*, 1998)

b. Contenido de carbohidratos. Las leguminosas contienen aproximadamente 65% de carbohidratos y entre 4% y 15% de azúcares totales. Aunque la glucosa es la más abundante, se le ha dado mucha atención a los oligosacáridos de la familia rafinosa. Estos azúcares se encuentran en cantidades relativamente grandes en las leguminosas maduras y forman parte del 30% al 80% de los azúcares solubles totales. Estos azúcares no reductores incluyen a la rafinosa, estaquiosa y verbasquiosa, su ingesta en grandes cantidades causa flatulencia (E. Carnavale, *et. al.*, 1998).

Porcentaje de oligosacáridos en el *Phaseolus Vulgaris*

Oligosacárido	Porcentaje
Rafinosa	0.2 – 0.9
Estaquiosa	0.2 – 4
Verbasquiosa	0.1 – 0.5

Debido a la formación de flatulencia, se han hecho esfuerzos para eliminar los oligosacáridos durante el procesamiento. Una forma de disminuir estos azúcares es el remojo de los frijoles, se han reportado pérdidas del 70% a 80% cuando los frijoles son remojados durante 18 horas a 72°C. La germinación de los granos también remueve alrededor

del 70% de la rafinosa. La fermentación también es efectiva en la reducción de la rafinosa (E. Carnavale, *et. al.*, 1998).

2. Efecto de la cocción en los componentes del frijol

- Taninos: Durante la cocción los compuestos polifenólicos se redistribuyen con cantidades mayores en el caldo de cocción que en el frijol cocido. Se ha reportado que los taninos condensados forman complejos con la fracción globulina de los frijoles negros para formar precipitados insolubles entre un pH de 2.0 y 8.0. Estos complejos son resistentes a la digestión de la pepsina. El contenido de taninos en el cotiledón del frijol es menor que en el frijol entero por lo que su digestibilidad protéica es mayor (Durwards S. Smith, *et. al.*, 1997).
- Ácido fítico: El contenido de fitato en el *Phaseolus Vulgaris* puede variar entre 0.74% a 2.10%. Los fitatos pueden formar complejos con los minerales esenciales y reducir su disponibilidad. Los fitatos son estables al calor y la cocción en el agua sin un tratamiento previo de remojado no produce pérdidas sustanciales (Durwards S. Smith, *et. al.*, 1997).
- Inhibidores enzimáticos residuales: Un buen procesamiento térmico disminuirá o destruirá completamente la actividad enzimática inhibitoria en los frijoles. Respecto a la α -amilasa se sabe que ésta se encuentra completamente activa durante 30 minutos a 60°C, pero se destruye después de un calentamiento a 100°C durante 10-15 minutos. Respecto a los inhibidores de tripsina, éstos se inactivan después de una cocción bajo presión a 121°C durante 30 minutos, bajo estas condiciones quedan inactivadas las hemaglutininas. Las lectinas se inactivan después de 15 minutos de calentamiento a presión atmosférica y requiere de 7.5 minutos bajo presión (Durwards S. Smith, *et. al.*, 1997).
- Fibra dietética: Se han reportado valores de fibra dietética total para los frijoles cocidos rojos y negros de 25.9% y 26.8% respectivamente. La cocción incrementa los valores de fibra dietética. Tomando como base una ingesta diaria de 55g de frijol por persona, la fibra dietética ingerida es de aproximadamente 15g (Durwards S. Smith, *et. al.*, 1997).

La fibra dietética de los frijoles contiene del 15 al 20% de proteína mientras que la pared celular del cotiledón contiene del 11% al 14%. Estas proteínas son resistentes a la proteólisis, por lo que la fibra dietética disminuye aparentemente la digestibilidad de la proteína (Durwards S. Smith, *et. al.*, 1997).

La cáscara del frijol contiene la proporción más alta de fibra dietética, por lo que se considera que la remoción de la cáscara en el procesamiento del frijol aumenta la digestibilidad de la proteína (Durwards S. Smith, *et. al.*, 1997).

F. Consumo del frijol

1. Atributos positivos del consumo del frijol. El consumo de frijoles mejora la calidad protéica de las dietas a base de cereales.

Los estudios que se han hecho con el maíz han demostrado que la razón de proteína debe ser 50/50, en donde 50% de la proteína dietética es derivada de los frijoles y 50% del maíz. La razón de proteína 50/50 corresponde a 30 partes de frijol y 70 partes de maíz. Este efecto se explica con base a dos aminoácidos, lisina y metionina. La mejora en la calidad de la proteína cuando se añade frijol a la dieta a base de cereal se debe al incremento de lisina en la mezcla. Se han encontrado calidades protéicas más altas cuando se añade frijol descascarado a la dieta (Durwards S. Smith, *et. al.*, 1997).

Respecto a beneficios en la salud se ha demostrado que el consumo del frijol tiene un efecto favorable en un menor tiempo de tránsito intestinal y en disminuir los valores de colesterol. Una dieta a base de semillas de leguminosas disminuye los niveles de colesterol aproximadamente en 9%. En personas alimentadas con porciones de leguminosas, se ha encontrado niveles de azúcar bajos en la sangre. La ingesta de carbohidratos del frijol induce bajos niveles de glucosa, insulina y oxidación de la glucosa, lo cual resulta positivo para las personas diabéticas (Durwards S. Smith, *et. al.*, 1997).

2. Atributos negativos: Factores antinutricionales. Los frijoles comunes, así como otras leguminosas de grano tienen sustancias antifisiológicas, las más importantes son: tripsina, quimotripsina e inhibidores de amilasa; hemaglutininas; taninos; ácido fítico; y saponinas. Los oligosacáridos causantes de flatulencia pueden estar incluidos entre los factores antifisiológicos presentes en las leguminosas (Durwards S. Smith, *et. al.*, 1997).

G. Factores nutricionales del cowpea

1. Composición proximal del cowpea. La composición química del Cowpea es similar a la mayoría de leguminosas comestibles. Contiene aproximadamente 24% de proteína, 62% de carbohidratos solubles y pequeñas cantidades de otros nutrientes. Por lo tanto, la mayor parte de su valor nutricional lo proveen las proteínas y carbohidratos,

como se puede ver en la siguiente tabla que representa el contenido nutricional de 8 cultivos de Cowpea:

Nutriente	Rango	Promedio
Proteína (g/100g)	24.1 - 25.4	24.8 +/- 0.48
Extracto etéreo (grasa) (g/100g)	1.1 - 3.0	1.9 +/- 0.62
Fibra cruda (g/100g)	5.0 - 6.9	6.3 +/- 0.64
Cenizas (g/100g)	3.4 - 3.9	3.6 +/- 0.17
Carbohidratos (g/100g)	60.8 - 66.4	63.6
Tiamina (mg/100g)	0.41 - 0.99	0.74 +/- 0.22
Riboflavina (mg/100g)	0.29 - 0.76	0.42 +/- 0.14
Niacina (mg/100g)	2.15 - 3.23	2.81 +/- 0.26

(S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

a. Proteína. La variabilidad en el contenido de proteína ha sido del 23 al 30% y es influenciado por genotipos así como factores ambientales. Debido a las diferencias entre cultivos, la selección de cantidades mayores puede ser posible. El contenido de lisina es relativamente alto, lo cual hace del Cowpea un excelente mejorador de la calidad de la proteína de los granos de los cereales. Sin embargo, la proteína del Cowpea, como es el caso de otros alimentos leguminosos, es deficiente en aminoácidos con sulfuro. La deficiencia es importante cuando la dieta se basa en alimentos de raíces con un contenido alto de almidón y aún en dietas basadas en cereales. Un incremento en el contenido de aminoácidos sulfurados en la proteína del Cowpea puede ser nutricionalmente benéfico (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

La calidad de la proteína, la cual refleja el total de aminoácidos sulfurados, tiende a ser levemente mayor en el Cowpea que en el *Phaseolus vulgaris* (2.30 contra 1.42 en dos muestras de leguminosas procesadas de forma idéntica) pero se necesita mejorar. La adición de metionina a la proteína del Cowpea incrementa la calidad de la proteína significativamente (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

A continuación se presenta el perfil de aminoácidos del Cowpea:

Contenido de aminoácidos esenciales	PROMEDIO (g /16g N)
Arginina	8
Histidina	3.408
Isoleucina	5.088
Leucina	7.744
Lisina	7.776
Metionina	1.264
Cistina	0.512
Fenilalanina	4.208
Tirosina	1.984
Treonina	4.016
Triptófano	1.088
Valina	5.024

(S.K. Sathe, *et. al.*, 1995)

1) Digestibilidad de la proteína del Cowpea. Uno de los problemas con las proteínas de las leguminosas, incluyendo el Cowpea, es su relativa baja digestibilidad (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

La proteína del Cowpea tiene una digestibilidad aparente del 72%, mientras que los frijoles rojos tienen una digestibilidad del 60%. No hay información disponible para explicar los bajos valores en las leguminosas, pero la ecuación de regresión entre el nitrógeno ingerido y el nitrógeno fecal indican que conforme la ingestión de proteína aumenta, el nitrógeno en las heces también se incrementa. Aunque los polifenoles condensados en los frijoles comunes incrementan el nitrógeno fecal, lo cual disminuye la digestibilidad de la proteína, estos compuestos constituyen únicamente el 10% de los valores bajos (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

b. **Carbohidratos.** Debido a que el contenido de proteína en las leguminosas es mayor que en otros vegetales, el contenido de carbohidratos no se le pone mucha atención. Los carbohidratos totales varían del 56 al 68%, con los almidones contribuyendo del 32 al 48%, en donde más del 50% del almidón se encuentra en la forma de amilosa. El 6% de la composición química total está formada por oligosacáridos que tienen efectos flatulentos (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

La cantidad de amilosa en el almidón influye en la solubilidad del almidón, en la unión lipídica y en muchas propiedades funcionales, como solubilidad, absorción de agua, gelatinización, lo cual afecta las prácticas de cocina y aceptabilidad (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

Debido a que el Cowpea y otras leguminosas no son consideradas fuentes de carbohidratos, no se encuentran disponibles estudios del valor nutricional del almidón que éstos contienen. El contenido relativamente alto en amilosa ha mostrado causar una baja digestibilidad. Sin embargo la cocción, el horneado y la germinación incrementan la digestibilidad de los carbohidratos (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

En estudios que se han hecho para medir la digestibilidad de los carbohidratos del Cowpea se ha utilizado la bomba calorimétrica y ésta ha mostrado que la energía digerible del Cowpea crudo es de 3.67Kcal/g, cocinado es de 3.93Kcal/g y extruído de 3.75Kcal/g, estos valores no son estadísticamente diferentes. Se han hecho estudios con ratas y se ha encontrado que suplementando la dieta con metionina no se afecta la energía digerible del Cowpea. Una prueba más rigurosa es la energía metabolizable la cual ha mostrado valores de 1.81Kcal/g para Cowpea crudo, 2.56Kcal/g cocido y 2.76Kcal/g extruído, lo cual muestra que el Cowpea procesado tiene un valor mayor que el grano crudo (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

c. Otros factores nutricionales de interés. El Cowpea contiene sustancias antifisiológicas como lectinas e inhibidores de tripsina así como polifenoles o taninos condensados, los cuales han recibido especial atención, debido a que éstos disminuyen la digestibilidad de la proteína y reducen la calidad de la proteína. Los valores para las variedades de Cowpea mejoradas son mucho más bajas que los encontrados en el frijol *Phaseolus Vulgaris*, lo cual es una razón de su calidad de proteína más alta. Sin embargo el manipulador en su esfuerzo por producir variedades más resistentes a los insectos, incrementa los inhibidores de tripsina (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

H. Usos del Cowpea

Desde el punto de vista nutricional el Cowpea por ser una leguminosa se complementa muy bien con los cereales. En mezclas de cowpea-maíz se ha encontrado que la mejor calidad protéica se logra con una proporción de 75 partes de maíz con 25 partes de cowpea, que es bastante similar a la proporción 70:30 entre maíz y frijol *Phaseolus Vulgaris* (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

1. Concentrados de proteína. Los concentrados de proteína del frijol se han obtenido tanto en clasificación por aire como en extractos de proteína. Para la clasificación por aire, la harina de frijol se muele finamente y se separa en fracciones por corrientes de aire especiales. La concentración de la proteína es posible debido a diferencias en peso, tamaño y densidad de los gránulos de almidón más pesados de las partículas de proteína más ligeras. Este método provee extractos del 40% a 50% de proteína (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

2. Alimentos para bebés. Se han hecho estudios para utilizar el Cowpea en mezclas con cereales para destetar a los niños en donde la proporción 75% de un grano de cereal y 25% de Cowpea da una proteína con una calidad del 13% (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

La calidad nutricional de productos para infantes puede ser mejorada si el frijol se procesa sin cáscara para producir la harina. Se ha desarrollado tecnología para producir éste tipo de alimentos a base de cereales y granos de leguminosas germinados (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995)

3. Pasta de frijol frita. En Africa el Cowpea forma parte de los platos tradicionales que se consumen, uno de éstos es el Akara que consiste en una pasta de frijol frita. Para obtener la pasta se debe seguir un procedimiento largo en donde se empieza por el remojo del frijol para suavizar la cáscara luego el frijol se tritura en un mortero para desprender la cáscara y por último se macera para obtener una pasta. El largo procedimiento que requiere la preparación de la Akara ha promovido el desarrollo de una harina en donde los consumidores lo puedan preparar fácilmente así como extender sus usos en otras áreas (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

4. Productos de panadería. La harina de Cowpea se ha intentado utilizar en panadería, tanto en la elaboración de pan como galletas. Para elaborar el pan se han hecho pruebas para utilizar la harina de Cowpea como un sustituto de la proteína de la leche. En estas pruebas se ha encontrado que la manipulación de las masas con harina de Cowpea es fácil. Las diferencias más significativas se han encontrado en las características de aroma, textura y sabor en donde los panes con harina de Cowpea han tenido una aceptabilidad significativamente menor que los panes con harina de trigo. El aroma y sabor de los productos elaborados con harina de Cowpea se ha descrito como un sabor a frijol fuerte. Para mejorar estas características se ha tratado la harina de Cowpea con vapor durante 30 minutos a 100°C, este tratamiento se ha visto que mejora el sabor, pero no logra llegar al nivel de aceptabilidad de los panes de trigo (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

El uso de la harina de Cowpea como sustituto de la harina de trigo en la elaboración de galletas ha dado buenos resultados. La manipulación de la masa de las galletas con harina de Cowpea ha sido fácil, es decir no se requiere un equipo especial para manipular estas masas. Respecto a las características sensoriales las galletas con harina de Cowpea han mostrado pocos cambios en el color y las características de sabor y aroma se han mantenido estables hasta un 30% de reemplazo (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

En la elaboración de galletas se han utilizado diferentes tipos de harina y comparando su valor nutricional en una base seca que es la forma en la que se utiliza en la preparación de galletas se tiene a la harina de cacahuete con 51% de proteína, la harina de frijol de soya con 46%, la harina de Cowpea con 21% mientras que la harina de trigo suave contiene 10% de proteína. El contenido de carbohidratos es de 36% para la harina de cacahuete, 38% para la harina de frijol de soya y 62% para la harina de Cowpea (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

I. Tratamiento térmico del frijol *Phaseolus vulgaris*

1. Determinación del tiempo de cocción. En Guatemala uno de los factores de calidad más importante de los frijoles es el tiempo de cocción. La aceptación o rechazo y el precio de un lote de frijoles se basa en gran parte en su tiempo de cocción. En las normas oficiales de granos para Centro América se describe la metodología de análisis para determinar el tiempo de cocción. El método consiste, básicamente, en cocer 500g de frijol en 1.5L de agua destilada, tomando muestras de 50 granos cada 15 minutos. Se considera que un grano está cocido cuando se puede aplastar fácilmente con los dedos (Miguel A. Mora, 1998).

a. Variables que afectan el tiempo de cocción. Se han hecho estudios para determinar el efecto de diversas variables entre ellas:

- La proporción de agua con el frijol de cocción
- El efecto de las sales en el agua de cocción
- La altura del lugar donde se lleva a cabo la cocción.

(Miguel A. Mora, 1998)

Estos estudios se han llevado a cabo en el frijol suave y en el frijol duro. Los resultados han indicado que el tiempo de cocción del frijol duro es significativamente mayor al frijol suave, 136 minutos y 65 minutos respectivamente. En el frijol suave como duro la proporción del agua de cocción no hace variar el tiempo de cocción significativamente.

Respecto a la dureza del agua, en el frijol suave se ha encontrado que no hay variación en el tiempo de cocción, mientras que en el frijol duro una dureza en el agua de 490ppm hace aumentar el tiempo de cocción a 197 minutos. La altitud donde se llevan a cabo las pruebas de cocción es otra variable que afecta el tiempo de cocción y esto se debe a que el punto de ebullición se alcanza a una menor temperatura. Sin embargo en el frijol suave no hay diferencia significativa en los tiempos de cocción, mientras que en el frijol duro el tiempo de cocción aumenta significativamente al aumentar la altura (Miguel A. Mora, 1998).

J. Tratamiento térmico del Cowpea

1. Efecto del procesamiento en el valor nutritivo del Cowpea. Las leguminosas siempre son procesadas antes de su consumo, pero si la cocción no se lleva a cabo bajo condiciones controladas se puede disminuir el valor nutricional de las leguminosas y por lo tanto su efecto suplementario con los granos de cereales y otros alimentos. La cocción del Cowpea en agua bajo 15lb de presión a 121°C durante 15, 30 y 45 minutos disminuye los inhibidores de tripsina como se puede ver en la siguiente tabla:

TRATAMIENTO	Inhibidores de tripsina (g/mL)
Frijol crudo	6.7
15 minutos	2.8
30 minutos	2.5
45 minutos	3.0

(S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

No hay diferencia en la digestibilidad de la proteína en los tres productos cocinados, pero el peso ganado y la calidad de la proteína disminuye progresivamente al aumentar el tiempo de cocción. El peso ganado del Cowpea cocinado durante 15 minutos es el doble del Cowpea cocinado durante 45 minutos (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

Otros estudios han demostrado que el remojo del frijol antes de la cocción disminuye su valor nutritivo. El proceso de tostado reduce la calidad de la proteína debido a la destrucción de la lisina disponible. El proceso de extrusión incrementa la calidad de la proteína debido a un incremento en los carbohidratos disponibles y un incremento de la susceptibilidad de la proteína por la acción enzimática (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

En la siguiente tabla se muestra el efecto de los diferentes tratamientos térmicos en la calidad de la proteína del Cowpea:

TRATAMIENTO	RAZÓN DE EFICIENCIA PROTÉICA	% DE DIGESTIBILIDAD	LISINA DISPONIBLE (g/16g N)
Crudo	1.21	73.2	6.4
Autoclave, 15lb, 15min, 121°C	1.33	77.4	5.7
Presión atmosférica, 45min, 90-95°C	1.34	--	6.3
Tostado, 30 minutos, 210°C	1.29	76.1	4.8
Tostado, 30 minutos, 240°C	0.36	65.0	2.9
Extrusión	1.73	80.2	5.6

(S.K. Sathe, *et. al.*, 1995)

2. Comparación entre el procesamiento térmico del Cowpea y el *Phaseolus Vulgaris* con respecto a su valor nutritivo. Para el Cowpea un tiempo de cocción por autoclave mayor a 15 minutos disminuye el PER, mientras que para el frijol común (*Phaseolus vulgaris*) al aumentar el tiempo de cocción hasta 45 minutos se observa un aumento en la ganancia de peso o el PER, lo cual es consecuencia de que para el Cowpea, 15 minutos de autoclave son suficientes para destruir los inhibidores de tripsina, mientras que un tiempo mayor provoca una disminución en la lisina disponible. El *Phaseolus Vulgaris*, sin embargo, necesita un tiempo de cocción mayor (45 minutos) para que se destruyan los inhibidores, provocándose, consecuentemente, la destrucción de la lisina disponible, lo cual se refleja en una ganancia de peso y PER bajo con respecto al Cowpea, pero sin la mortalidad de los animales (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995)

Para la proteína del Cowpea la cocción del frijol a hervor es mejor, ya que el tratamiento con autoclave es demasiado drástico (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995)

Para el *Phaseolus Vulgaris* la cocción a presión es más efectiva que la cocción a presión atmosférica para destruir los factores tóxicos, induciendo así una mayor digestibilidad del frijol (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

El tiempo de cocción también varía según las condiciones y el tiempo de almacenamiento. Se ha demostrado que el tiempo óptimo de cocción por autoclave para frijoles negros recién cosechados es de 10 minutos, mientras que se necesitan 20 a 30 minutos para cocinar la misma muestra almacenada por 3 meses en condiciones inapropiadas (S.K. Sathe, *et. al.*, 1995).

K. Métodos para llevar a cabo el procesamiento del frijol

1. Enlatado del frijol.

PASO 1: Blanqueo de los frijoles

La principal razón de llevar a cabo el blanqueo es destruir las enzimas que puedan causar sabores extraños. La mayoría de los vegetales se blanquean a 90°C durante varios minutos, pero esta temperatura no se utiliza para los frijoles ya que los suaviza demasiado y se produce mucho sedimento. La firmeza después del enlatado se incrementa para temperaturas de blanqueo entre 77°C a 82°C. El efecto de firmeza de las temperaturas de blanqueo moderadas se debe a la acción de la enzima pectinmetilestearasa la cual cataliza la desmetilación de cantidades significativas de pectina y esto permite el entrecruzamiento entre los grupos ácido carboxílico libres y los cationes divalentes de calcio y magnesio presentes en el tejido de los frijoles (Durwards S. Smith, 1997).

PASO 2: Enlatado del frijol

Después del blanqueo los frijoles preparados se llenan en las latas mediante llenadoras mecánicas, las cuales pasan las latas por vibradores para asegurar un llenado homogéneo. Luego las latas se llenan con agua o salmuera caliente. Por último, las latas son selladas y procesadas en retortas. Para dar una textura mas firme en los frijoles algunos procesadores mantienen las latas por unos minutos después del sellado para dar mas tiempo a la actividad de la pectinmetil estearasa (Durwards S. Smith, 1997).

El proceso de tiempo y temperatura para una esterilización adecuada debe ser determinada por estudios de penetración de calor (Durwards S. Smith, 1997).

Después de completar el proceso de esterilización, las latas deben ser enfriadas en agua a 35-40°C (Durwards S. Smith, 1997).

2. Deshidratación del frijol. Los frijoles cocidos se deshidratan sin el caldo en un secador de bandeja a una temperatura de 70°C. La

deshidratación se lleva a cabo hasta que el contenido de humedad se encuentra abajo del 4%. Debido al alto contenido de humedad se requiere de 9-10lb de frijol fresco para obtener una libra de producto deshidratado (Durwards S. Smith, 1997).

Otra forma de llevar a cabo la deshidratación es remojar los frijoles en agua durante la noche y luego cocinarlos durante una hora a 98°C con agitación constante. Luego los frijoles se muelen y la pasta que resulta se deshidrata en hojuelas mediante un secador de tambor. En un segundo paso las hojuelas son molidas y mezcladas con ácido clorhídrico diluído hasta un pH de 3.5. El tratamiento ácido inhibe la actividad de la lipoxigenasa y por lo tanto previene la formación de sabores extraños. La pasta se pasa a un desintegrador, se cocina durante 15 minutos en la solución ácida, luego se neutraliza a un pH de 6 a 7 y se cocina durante 45 minutos. El paso final es un secado por tambor de la pasta cocida (Durwards S. Smith, 1997).

3. Extrusión del frijol. La cocción por extrusión es una forma conveniente de convertir los alimentos crudos proteínicos o almidonosos en productos terminados o en productos intermedios que requieran únicamente de un procedimiento mínimo posterior (Durwards S. Smith, 1997).

La cocción por extrusión ha dado harinas con una calidad y una digestibilidad protéica mayor que las harinas de frijol procesadas a presión atmosféricas o a presiones mayores. La digestibilidad de los frijoles cocinados a presión es del 67 al 68% en comparación con un 81 a 82% para los frijoles cocinados por extrusión. En el proceso de extrusión la actividad de los inhibidores de tripsina se inhibe a valores similares a los obtenidos por la cocción a presión (Durwards S. Smith, 1997).

El extrusor consiste en un transportador de tornillo rotatorio intercalado en un tubo. El tubo generalmente se encuentra enchaquetado para remover el calor que se genera. El material crudo es introducido en la sección de alimentación del tubo y se cocina rápidamente por una combinación de calor aplicado y calor generado mecánicamente. Las altas temperaturas y las fuerzas de corte en el extrusor dan como resultado la gelatinización de los almidones y la desnaturalización de las proteínas sin una pérdida apreciable de nutrientes, lo que da lugar a varios productos con diferentes características de textura (Durwards S. Smith, 1997).

III CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LA MATERIA PRIMA

A. JUSTIFICACIÓN

El análisis proximal de la materia prima debe ser la base para iniciar cualquier estudio.

El frijol *Phaseolus Vulgaris* constituye una fuente importante de proteína en la dieta de las familias guatemaltecas, por lo tanto si se desea utilizar el *Cowpea* como un extensor del frijol *Phaseolus Vulgaris*, su calidad nutricional debe ser al menos similar a la del frijol *Phaseolus Vulgaris* para no disminuir la calidad nutricional de un plato principal en la dieta de la población.

En el estudio se trabajó con la variedad negra del frijol *Phaseolus Vulgaris*, específicamente la variedad denominada: *Icta Ligero*, variedad desarrollada por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), esta variedad se esta tratando de introducir en la agricultura nacional ya que se caracteriza por ser inmune al virus del mosaico dorado, plaga caracterizada por producir grandes pérdidas en las cosechas de frijol. Respecto al *Cowpea* se trabajó con la variedad negra específicamente la denominada *Perunchín Negro*.

B. OBJETIVOS

1. **General.** Determinar la calidad nutricional de la materia prima, la cual se utilizará para desarrollar un producto del frijol.
2. **Específicos.** Determinar si el contenido nutricional en el frijol *Phaseolus Vulgaris* difiere significativamente del frijol *Cowpea*.

C. HIPÓTESIS

1. **De investigación.** El contenido nutricional del frijol *Cowpea* es significativamente más elevado que el contenido nutricional del frijol *Phaseolus Vulgaris* de la variedad *Icta Ligero*.
2. **Nula.** El contenido nutricional del frijol *Cowpea* no es significativamente más elevado que el contenido nutricional del frijol *Phaseolus Vulgaris*.

D. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Método para el análisis de grasa

Cuadro 1. Método para grasa

Reactivos	Equipo
Éter de petróleo	Condensador, el cual incluye la cámara donde se introduce la muestra.
	Manguera
	Erlenmeyer
	Estufa
	Papel servilleta para envolver la muestra
<p>1. Pesar 10g de muestra. 2. Envolver la muestra en varias servilletas. 3. Anotar el peso del erlenmeyer. 4. Colocar la muestra en la cámara del condensador. 5. Colocar erlenmeyer debajo de la cámara de la muestra para recibir la grasa que ha sido arrastrada por el solvente. 6. Colocar manguera en el condensador y abrir el agua. 7. Encender la estufa. 8. Dejar reflujar por aproximadamente 10 horas. 9. Al terminar de reflujar apagar la estufa, cerrar el agua y esperar el tiempo requerido para que el erlenmeyer se enfríe y llegue a peso constante y para que se evapore el éter de éste. 10. Pesar erlenmeyer 10. % grasa = $\frac{\text{Peso final de erlenmeyer} - \text{Peso inicial de erlenmeyer}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$</p>	

(AOAC, 1984)

2. Método para el análisis de cenizas

Cuadro 2. Método para cenizas

Reactivos	Equipo
	Crisol de porcelana
	Horno mufla
<p>1. En crisol de porcelana llevado a peso constante, pesar 2g de muestra. 2. Quemar la muestra en estufa dentro de la campana a una temperatura moderada. 3. Carbonizar la muestra hasta que no haya desprendimiento de humo. 4. Dejar enfriar los crisoles. 5. Llevar crisoles a la mufla a una temperatura de 600°C. 6. En esta temperatura dejar los crisoles durante 2 horas. 7. Enfriar la mufla y sacar los crisoles. 8. Enfriar en desecadora y pesar. 9. La cenizar deberán ser de color blanquecino o grisáceas. 10. % cenizas = $\frac{\text{Peso crisol con cenizas} - \text{Peso del crisol}}{\text{Peso muestra}} * 100$</p>	

(AOAC, 1984)

3. Método para el análisis de proteína

Cuadro 3. Método para micro Kjeldahl

Reactivos	Equipo
Sulfato de sodio anhidro	Balones Kjeldahl de 100mL
Óxido de mercurio	Digestor Kjeldahl
Ácido sulfúrico concentrado	Destilador Kjeldahl
Hidróxido de sodio al 40%	Balanza
Tiosulfato de sodio pentahidratado al 8%	Bureta
Ácido Bórico al 4%	Erlenmeyer
Indicador Rojo de metilo	Probetas
Ácido Clorhídrico 0.1 N	Gotero

1. Pesar 0.25g de muestra en el balón Kjeldahl de 100mL
2. En el balón agregar 1.5g de sulfato de sodio anhidro, 0.1g de óxido de mercurio y 3mL de ácido sulfúrico concentrado.
3. Poner a digerir en hornillas en posición inclinada y calentar suavemente hasta que la muestra quede clara (tiempo aproximado 30 minutos).
4. Enfriar el balón.
5. Agregar 10mL de agua para disolver, agregar ésto al aparato destilador.
6. En el aparato destilador agregar 13mL de hidróxido de sodio al 40% con 5 mL de tiosulfato de sodio pentahidratado al 8%.
7. Previo a agregar la muestra al aparato destilador se coloca al final del tubo condensador un erlenmeyer de 250mL con 10mL de ácido bórico al 4% y 3 gotas de indicador rojo de metilo. Esto es para recibir el destilado.
8. Conectar el destilador y coleccionar hasta que todo el NH₃ salga (> 70mL de destilado).
9. Retirar el recipiente con el destilado para titularlo.
10. Titular el destilado con ácido clorhídrico 0.1 N.
11. $\%N = \frac{\text{mL HCl} \cdot \text{Normalidad HCl} \cdot 0.014 \cdot (\text{Factor N}) \cdot 100 \cdot 6.25 \cdot (\text{Factor proteína})}{\text{Peso de la muestra}}$

(AOAC, 1984)

4. Método para el análisis de humedad

Cuadro 4. Método para análisis de humedad

Reactivos	Equipo
	Cápsula de aluminio
	Horno de convección

1. Regular el horno a 135°C.
2. Pesar 2g de muestra.
3. Colocar muestra en cápsula de aluminio previamente llevada a peso constante.
4. Remover bien la muestra para que quede bien distribuida en la cápsula.
5. Colocar la cápsula con la tapadera sobrepuesta dentro del horno.
6. Secar hasta que esté a peso constante.
7. Llevar a desecadora, dejar enfriar y pesar.
8. $\% \text{ humedad} = \frac{(\text{Peso recipiente c/muestra} - \text{Peso recipiente /m.seca}) \cdot 100}{\text{Peso de muestra}}$

5. Método para análisis de fibra

Cuadro 5. Método para análisis de fibra

Reactivos	Equipo
Ácido sulfúrico al 1.25% (p/v)	Aparato digestor para fibra
NaOH al 1.25% (p/v)	Beakers de 800 mL para fibra
	Manta para filtrar la muestra
	Embudo
	Erlenmeyer de 800 mL
	Agua
	Crisol de porcelana
	Horno de convección
	Horno mufla
<p>1. Pesar 1g de muestra, la cual ha sido previamente desgrasada.</p> <p>2. Colocar muestra en beaker y agregar 200mL de ácido sulfúrico al 1.25% y poner a digerir la muestra durante 30 minutos.</p> <p>3. Filtrar la muestra con ayuda de manta, realizar varios lavados con agua caliente para asegurar una completa neutralización.</p> <p>4. La muestra retenida en la manta colocarla en el beaker y agregar 200mL de hidróxido de sodio al 1.25% y poner a digerir durante 30 minutos.</p> <p>5. Realizar el filtrado de la muestra como se indica en el paso 3.</p> <p>6. Colocar la muestra retenida en crisol de porcelana y llevar a horno.</p> <p>7. Anotar el peso de la muestra seca, éste peso incluye el peso del crisol mas el peso de la fibra con minerales. (P1).</p> <p>8. Llevar el crisol con la muestra a horno mufla.</p> <p>9. Anotar el peso de la muestra, este peso incluye únicamente el beaker y los minerales (P2).</p> <p>10. % de fibra = $\frac{(P1 - P2) * 100}{\text{Peso de la muestra}}$</p>	

(AOAC, 1984)

E. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para comprobar la hipótesis de investigación se realizó un análisis de varianza, en donde se analiza si existe diferencia significativa en el promedio de los puntajes de los micronutrientes del Cowpea y del *Phaseolus Vulgaris*.

En el análisis de varianza (ANOVA), la varianza total se divide en varianza asignada a diferentes fuentes específicas. La varianza de las medias entre muestras se compara con la varianza dentro de la muestra (llamada también error experimental aleatorio). Si las muestras no son diferentes, la varianza de las medias entre muestras será similar al error experimental.

El análisis de varianza, así como el cálculo de los promedios y la desviación estándar se realizó con ayuda del programa Excel.

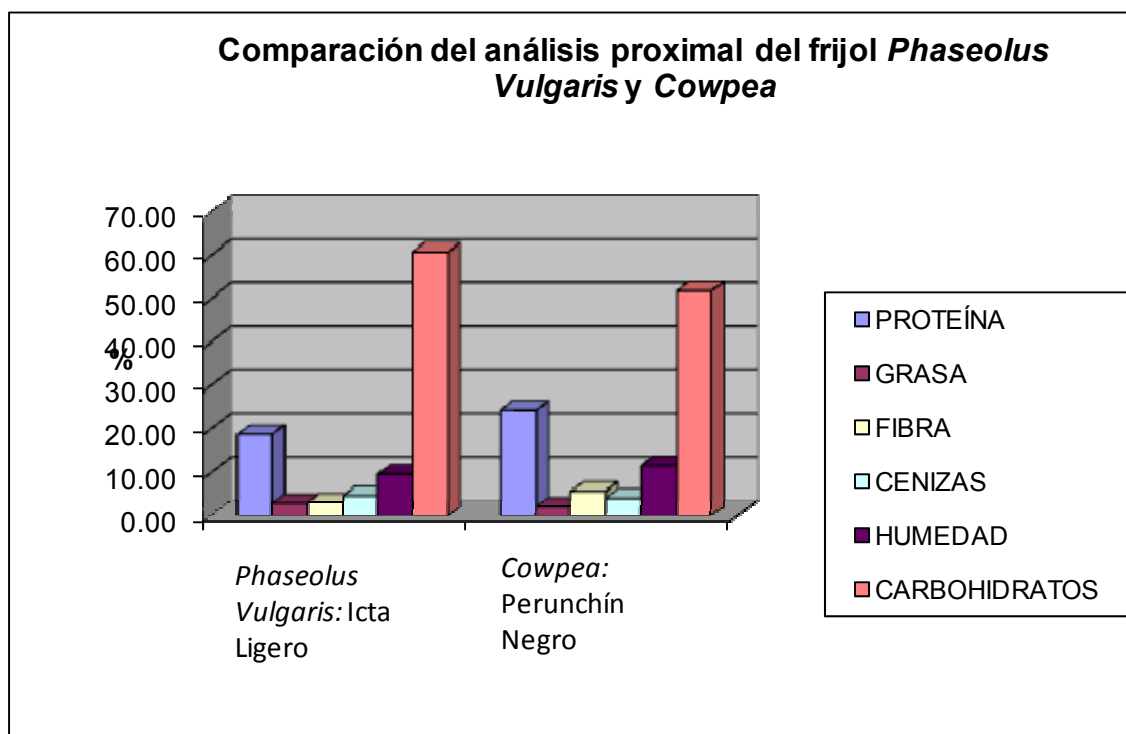
F. RESULTADOS

1. Análisis proximal

Cuadro 6. Composición proximal del frijol crudo *Phaseolus Vulgaris* y Cowpea.

Macronutriente (%)	<i>Phaseolus Vulgaris</i> : Icta Ligero	Cowpea: Perunchín Negro
PROTEÍNA	18.71	24.43
GRASA	2.97	2.21
FIBRA	3.15	5.79
CENIZAS	4.75	4.20
HUMEDAD	9.68	11.68
CARBOHIDRATOS	60.75	51.69

Gráfica 1. Comparación del análisis proximal del frijol *Phaseolus Vulgaris* y Cowpea



2. Análisis de varianza

Cuadro 7. Análisis de varianza para el contenido de macronutrientes

MACRONUTRIENTE	Diferencia significativa en el contenido de macronutrientes entre el frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i> y el <i>Cowpea</i>	
	SÍ	NO
Humedad	X	
Proteína	X	
Fibra		X
Cenizas		X
Grasa		X

G. DISCUSIÓN

El frijol *Cowpea* de la variedad *Perunchín Negro*, resultó tener un contenido de proteína significativamente mayor (24.43%) que el contenido de proteína del frijol *Phaseolus Vulgaris* de la variedad *Icta Ligero* (18.71%).

El contenido de proteína promedio del frijol *Perunchín Negro* resultó bastante cercano al contenido promedio teórico reportado en el inciso E de los antecedentes (24.8%). Mientras que el frijol *Icta Ligero* tuvo un contenido de proteína menor que el teórico reportado en el inciso G de los antecedentes (21.8%).

El bajo contenido de proteína del frijol *Icta Ligero* respecto a la media teórica probablemente se debe a que éste frijol ha sido manipulado genéticamente para aumentar su resistencia al virus del Mosaico Dorado. A pesar del bajo contenido de proteína del frijol *Icta Ligero* se decidió continuar el estudio con este tipo de frijol ya que es una variedad que el ICTA está tratando de introducir en la agronomía de la población.

El alto contenido de proteína del *Perunchín Negro* lo hace una variedad apropiada del *Cowpea* para aumentar el contenido de proteína del frijol *Icta Ligero*, mediante su uso en una mezcla de frijol.

Se midió el contenido de humedad de los granos de frijol, en los granos se requiere valores de humedad bajos, ya que humedades bajas previenen al grano del ataque de plagas, en las leguminosas se requieren humedades preferentemente menores al 12%. En el estudio

tanto el *Phaseolus Vulgaris* como el *Cowpea* tuvieron valores de humedad menores al 12%. Sin embargo el *Cowpea* tuvo un contenido de humedad mayor (11.68%) que el *Phaseolus Vulgaris* (9.68%); esta diferencia en el contenido de humedades probablemente se deba a que el *Cowpea* provenía de un frijol recién cosechado, mientras que el *Phaseolus Vulgaris* tenía mas tiempo de estar almacenado.

Las leguminosas se caracterizan por tener valores promedio de fibra dietética de aproximadamente 4%, como se puede ver en la gráfica el contenido de fibra del frijol *Phaseolus Vulgaris* fue menor, por lo tanto la adición de *Cowpea* al frijol debe aumentar el contenido de fibra de la mezcla. El aumento de fibra en la mezcla puede ser positivo para personas diabéticas o negativo para personas que se les dificulta digerir los azúcares del frijol.

Respecto al contenido de cenizas se puede ver en la gráfica que no hay diferencia significativa entre el frijol *Phaseolus Vulgaris* y *Cowpea*.

IV. CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES Y ANTOCIANINAS EN EL FRIJOL *PHASEOLUS VULGARIS* Y *COWPEA*

A. JUSTIFICACIÓN

El frijol *Cowpea* negro de la variedad *Perunchín Negro*, se caracteriza por tener una cáscara gruesa y un sabor que se ha descrito como a tierra y por lo tanto es un sabor diferente al del frijol *Phaseolus Vulgaris*, el cual está arraigado al gusto sensorial de la población consumidora de frijol.

Uno de los objetivos del estudio es realizar un producto del frijol utilizando como materia prima el *Cowpea*, por lo tanto se desea evaluar el efecto de varios tratamientos, mediante la medición del contenido de polifenoles y antocianinas para luego escoger el tratamiento que de una mayor reducción de estos compuestos y posteriormente correlacionar este tratamiento con una reducción del sabor a tierra en la elaboración de una mezcla de frijol.

El contenido de antocianinas y polifenoles se medirá tanto en el frijol *Phaseolus Vulgaris* como en el *Cowpea*, la medición se llevará a cabo en los dos frijoles para comparar el contenido de estos compuestos.

B. OBJETIVOS

1. General. Establecer el mejor tratamiento que dé una mayor disminución de compuestos polifenólicos en el *Cowpea* para lograr una mezcla de frijol que sea aceptable sensorialmente.

2. Específicos

- Comparar el contenido de antocianinas y polifenoles en el frijol crudo y después de varios tratamientos en los frijoles *Phaseolus Vulgaris* y *Cowpea*.
- Procesar el *Cowpea* en una mezcla de frijol con el tratamiento que de una mayor disminución de compuestos polifenólicos para correlacionar el efecto del tratamiento con la mejora en el sabor de la mezcla de frijol.
- Determinar la mejor mezcla de frijol mediante el uso de evaluaciones sensoriales.

C. HIPÓTESIS

1. De investigación. El tratamiento que logra una mayor disminución de compuestos polifenólicos mejora significativamente el sabor de la mezcla de frijol.

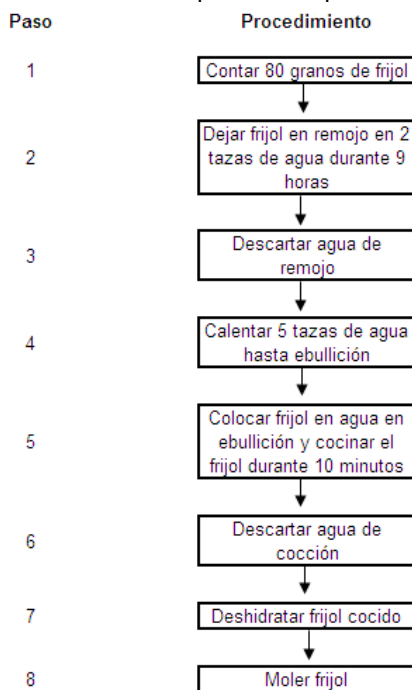
2. Nula. El tratamiento que logra una mayor disminución de compuestos polifenólicos no mejora significativamente el sabor de la mezcla de frijol.

D. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Efecto del tiempo de remojo. Se evaluó el efecto de 9, 18 y 27 horas de remojo en la extracción de compuestos polifenólicos en el frijol *Cowpea*. Se llevó a cabo el mismo procedimiento con el frijol *Phaseolus Vulgaris*.

2. Efecto del tiempo de cocción. Para evaluar el efecto del tiempo de cocción en la extracción de compuestos polifenólicos se realizaron varios tratamientos y en cada uno se siguió el siguiente procedimiento:

Gráfica 2. Pasos para determinar el efecto de tiempo de cocción en la extracción de compuestos polifenólicos.



El paso#5 se repitió varias veces en los diferentes tratamientos ya que el tiempo de cocción se llevó a cabo durante 5, 10, 20 y 30 minutos.

La medición del efecto del tiempo de cocción se llevó a cabo en el frijol *Cowpea* y en el *Phaseolus Vulgaris*.

3. Efecto del intercambio de agua durante la cocción. Se evaluó el efecto del intercambio de agua durante la cocción para ello, se siguió el mismo procedimiento mencionado en la gráfica 2, con la diferencia de llevar a cabo el descarte del agua cada 5 minutos y agregar agua en su punto de ebullición para continuar la cocción. El intercambio de agua se llevó a cabo durante 10 minutos de cocción y durante 30 minutos de cocción. La medición del efecto del intercambio de agua durante la cocción se llevó a cabo únicamente en el frijol *Cowpea*.

4. Efecto del descascarado del frijol. Para evaluar el efecto de remoción de la cáscara, el frijol *Cowpea* crudo se descascaró y se midió el contenido de compuestos polifenólicos, para ello se siguió el siguiente procedimiento:

Gráfica 3. Pasos para la medición de compuestos polifenólicos en el frijol *Cowpea* descascarado.



5. Método para el análisis de antocianinas

Cuadro 8. Método para medir antocianinas

Reactivos	Equipo
Metanol	Bureta
Ácido acético	Beaker
Agua	Balanza
HCl (1N)	Vortex
NaOH (1N)	Centrífuga y tubos de centrífuga
Cloruro de pelargonidina	Espectrofotómetro
<p>DÍA 1</p> <ol style="list-style-type: none"> Preparar una solución de metanol:ácido acético:agua (10:1:9, v/v/v) Moler frijol. Pesar 5g de harina. Colocar harina de frijol en tubo de centrífuga y agregarle 40 mL de la solución de metanol:ácido acético:agua (10:1:9, v/v/v), (antes de agregar la solución ajustar el pH a 3 mediante la adición de HCl 1N o NaOH 1N). Dejar extraer a temperatura ambiente y con agitación durante 24 horas. <p>DÍA 2</p> <ol style="list-style-type: none"> Decantar el sobrenadante y medir su volumen. Centrifugar el sobrenadante a 1400 rpm durante 15 minutos. Tomar una alícuota de 3mL. Leer la absorbancia a 520nm. El residuo sobrante después de llevar a cabo la decantación, volverlo a extraer con 25mL de la solución de metanol:ácido acético:agua (10:1:9, v/v/v), previamente ajustada a pH 3. Dejar extraer a temperatura ambiente y con agitación durante 24 horas. <p>DÍA 3</p> <p>*Repetir el procedimiento del día 2.</p> <p>DÍA 4</p> <p>*Repetir el procedimiento del día 2.</p> <p>BASE DE CÁLCULO PARA ENCONTRAR LA CONCENTRACIÓN DE ANTOCIANINAS</p> <p>Curva patrón: Preparar una curva patrón con pelargonidina clorada en concentraciones de 0 a 50ppm.</p> $\frac{\text{mg pelargonidina}}{100 \text{ g frijol}} = \frac{(\text{"x"} \text{mg pelargonidina}) \cdot (\text{"y"} \text{mL}) \cdot (\text{"z"} \text{mL de extracto}) \cdot (100)}{\text{mL} \quad 1 \text{ mL} \quad \text{Peso muestra}}$ <p>*El primer paréntesis se obtiene de la curva de calibración. * El segundo paréntesis representa el factor de dilución.</p>	

(Salinas Moreno Yolanda, *et.al.*, 2005)

6. Método para el análisis de polifenoles

Cuadro 9. Método para medir polifenoles

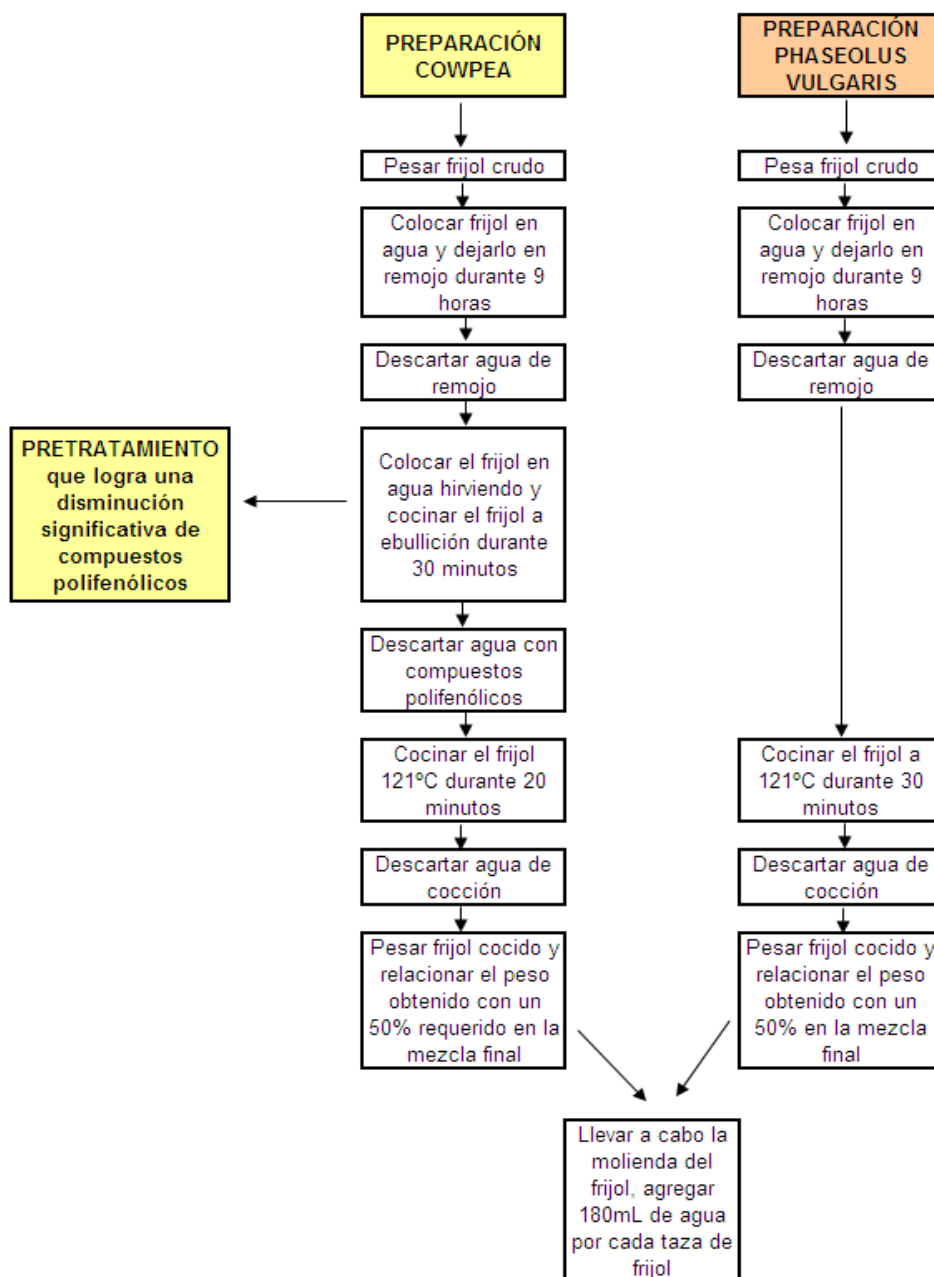
Reactivos		Equipo			
Reactivo de Folin Ciocalteu: Se hace una dilución de 10 a 100mL con agua.		Balones de 25 y 100mL			
Carbonato de sodio: Pesar 7.5g de carbonato de sodio y llevar a 100mL con agua.		Pipeta de 1mL con escala graduada de 0.1mL.			
Catecol: Pesar 25mg de catecol, llevar a 25mL con agua y luego de ésta dilución tomar 1mL a 25mL con metanol.		Pipeta de 2mL con escala graduada de 0.1mL.			
		Pipeta de 10mL			
		Balanza			
		Tubos de ensayo			
		Espectrofotómetro			
<p>1. Las muestras se deben de preparar siguiendo el procedimiento mencionado en el método de las antocianinas.</p> <p>2. Para la determinación espectrofotométrica preparar los tubos de ensayo de acuerdo al siguiente cuadro:</p>					
No. tubo	Agua (mL)	Catecol (mL)	Carbonato de sodio (mL)	Reactivo de Folin (mL)	Muestra (mL)
E1	0.8	0.2	2	2.5	0
E2	0.6	0.4	2	2.5	0
E3	0.4	0.6	2	2.5	0
E4	0.2	0.8	2	2.5	0
E5	0	1	2	2.5	0
BLANCO	1	0	2	2.5	0
MUESTRA	0	0	2	2.5	1
<p>3. Incubar estos tubos a temperatura ambiente por 2 horas, leer la absorbancia a 750nm.</p> <p>4. $\text{mg catecol} = \left(\frac{\text{"x"mg catecol}}{100\text{g frijol}} \right) \left(\frac{\text{"y"mL}}{\text{mL}} \right) \left(\frac{\text{"z"mL extracto}}{1\text{mL}} \right) \cdot 100$ 100g frijol mL 1mL Peso muestra</p> <p>* El primer paréntesis se obtiene de la curva de calibración.</p> <p>* El segundo paréntesis representa el factor de dilución.</p>					

(Salinas Moreno Yolanda, *et.al.*, 2005)

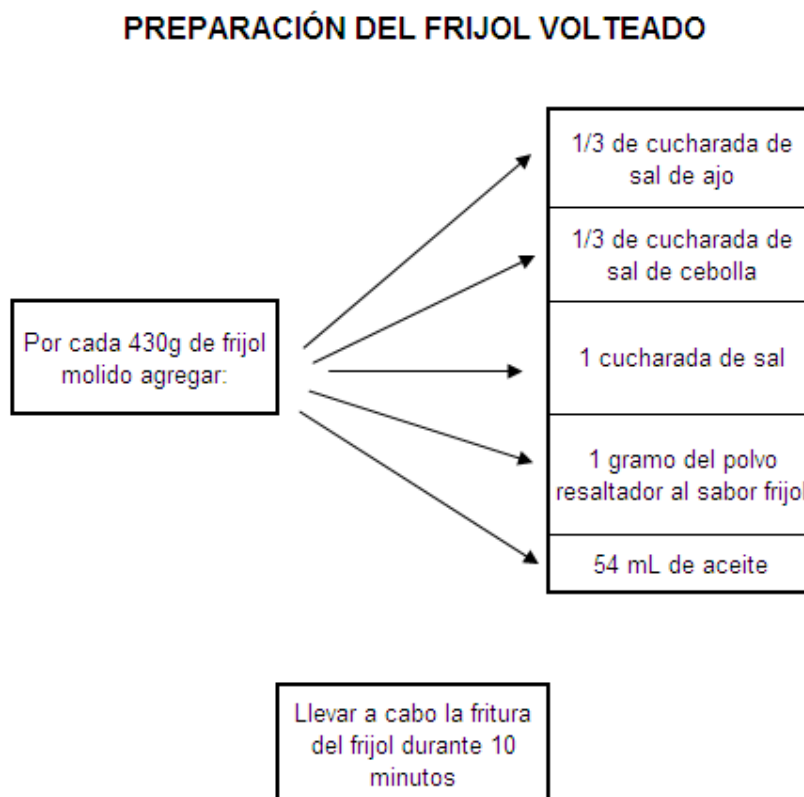
7. Desarrollo de una mezcla de frijol

a. Preparación de una mezcla de frijol (50:50). Para determinar la proporción en la que debe ser mezclado el frijol Cowpea se empezó con una mezcla 50:50, la mezcla de frijol se preparó en la forma de un frijol volteado. El procedimiento para preparar la mezcla de frijol fue el siguiente:

Gráfica 4. Procedimiento para preparar una mezcla de frijol (50:50) con *Phaseolus Vulgaris* y Cowpea



Gráfica 4. Continuación del procedimiento para preparar una mezcla de frijol (50:50) con *Phaseolus Vulgaris* y *Cowpea*.



b. Preparación de una mezcla de frijol 70:30 *Phaseolus Vulgaris* con *Cowpea* sin cáscara. Se llevó a cabo el procedimiento empleado en la gráfica 4 con la excepción del pretratamiento empleado para el frijol *Cowpea*. El cálculo para preparar la mezcla de frijol se llevó a cabo de tal forma que el frijol *Phaseolus Vulgaris* represente el 70% de la mezcla y el frijol *Cowpea* sin cáscara el 30% de la mezcla.

c. Preparación de una mezcla de frijol 70:30 *Phaseolus Vulgaris* con *Cowpea* entero. Se llevó a cabo el procedimiento empleado en la gráfica 4. El cálculo para preparar la mezcla de frijol se hizo de tal forma que el frijol *Phaseolus Vulgaris* represente el 70% de la mezcla y el frijol *Cowpea* el 30% de la mezcla.

E. DISEÑO EXPERIMENTAL

1. Evaluación sensorial de la mezcla de frijol

a. Prueba triangular. Para evaluar la significancia de los resultados de la prueba triangular se utiliza la tabla binomial de un extremo.

La prueba de un extremo es apropiada, ya que se sabe que una muestra es diferente y por lo tanto solo hay una posibilidad de respuesta correcta.

En la prueba triangular la probabilidad de elegir por casualidad la muestra correcta es de 1/3.

En la prueba triangular, se suma el número de panelistas que han identificado correctamente la muestra diferente y el total se somete a la prueba de significancia utilizando la tabla binomial de un extremo. En esta tabla X representa el número de panelistas que eligió correctamente la muestra diferente y n representa el número total de panelistas que participa en la prueba.

b. Perfil descriptivo. Para llevar a cabo el perfil descriptivo se debe calcular el puntaje promedio de cada uno de las características que se evalúan en el perfil de la mezcla de frijol. Los puntajes promedios de cada una de las características evaluadas en la mezcla de frijol se deben representar con la ayuda del gráfico de araña del programa Excel.

F. RESULTADOS

1. Medición de polifenoles y antocianinas

a. Efecto del remojo

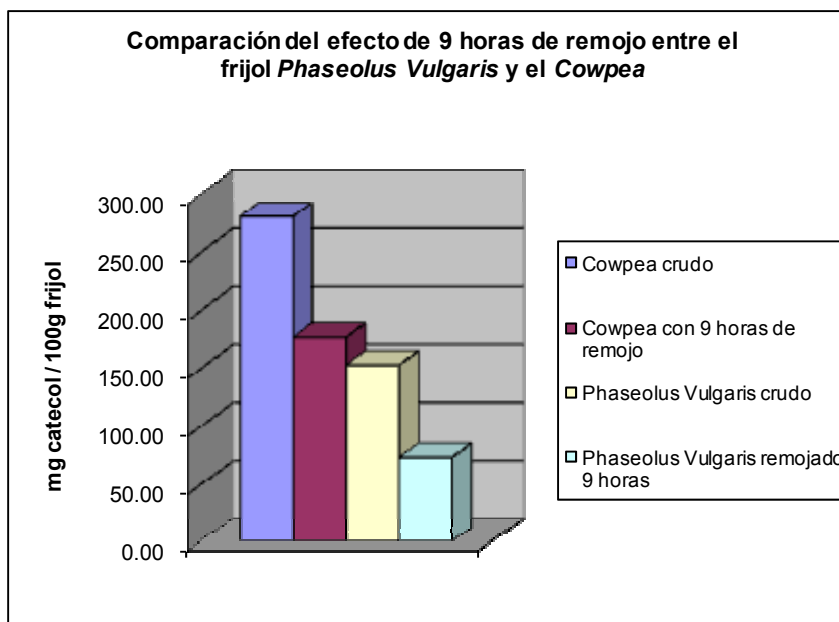
Cuadro 10. Efecto del remojo en la extracción de polifenoles en el *Cowpea*

Tratamiento	Concentración (mg catecol/100g frijol)
<i>Cowpea</i> crudo	280.69
<i>Cowpea</i> con 9 horas de remojo	176.48

Cuadro 11. Efecto del remojo en la extracción de polifenoles en el frijol *Phaseolus Vulgaris*

Tratamiento	Concentración (mg catecol / 100g frijol)
<i>Phaseolus Vulgaris</i> crudo	153.32
<i>Phaseolus Vulgaris</i> remojado 9 horas	73.67

Gráfica 5. Comparación del efecto de 9 horas de remojo en la extracción de polifenoles entre el frijol Cowpea y el frijol *Phaseolus Vulgaris*.



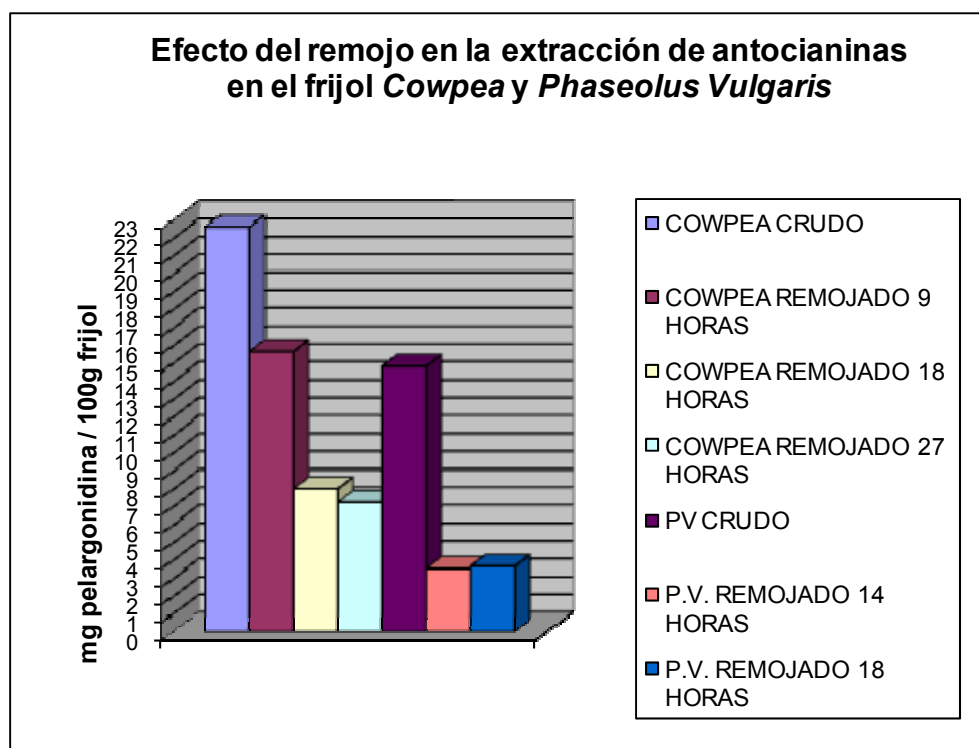
Cuadro 12. Efecto del tiempo de remojo en la extracción de antocianinas en el frijol Cowpea.

Muestra	Concentración promedio (mg pelargonidina/ 100g frijol)
COWPEA CRUDO	22.65
COWPEA REMOJADO 9 HORAS	15.68
COWPEA REMOJADO 18 HORAS	8.03
COWPEA REMOJADO 27 HORAS	7.27

Cuadro 13. Efecto del tiempo de remojo en la extracción de antocianinas en el frijol *Phaseolus Vulgaris*.

Muestra	Concentración promedio (mg pelargonidina/100g frijol)
PV CRUDO	14.84
P.V. REMOJADO 14 HORAS	3.56
P.V. REMOJADO 18 HORAS	3.68

Gráfica 6. Comparación del efecto del tiempo de remojo entre el frijol *Phaseolus Vulgaris* y el frijol Cowpea en la extracción de antocianinas.



b. Efecto del tiempo de cocción

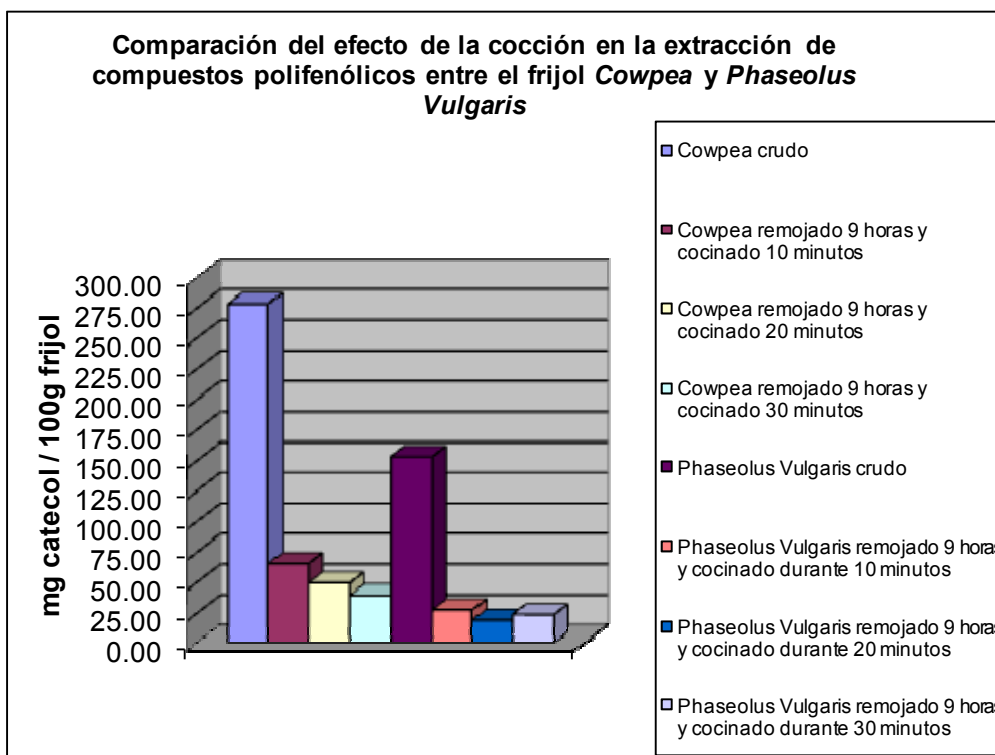
Cuadro 14. Efecto del tiempo de cocción en la extracción de polifenoles en el Cowpea.

Tratamiento	Concentración (mg catecol/100g frijol)
Cowpea crudo	280.69
Cowpea con 9 horas de remojo	176.48
Cowpea remojado 9 horas y cocinado 10 minutos	66.05
Cowpea remojado 9 horas y cocinado 20 minutos	48.68
Cowpea remojado 9 horas y cocinado 30 minutos	38.69

Cuadro 15 Efecto del tiempo de cocción en la extracción de polifenoles en el *Phaseolus Vulgaris*

Tratamiento	Concentración (mg catecol / 100g frijol)
<i>Phaseolus Vulgaris</i> crudo	153.32
<i>Phaseolus Vulgaris</i> remojado 9 horas y cocinado durante 10 minutos	27.80
<i>Phaseolus Vulgaris</i> remojado 9 horas y cocinado durante 20 minutos	19.4
<i>Phaseolus Vulgaris</i> remojado 9 horas y cocinado durante 30 minutos	23.96

Gráfica 7. Comparación del efecto del tiempo de cocción entre el frijol *Phaseolus Vulgaris* y el frijol *Cowpea* en la extracción de polifenoles



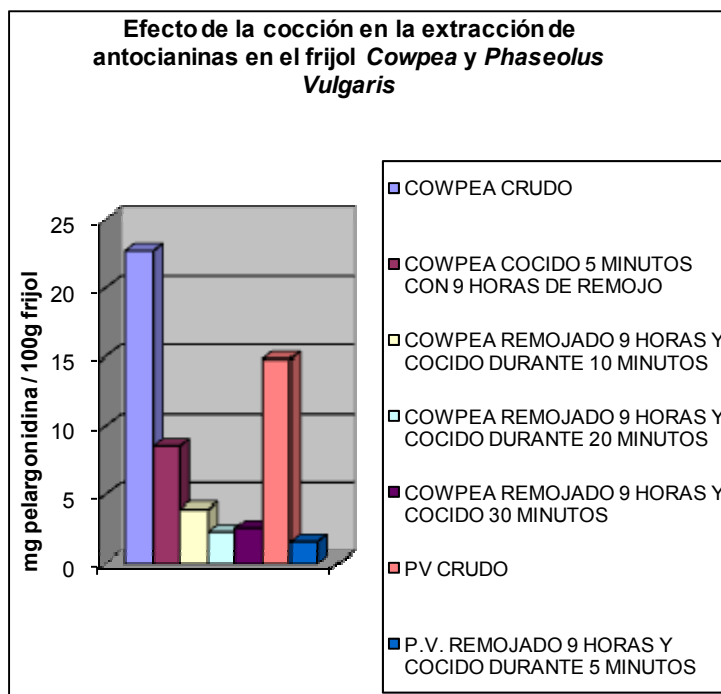
Cuadro 16. Efecto de la cocción en la extracción de antocianinas en el frijol *Cowpea*

Muestra	Concentración promedio (mg pelargonidina/100g frijol)
COWPEA CRUDO	22.65
COWPEA COCIDO 5 MINUTOS CON 9 HORAS DE REMOJO	8.51
COWPEA REMOJADO 9 HORAS Y COCIDO DURANTE 10 MINUTOS	3.97
COWPEA REMOJADO 9 HORAS Y COCIDO DURANTE 20 MINUTOS	2.30
COWPEA REMOJADO 9 HORAS Y COCIDO 30 MINUTOS	2.59

Cuadro 17. Efecto de la cocción en la extracción de antocianinas en el frijol *Phaseolus Vulgaris*

Muestra	Concentración promedio (mg pelargonidina/100g frijol)
PV CRUDO	14.84
P.V. REMOJADO 9 HORAS Y COCIDO DURANTE 5 MINUTOS	1.59

Gráfica 8. Comparación del efecto del tiempo de cocción entre el frijol *Phaseolus Vulgaris* y el frijol *Cowpea* en la extracción de antocianinas

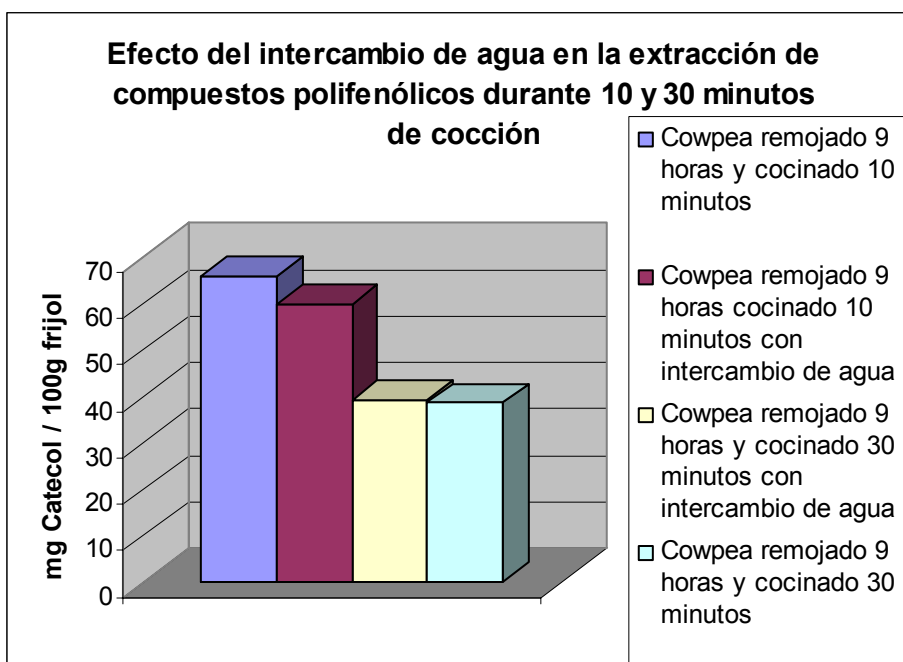


c. Efecto del intercambio de agua durante la cocción

Cuadro 18. Comparación del efecto del intercambio de agua en la extracción de compuestos polifenólicos durante 10 y 30 minutos de cocción en el frijol Cowpea

Tratamiento	Concentración (mg catecol/100g frijol)
Cowpea remojado 9 horas y cocinado 10 minutos	66.051
Cowpea remojado 9 horas cocinado 10 minutos con intercambio de agua	59.835
Cowpea remojado 9 horas y cocinado 30 minutos con intercambio de agua	39.151
Cowpea remojado 9 horas y cocinado 30 minutos	38.695

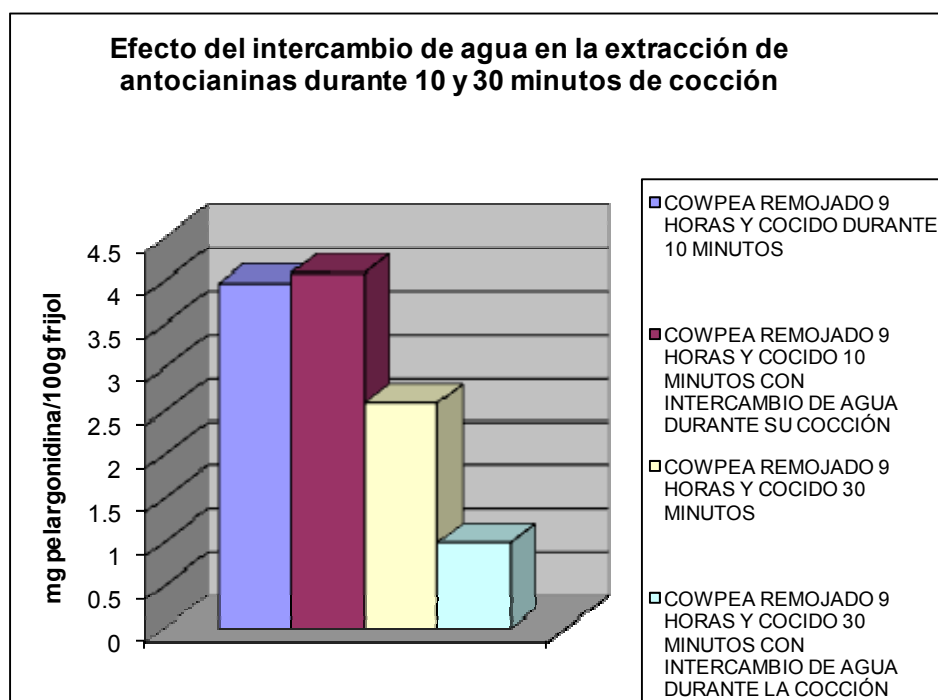
Gráfica 9. Comparación del efecto del intercambio de agua en la extracción de compuestos polifenólicos durante 10 y 30 minutos de cocción



Cuadro 19. Efecto del intercambio de agua durante 10 y 30 minutos de cocción en la extracción de antocianinas en el frijol Cowpea

Muestra	Concentración promedio (mg pelargonidina/100g frijol)
COWPEA REMOJADO 9 HORAS Y COCIDO DURANTE 10 MINUTOS	3.97
COWPEA REMOJADO 9 HORAS Y COCIDO 10 MINUTOS CON INTERCAMBIO DE AGUA DURANTE SU COCCIÓN	4.09
COWPEA REMOJADO 9 HORAS Y COCIDO 30 MINUTOS	2.6
COWPEA REMOJADO 9 HORAS Y COCIDO 30 MINUTOS CON INTERCAMBIO DE AGUA DURANTE LA COCCIÓN	1.93

Gráfica 10. Efecto del intercambio de agua durante 10 y 30 minutos de cocción en la extracción de antocianinas en el frijol Cowpea

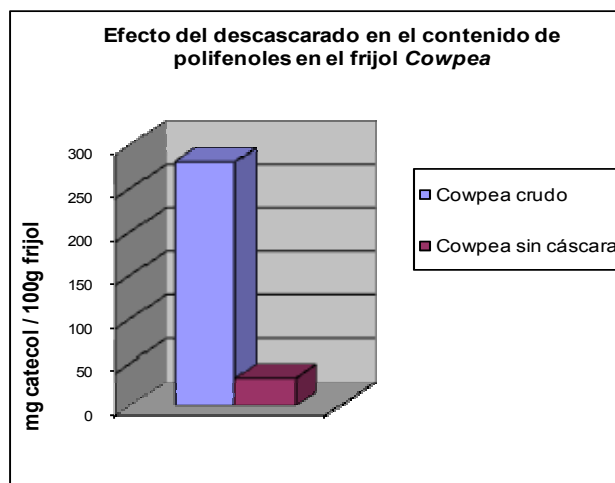


d. Efecto del descascarado

Cuadro 20. Efecto del descascarado en el contenido de polifenoles en el frijol Cowpea

Tratamiento	Concentración (mg catecol / 100g frijol)
Cowpea crudo	280.69
Cowpea sin cáscara	33.42

Gráfica 11. Efecto del descascarado en el contenido de compuestos polifenólicos en el frijol Cowpea.



2. Evaluación sensorial de mezclas de frijol

a. Mezcla de frijol 50:50

Cuadro 21. Prueba binomial de un extremo para mezcla de frijol 50:50

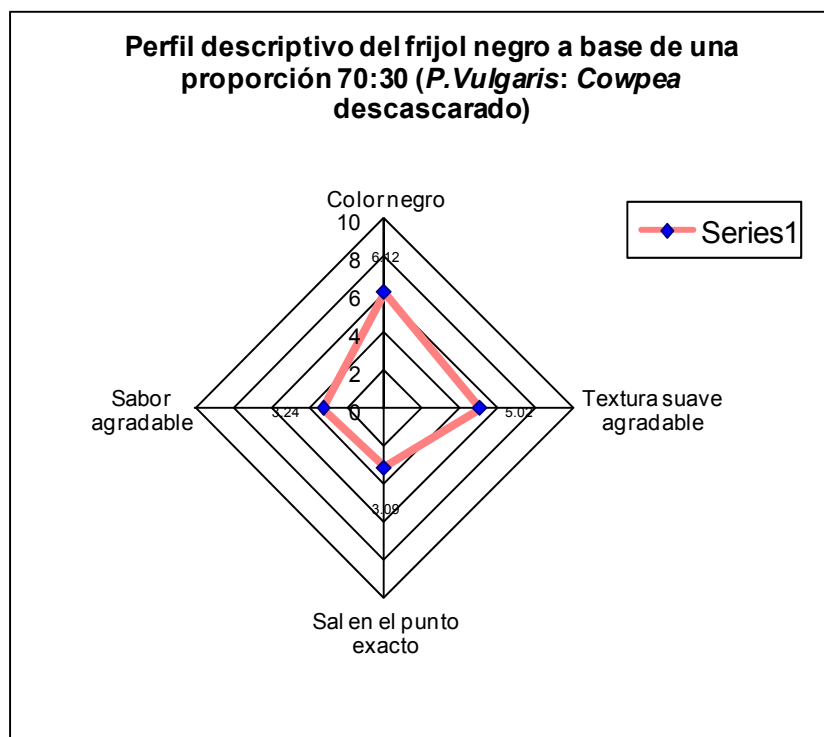
X (Número de panelistas que identificaron la mezcla de frijol)	N (Número total de panelistas que realizaron la prueba)	Probabilidad de acuerdo a la tabla binomial de un extremo (X=14, n=16)	Existe diferencia significativa entre la mezcla de frijol (50:50) y el frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i>		Criterio aplicado
			SÍ	NO	
14	16	0.001	x		Dado que la probabilidad es menor a 0.05 se puede concluir que la mezcla de frijol es significativamente diferente al frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i> .

b. Mezcla de frijol 70:30 (*Phaseolus Vulgaris*: Cowpea sin cáscara)

Cuadro 22. Prueba binomial de un extremo para mezcla de frijol 70:30 (*Phaseolus Vulgaris*: Cowpea sin cáscara)

X (Número de panelistas que identificaron la mezcla de frijol)	N (Número total de panelistas que realizaron la prueba)	Probabilidad de acuerdo a la tabla binomial de un extremo (X=14, n=16)	Existe diferencia significativa entre la mezcla de frijol y el frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i>		Criterio aplicado
			SÍ	NO	
16	18	0.001	x		Dado que la probabilidad es menor a 0.05 se puede concluir que la mezcla de frijol es significativamente diferente al frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i> .

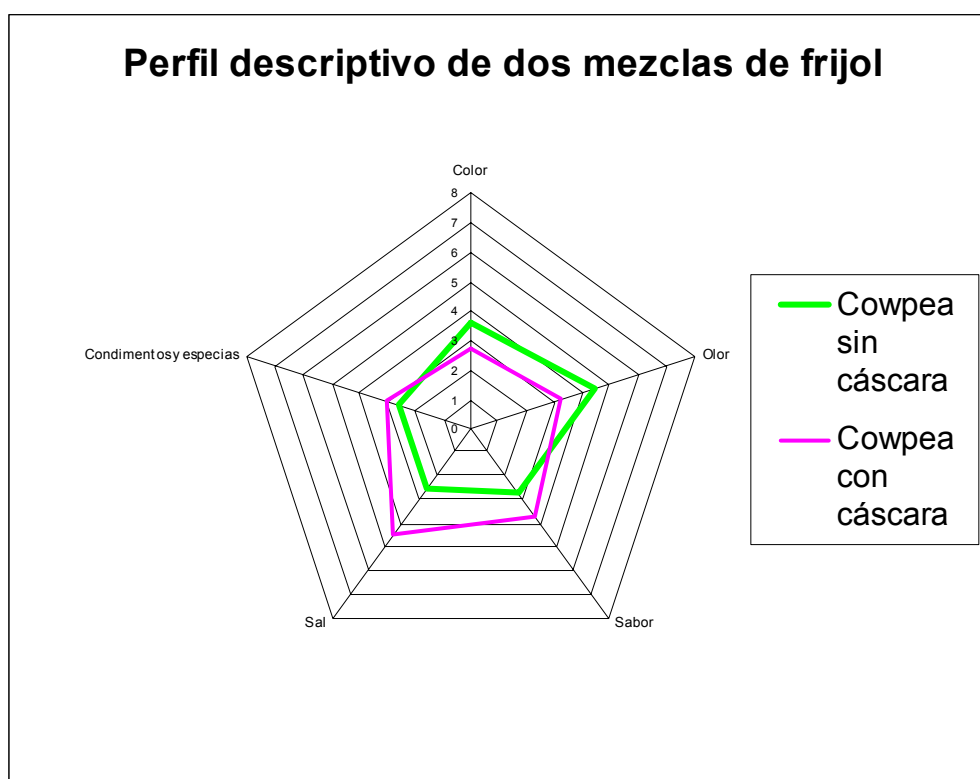
Gráfica 12. Perfil descriptivo de mezcla de frijol 70:30 (*Phaseolus Vulgaris*: Cowpea descascarado)



Cuadro 23. Prueba binomial de un extremo para mezcla de frijol 70:30 (*Phaseolus Vulgaris*: Cowpea entero)

X (Número de panelistas que identificaron la mezcla de frijol)	N (Número total de panelistas que realizaron la prueba)	Probabilidad de acuerdo a la tabla binomial de un extremo (X=14, n=16)	Existe diferencia significativa entre la mezcla de frijol y el frijol <i>Phaseolus Vulgaris</i>		Criterio aplicado
			SÍ	NO	
5	11	0.289		x	Dado que para tener significancia se exige una probabilidad de 0.05 o menos, se podría concluir que no hubo diferencia significativa entre las muestras

Gráfica 13. Comparación del perfil descriptivo de dos mezclas de frijol 70:30 (*Phaseolus Vulgaris*: Cowpea entero y Cowpea descascarado)



G. DISCUSIÓN

El objetivo principal de llevar a cabo el análisis de polifenoles y antocianinas en el frijol *Cowpea* fue evaluar el efecto que tienen distintos tratamientos en la disminución de estos componentes.

El frijol *Cowpea* es una leguminosa con las mismas propiedades nutricionales que el frijol *Phaseolus Vulgaris*, es decir, alto contenido de proteína y carbohidratos. Sin embargo se caracteriza por tener un sabor descrito como a tierra, lo cual lo hace no ser aprovechado para consumo humano en países latinoamericanos, en donde el sabor del frijol *Phaseolus Vulgaris* se encuentra arraigado.

Dado que uno de los objetivos principales de la tesis es desarrollar una mezcla de frijol se desea determinar el tratamiento que conlleve a una mayor reducción de polifenoles y antocianinas para poder procesar el frijol *Cowpea* en una mezcla de frijol y determinar si el tratamiento efectuado mejora el sabor de la mezcla de frijol.

1. Efecto del remojo. El remojo es una práctica muy utilizada por las amas de casa. En el remojo el frijol se hidrata, lo cual se verifica por un aumento del doble del peso inicial del grano. La hidratación del grano de frijol durante el remojo tiene la ventaja de disminuir el tiempo de cocción. Las amas de casa aprovechan la noche para dejar en remojo el frijol, lo cual constituye un tiempo de aproximadamente 9 horas. Se ha comprobado que 9 horas es el tiempo requerido para que el frijol aumente el doble de su peso inicial, tiempos más largos no producen ningún efecto de hidratación adicional en el grano.

En el caso del frijol *Phaseolus Vulgaris* el remojo tiene la desventaja de extraer los pigmentos del frijol y en un producto como el frijol, el color es un atributo importante que mejora la calidad sensorial del producto. Por lo tanto algunas industrias escaldan el frijol con vapor para inactivar enzimas y mantener el color.

En el caso del *Cowpea* se desea aprovechar la propiedad hidrosoluble de los pigmentos del frijol, entre éstos las antocianinas ya que se cree que estos compuestos están relacionados con el sabor característico a tierra de este frijol. El solvente usado para la extracción tuvo un pH de 3 ya que las antocianinas son más solubles en pH ácidos.

En el frijol *Cowpea* se midió el efecto del remojo en el contenido de antocianinas después de 9, 18 y 27 horas de remojo. Como se puede ver en la gráfica 6, hubo una extracción significativa de antocianinas en las

primeras 9 horas de remojo y de 9 a 18 horas ocurre otra disminución significativa de éstos compuestos. Sin embargo después de 18 horas de remojo, el agua de remojo del Cowpea tiene espuma y un olor a fermentado. Por lo tanto se recomienda llevar el remojo del Cowpea durante 9 horas.

En comparación al frijol Cowpea el contenido de antocianinas en el grano crudo del frijol *Phaseolus Vulgaris* es significativamente menor. Con un tiempo de remojo más corto, 14 horas, el contenido de antocianinas disminuyó a valores significativamente menores al contenido de antocianinas en el frijol Cowpea después de 27 horas de remojo.

El efecto del remojo en el contenido de polifenoles se midió después de 9 horas. El contenido de polifenoles en el frijol Cowpea crudo (280.69mg catecol/100g frijol) resultó ser 1.83 veces mayor que el contenido en el frijol *Phaseolus Vulgaris* (153.32mg catecol/100g frijol). El efecto de 9 horas de remojo fue más importante en el frijol Cowpea ya que el cambio en la concentración fue mayor que en el frijol *Phaseolus Vulgaris*, pero dado que el frijol Cowpea tiene una concentración mayor de polifenoles en el grano crudo, la concentración de polifenoles después de 9 horas de remojo fue mayor.

El contenido de antocianinas en el grano crudo del frijol *Phaseolus Vulgaris* es significativamente menor al contenido del frijol Cowpea. El remojo del frijol *Phaseolus Vulgaris* se llevó a cabo durante 14 y 18 horas, en la gráfica se puede observar que entre 14 y 18 horas no hay un cambio significativo en el contenido de antocianinas. Si se compara el efecto de 18 horas de remojo entre el frijol *Phaseolus Vulgaris* y Cowpea se puede ver que el contenido de antocianinas en el frijol *Phaseolus Vulgaris* es significativamente menor (3.68mg pelargonidina/100g frijol) que en el frijol Cowpea (8.03mg pelargonidina/100g frijol), esto demuestra que los pigmentos del frijol *Phaseolus Vulgaris* son mas hidrosolubles que los del Cowpea.

La determinación de polifenoles se llevó a cabo con la prueba de Folin Ciocalteu. La extracción de la muestra se llevó con el mismo solvente utilizado para las antocianinas, en esta prueba el reactivo de Folin reacciona con todos los grupos fenólicos presentes, entre éstos: taninos, catecol, antocianinas, etc. Por lo tanto la concentración de polifenoles es mayor que la de antocianinas.

2. Efecto de la cocción. Se evaluó el efecto de la cocción en agua hirviendo para determinar el efecto que tiene la cocción a

ebullición en la extracción de compuestos polifenólicos. La ventaja de la cocción a ebullición es el intercambio activo que se da entre los pigmentos del frijol y el agua.

La concentración de polifenoles y antocianinas disminuyó significativamente en el frijol *Phaseolus Vulgaris* y *Cowpea* al aumentar el tiempo de cocción. Respecto a las antocianinas en el frijol *Cowpea* la concentración de estos compuestos mantuvo un comportamiento decreciente hasta los 20 minutos de cocción, después de 30 minutos de cocción la concentración de antocianinas tuvo una tendencia a aumentar de 2.30mg pelargonidina/100g frijol después de 20 minutos de cocción a 2.59mg pelargonidina/100g frijol después de 30 minutos de cocción. De igual forma la concentración de polifenoles en el *Cowpea* disminuyó al aumentar el tiempo de cocción. El efecto más marcado en la disminución de los polifenoles se dio después de 10 minutos de cocción y a diferencia de las antocianinas, la concentración de polifenoles mantuvo un comportamiento decreciente después de 30 minutos de cocción.

Se llevó a cabo el intercambio de agua durante la cocción del *Cowpea* después de 10 y 30 minutos de cocción, para evaluar si el intercambio de agua favorece una mayor extracción de compuestos polifenólicos. Respecto a la concentración de polifenoles y antocianinas se determinó que 30 minutos de cocción no marco una diferencia significativa al cambiar el agua durante la cocción. El intercambio de agua después de 10 minutos de cocción no favoreció un cambio significativo en la concentración de antocianinas, mientras que en la concentración de polifenoles se noto una mayor extracción de compuestos polifenólicos al intercambiar el agua durante los 10 minutos de cocción.

Se midió la concentración de polifenoles en el frijol *Cowpea* descasacarado y a pesar de que el frijol no tiene cáscara, hubo presencia de compuestos polifenólicos y la concentración fue de 33.42mg catecol/100g frijol, valor cercano a la concentración de polifenoles en el frijol *Cowpea* después de 30 minutos de cocción (38.195mg catecol/100g frijol). Esto demuestra que los compuestos polifenólicos se encuentran presentes en todo el grano y por lo tanto la mejora en el sabor del frijol se puede lograr después de 30 minutos de cocción.

En el frijol *Phaseolus Vulgaris* la concentración de antocianinas disminuyó significativamente después de 5 minutos de cocción, la concentración de antocianinas en el frijol *Phaseolus Vulgaris* después de

5 minutos de cocción fue de 1.59mg pelargonidina/100g frijol, valor que no se alcanza después de 30 minutos de cocción del frijol *Cowpea*. Esto demuestra que las antocianinas del *Cowpea* no son tan solubles como las del frijol *Phaseolus Vulgaris*. La concentración de polifenoles en el *Cowpea* disminuye al aumentar el tiempo de cocción. Después de 30 minutos de cocción la concentración de polifenoles en el frijol *Phaseolus Vulgaris* es de 23.96mg catecol/100g frijol, mientras que en el *Cowpea* es de 38.69mg catecol/100g frijol.

3. Mezcla de frijol (50:50) Para determinar la proporción en la que debe ser mezclado el *Cowpea* con el *Phaseolus Vulgaris* se inició con una mezcla 50:50.

La preparación tanto del *Cowpea* como del *Phaseolus Vulgaris* involucró una fase de 9 horas de remojo y 30 minutos de cocción en agua hirviendo.

La mezcla de frijol se preparó como de un frijol volteado ya que el aceite ayuda a mejorar el sabor del frijol. Para llevar a cabo una prueba triangular es importante que la mezcla de frijol y el frijol *Phaseolus Vulgaris* se preparen bajo las mismas condiciones, es decir, es importante que se estandarice la cantidad de sal y aceite que se deben de agregar para que la única variable a evaluar sea el sabor debido a la presencia de *Cowpea* en la mezcla de frijol.

El análisis sensorial de la prueba triangular demostró que la mezcla de frijol 50:50, no mejora el sabor de la mezcla de frijol ya que 14 de 16 panelistas identificaron como muestra diferente la mezcla de frijol.

4. Mezcla de frijol (70:30) (*Phaseolus Vulgaris*: *Cowpea* descascarado)

El *Cowpea* se caracteriza por tener una cáscara gruesa. El análisis de antocianinas y polifenoles demostró que al quitarle la cáscara al *cowpea* el contenido de éstos compuestos disminuye significativamente.

Se utilizó *Cowpea* descascarado en la mezcla de frijol. El *Cowpea* descascarado se mantuvo en remojo durante 9 horas y luego se llevó a cabo la cocción del frijol a presión. Después de llevar a cabo la cocción del frijol a presión, éste tuvo un olor bastante fuerte como a tierra, esto indica que la concentración de compuestos fenólicos en el *Cowpea* no se encuentra únicamente en la cáscara sino que se encuentra en todo el frijol.

La mezcla de frijoles se preparó en una relación de *Phaseolus Vulgaris* y *Cowpea* (70:30), la idea inicial era preparar la mezcla de frijol

en una relación 50:50 pero se tuvo que aumentar la proporción de *Phaseolus Vulgaris* ya que la mezcla tenía una coloración muy pálida que no es propia de un frijol negro.

La preparación del frijol volteado que involucra la adición de aceite y sal de ajo y cebolla se mantuvo uniforme tanto en la preparación de la mezcla de frijol como en el frijol *Phaseolus Vulgaris*.

La evaluación sensorial se llevó a cabo con 18 panelistas, de los cuales 9 eran estudiantes y 9 conserjes de la Universidad del Valle.

Los resultados de la evaluación sensorial demostraron en el caso de la prueba triangular que la mayoría de los panelistas identificaron la mezcla de frijol, sin embargo a pesar que la mezcla no logra el sabor del frijol *Phaseolus Vulgaris*, los comentarios de los panelistas demostraron que el sabor de la mezcla era más intenso y que no era desagradable. Dentro del grupo de 16 personas que identificaron la mezcla de frijol, 4 personas comentaron un desagrado hacia el sabor de la mezcla de frijol. Estas 4 personas eran estudiantes de la Universidad que probablemente no tienen dentro de sus hábitos alimenticios el consumo diario de frijol y por lo tanto son más discriminativas hacia el sabor del frijol.

El frijol es un producto arraigado culturalmente, es decir cualquier familia aunque no consuma frijol diariamente lo acompaña de manera eventual en algún tiempo de comida. Por lo tanto el desarrollo de un producto de frijol debe buscar la aceptación sensorial de cualquier clase económica social de la población.

Se llevó a cabo un perfil descriptivo de la mezcla de frijol, en el perfil se evaluó el color, la textura, el punto de sal y el sabor de la mezcla de frijol.

Estas características se evaluaron en una escala de 10 puntos, en donde "0" representa los valores ideales de la mezcla, es decir, color negro propio de un frijol, textura suave agradable, sal en el punto exacto y sabor agradable de la mezcla y 10 representa lo opuesto.

El perfil descriptivo demostró que la característica menos favorecida fue el color, el cual tuvo un valor promedio de 6.12, es decir el color tuvo una tendencia mas a grisáceo que a un color negro propio de un frijol. La textura tuvo un valor promedio de 5.02, en donde se comentó que la textura se siente muy seca. Los valores que tuvieron valores cercanos a los ideales fueron la sal y el sabor.

El descascarado demostró mejorar el sabor de la mezcla de frijol, sin embargo desde el punto de vista económico el descascarado disminuye el rendimiento del frijol ya que para un mismo peso de frijol se requiere aumentar la proporción de frijol. Desde el punto de vista nutricional el descascarado disminuye el contenido de fibra del frijol, lo cual como es sabido, un alto contenido de fibra en la dieta mejora el funcionamiento del colon y en el caso de las personas diabéticas el contenido de fibra favorece la liberación lenta de los azúcares del frijol por lo cual el frijol es un alimento recomendado para las personas diabéticas ya que ayuda a mantener los niveles de azúcar bajos en la sangre. Desde el punto de vista sensorial el descascarado del Cowpea disminuye el color de la mezcla de frijol, lo cual en un producto como el frijol, el color negro constituye un factor importante en la aceptabilidad del producto. Por lo tanto se considera importante buscar el tratamiento adecuado que se le debe dar al Cowpea para mejorar su sabor sin tener que llevar a cabo el proceso de descascarado.

5. Mezcla de frijol (70:30) (*Phaseolus Vulgaris*: Cowpea). El análisis de antocianinas y polifenoles demostró que el remojo y la cocción en agua hirviendo favorece la extracción de éstos compuestos. Por lo tanto el procesamiento del Cowpea involucró un tiempo de remojo de 9 horas y 30 minutos de cocción en agua hirviendo posteriormente se llevó a cabo la cocción del frijol bajo condiciones de presión. En la preparación del volteado del frijol se aumentó la proporción de aceite. El aumento en la proporción de aceite se calculó en base a la cantidad de aceite que lleva incorporado el frijol volteado enlatado que se vende comercialmente.

Los resultados de la prueba triangular demostraron que el proceso de remojo y cocción en agua hirviendo durante 30 minutos mejora significativamente el sabor de la mezcla de frijol ya que 5 de 11 panelistas identificaron la mezcla de frijol, y a pesar de que el sabor de la mezcla sigue teniendo ciertas diferencias en el sabor propio del frijol, el proceso que se le dio al frijol Cowpea previo a la cocción y el aumento en la adición de aceite durante el volteado del frijol fueron factores que ayudaron a mejorar el sabor de la mezcla de frijol. La mayoría de los panelistas que identificaron la mezcla de frijol indicaron que su sabor es agradable. Sin embargo se comentó que la mezcla de frijol tiene una textura muy seca, por lo tanto se considera importante disminuir el tiempo de volteo del frijol.

Se llevó a cabo un perfil descriptivo de dos mezclas de frijol (70:30) a base de *Phaseolus Vulgaris*, Cowpea entero y Cowpea descascarado.

Éste perfil descriptivo se llevó a cabo con el objetivo de comparar las características sensoriales de estas mezclas de frijol. En el perfil descriptivo se evaluaron características de la mezcla de frijol como: color, olor, sabor, sal, condimentos y especias. En general, como se puede observar en la gráfica 11, las características evaluadas tuvieron valores cercanos promedio. Respecto al color la mezcla de frijol a base de Cowpea sin cáscara tuvo un valor promedio mas alto que la mezcla de frijol a base de cowpea entero, es decir el color tuvo una tendencia hacia el gris, lo cual para un frijol negro, el color debería haber tenido valores cercanos al "0" en donde según la escala evaluada representa el color negro. El olor se evaluó en una escala que va de "0" que representa un olor suave hasta "8" que representa un olor fuerte propio del frijol Cowpea. En la gráfica 11 se puede observar que la mezcla de frijol a base de Cowpea sin cáscara tuvo un olor más fuerte propio del Cowpea. El sabor se evaluó desde agradable representado por el "0" hasta desagradable representado por el "8". En la gráfica se puede observar que la mezcla de frijol a base de Cowpea con cáscara tuvo un sabor menos parecido al sabor característico del frijol *Phaseolus Vulgaris*, por lo tanto con una tendencia hacia el parámetro de sabor desagradable. A pesar que la preparación de los frijoles se trató de llevar a cabo bajo el mismo procedimiento los panelistas percibieron la mezcla de frijol a base de Cowpea entero más desabrido, pero con respecto a los condimentos y especias sus valores estuvieron muy parecidos.

El perfil descriptivo demostró que a pesar que la mezcla de frijol a base de Cowpea descascarado tuvo valores mas cercanos a los valores ideales respecto al sabor propio de un frijol, sus valores no fueron significativamente diferentes a los de la mezcla de frijol a base de Cowpea entero. Los resultados del perfil descriptivo comprobaron que el descascarado del Cowpea no mejora significativamente el sabor de la mezcla de frijol y, por lo tanto, la preparación de la mezcla a base de Cowpea entero debe mejorarse aumentando la concentración de sal y se considera importante aumentar la cantidad de agua durante la molienda del frijol para obtener un frijol mas suave y con mejor textura después de llevar a cabo el proceso de volteo del frijol.

V. PROCESAMIENTO DE UNA MEZCLA DE FRIJOL

A. Justificación

Actualmente la industria de alimentos tiene como objetivo ofrecerle al consumidor alimentos de rápido consumo que faciliten el trabajo del ama de casa. Los frijoles enlatados son de los productos que ha tenido una gran demanda por los consumidores y esto ha promovido el desarrollo de la industria de alimentos tanto en la búsqueda de formas más rápidas de proceso como empaques creativos que faciliten el uso del producto por el consumidor.

La mayoría de empresas en Guatemala que procesan frijoles importan el frijol ya que los productores nacionales no pueden ofrecer precios competitivos.

La variedad Icta Ligero del frijol *Phaseolus Vulgaris* es una variedad mejorada por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), ésta ha mostrado rendimientos experimentales hasta de 2.59 toneladas métricas por hectárea, con un promedio de 1.66 Tm. A nivel comercial el rendimiento varía entre 20 y 30 quintales por manzana, en condiciones adecuadas de humedad y en monocultivo. (García Gerber, 2002)

El frijol Cowpea se caracteriza por tener una resistencia alta a la sequía, el rendimiento promedio de este frijol varía entre 8 a 25 quintales por manzana. En este estudio se trabajó con la variedad de frijol negro del Cowpea llamada Perunchín Negro, según el trabajo de tesis del Ingeniero Gerber: *Informe preliminar de resultados de la evaluación de 12 cultivares de Cowpea (Vigna Unguiculata L.) para su utilización como cultivos de cobertura*, el frijol Perunchín Negro ha demostrado rendimientos de 11.5qq/manzana aunque su rendimiento en grano es bajo respecto a variedades de frijol precoces como el Icta Ligero, habría que evaluar las diferentes condiciones ambientales en la que los dos cultivos pueden adaptarse así como los costos de importación del frijol Cowpea de lugares como Estados Unidos o África, en donde la producción de éste frijol es más común, para poder encontrar alguna ventaja económica y, por lo tanto, se pueda favorecer el procesamiento industrial del frijol Cowpea en mezclas con el frijol *Phaseolus Vulgaris*.

Además de las posibles ventajas económicas que pueda tener la introducción del Cowpea en mezclas con el frijol *Phaseolus Vulgaris*; por su contenido de proteína mayor que el *Phaseolus Vulgaris*, la introducción de Cowpea en mezclas con el frijol *Phaseolus Vulgaris*

puede mejorar la calidad nutricional de un plato principal en las dietas de las familias.

B. OBJETIVOS

1. **General.** Procesar una harina de frijol y un frijol volteado enlatado con la mezcla de frijol 70% *Phaseolus Vulgaris* con 30% *Cowpea* entero.
2. **Específicos.**
 - Aplicar el método de fórmula en el proceso de enlatado para lograr un producto con una esterilidad comercial.
 - Calcular el % de rendimiento para procesar una harina de frijol.
 - Determinar la calidad nutricional de los productos del frijol obtenidos a través de un proceso de enlatado y de un proceso de deshidratado.

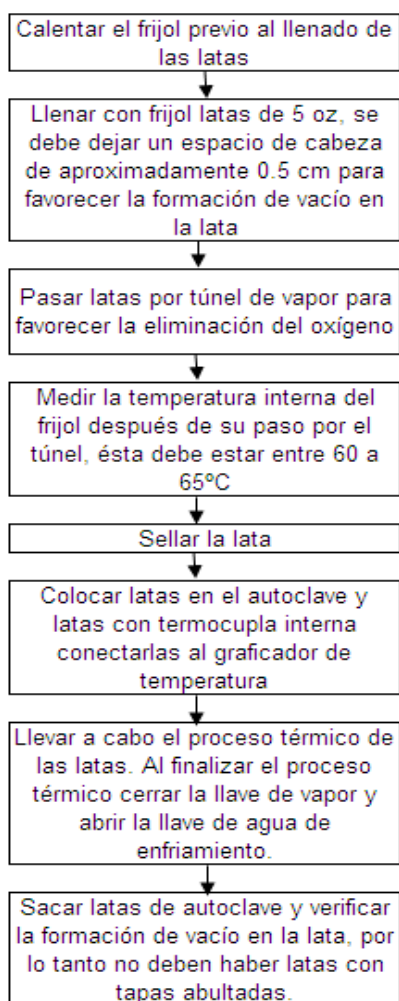
C. HIPÓTESIS

1. **De investigación.** El contenido de macronutrientes de los productos de las mezclas de frijol obtenidas a través de un proceso de enlatado y deshidratado tiene valores significativamente más altos que el contenido de macronutrientes de los productos del frijol *Phaseolus Vulgaris*.

2. **Nula.** El contenido de macronutrientes de los productos de las mezclas de frijol obtenidas a través de un proceso de enlatado y deshidratado no tiene valores significativamente más altos que el contenido de macronutrientes de los productos del frijol *Phaseolus Vulgaris*.

D. MATERIALES Y MÉTODOS

1. **Procesamiento de la mezcla de frijol 70:30 (*Phaseolus Vulgaris*: *Cowpea*).** El frijol preparado con el procedimiento de la **gráfica#4**, se enlato. Para llevar a cabo el enlatado se siguió el procedimiento que a continuación se detalla:

Gráfica 14. Procedimiento para enlatar el frijol

a. Análisis proximal del frijol enlatado. Se llevó a cabo el análisis proximal del frijol frito enlatado, utilizando los métodos que se llevaron a cabo para determinar la composición proximal de la materia prima.

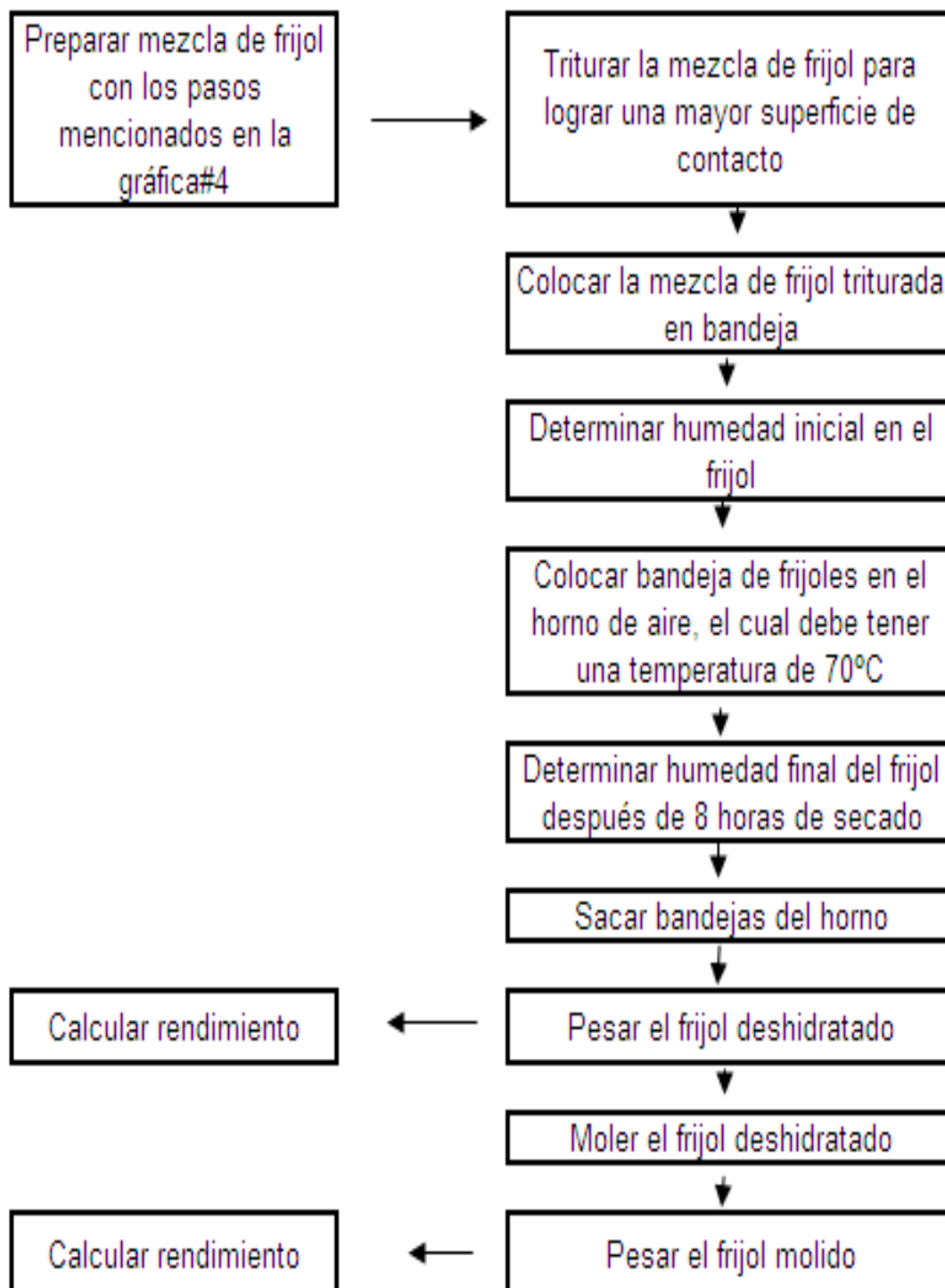
Se calculó la energía metabolizable del frijol enlatado con los coeficientes calculados por Atwater.

Cuadro 24. Coeficientes de Atwater para calculos de la energía metabolizable

Micronutriente	Coeficiente de Atwater	
	Kcal	KJ
Proteína	4.05	16.9
Lípidos brutos	8.37	35
Glúcidos totales	4.12	17.2

2. Elaboración de dos harinas de frijol: *Phaseolus Vulgaris* y *Cowpea* (70:30).

Gráfica 15. Pasos para preparar harina de frijol



La preparación de la harina de frijol a base de Phaseolus Vulgaris, se realizó bajo las mismas condiciones.

a. Análisis proximal de las harinas de frijol. Se llevó a cabo el análisis proximal de las harinas de frijol, utilizando los métodos que se llevaron a cabo para determinar la composición proximal de la materia prima.

Se calculó la energía metabolizable de las harinas de frijol mediante el uso de los coeficientes de Atwater.

E. DISEÑO EXPERIMENTAL

1. Proceso térmico del frijol enlatado. El cálculo del proceso térmico, se llevó a cabo por el método de fórmula y para ello se resolvió la siguiente ecuación:

$$B = f_h (\text{Log } JI - \text{Log } g)$$

En donde:

B = Tiempo en minutos necesario para obtener la esterilización comercial del producto a 250°F.

f_h = Es la pendiente de la curva de calentamiento del producto. Este dato se saca de la curva y es el tiempo en minutos requeridos para atravesar un ciclo logaritmico.

J I= Temperatura pseudo inicial. Se obtiene restando la temperatura para el cero corregido del proceso de la temperatura del autoclave.

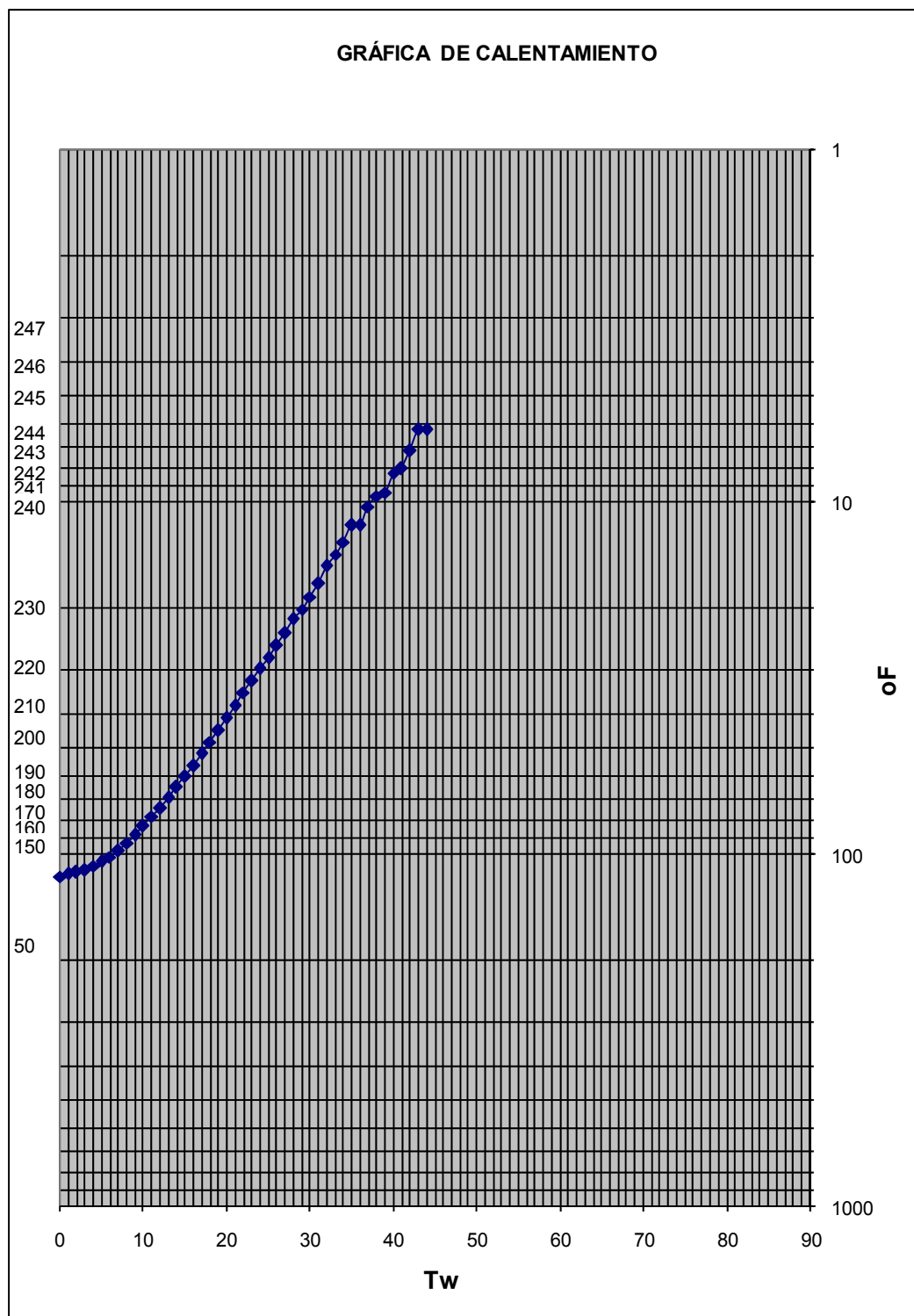
Cero corregido = Se obtiene de multiplicar el tiempo en que el autoclave llega a temperatura por 0.58.

I = Es la diferencia entre la temperatura de referencia (250°F) y la temperatura inicial del producto

F. RESULTADOS

1. Proceso térmico del frijol enlatado

Gráfica 16. Temperatura interna del frijol enlatado en la fase de calentamiento



Cuadro 25. Información requerida para llevar a cabo el cálculo de la penetración de calor

Producto	Pasta de frijol
Tamaño de recipiente	Latas de 5oz.
Temperatura de operación (°F)	250
Hora en que se abrió el vapor	2:21 (P.M.)
Hora en que se cortó el vapor	2:26 (P.M.)
Hora en que el autoclave llega a temperatura de operación	2:32 (P.M.)
Hora inicio de evacuación de aire	2:21 (P.M.)
Hora fin de evacuación de aire	2:26 (P.M.)
Tiempo de evacuación de aire	5 minutos
C.U.T (Tiempo requerido para llegar a temperatura de operación)	11 minutos
Hora en que se abrió la válvula de agua de enfriamiento	3:07 (P.M.)
Hora de cierre de agua	3:44 (P.M.)
Temperatura inicial del producto (°F)	134.62
pH del frijol	6

Cuadro 26. Aplicación del método de fórmula para determinar el tiempo requerido para esterilizar el frijol enlatado

Diseño del proceso térmico	Aplicación del método de fórmula $B = f_h (\text{Log } JI - \text{Log } g)$
Lograr la destrucción de 12 ciclos de <i>Cl. Botulinum</i>	35.625 minutos

b. Análisis próximo del frijol enlatado

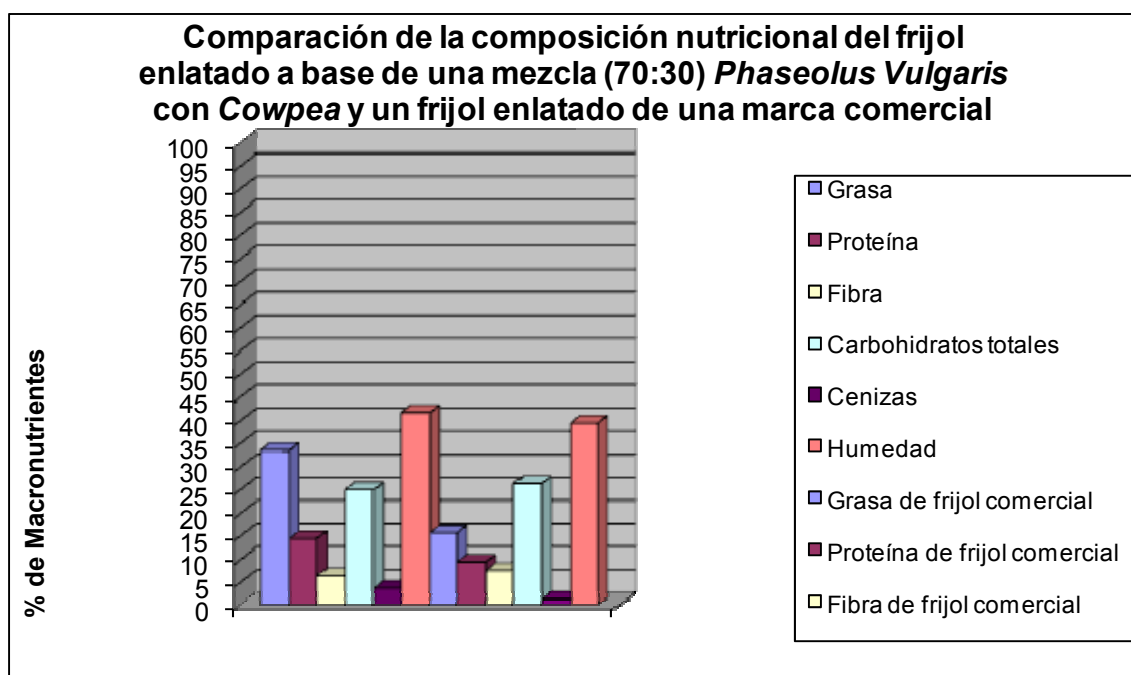
Cuadro 27. Composición nutricional del frijol enlatado a base de *Phaseolus Vulgaris* y *Cowpea* (70:30)

Micronutriente	g/100 g	Kcal	KJ
Grasa	33.52	280.54	1173.12
Proteína	14.46	58.55	244.30
Fibra	6.46	26.62	111.12
Carbohidratos totales	25	109.36	456.56
Cenizas	3.76		
Humedad	41.81		
Energía metabolizable total		475.07	1985.10

Cuadro 28. Composición nutricional de un frijol enlatado comercial

Micronutriente	g/100 g	Kcal	KJ
Grasa	15.72	131.58	550.20
Proteína	9.53	38.60	161.06
Fibra	7.66	31.56	131.75
Carbohidratos totales	26.35	108.56	453.22
Cenizas	1.24		
Humedad	39.5		
Energía metabolizable total		310.29	1296.23

Gráfica 17. Comparación de la composición nutricional del frijol enlatado a base de una mezcla de frijol (70:30) *Phaseolus Vulgaris* con *Cowpea* y un frijol enlatado de una marca comercial



2. Elaboración de Harinas de frijol: Cálculo del rendimiento

Cuadro 29. Rendimiento del grano de frijol cocido

Materia prima cruda	Peso inicial de materia prima cruda	Peso del grano después de 9 horas de remojo	% de aumento de peso después de 9 horas de remojo	Peso del grano después de la cocción	% de aumento de peso sobre el grano crudo después de la cocción
<i>Cowpea</i>	141.4	298.1	2.11	352.2	2.49
<i>Phaseolus Vulgaris</i>	961.2	1962.7	2.04	2252.9	2.34

Cuadro 30. Rendimiento de la harina de frijol

Materia prima cocida	Peso de materia prima cocida	% de humedad inicial en el frijol cocido	Peso de harina de frijol	% de rendimiento de la harina de frijol sobre el peso inicial de frijol cocido
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> (70:30)	1174	67.70	371.6	31.65
<i>Phaseolus Vulgaris</i>	1431.1	70.93	359.4	25.11

a. Composición nutricional de las harinas de frijol

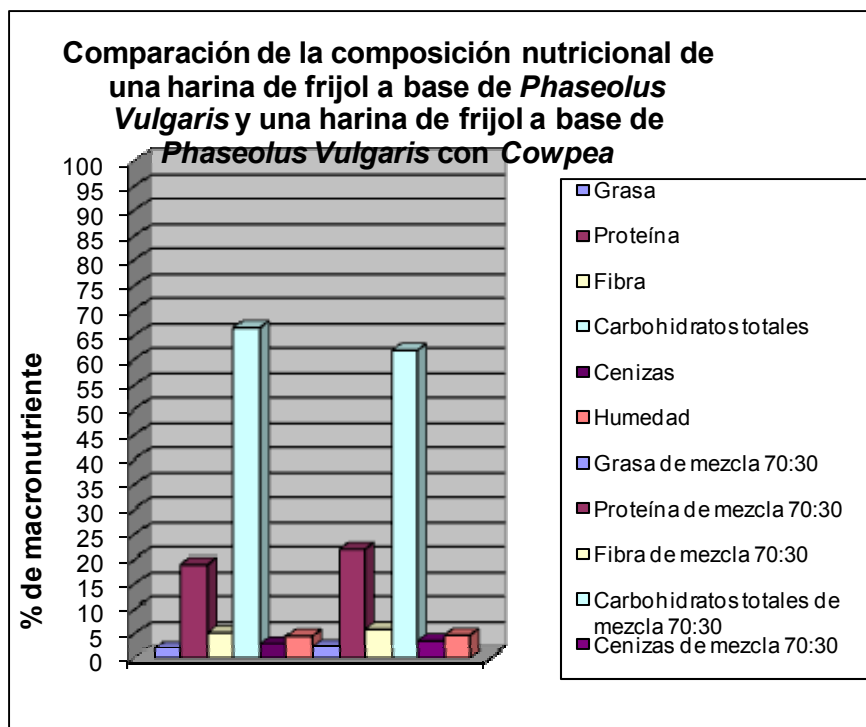
Cuadro 31. Composición nutricional de la harina a base de frijol *Phaseolus Vulgaris*

Micronutriente	g/100 g	Kcal	KJ
Grasa	1.84	15.36	64.24
Proteína	19.02	77.04	321.47
Fibra	5.21	21.46	89.57
Carbohidratos totales	66.61	274.45	1145.76
Cenizas	2.82		
Humedad	4.5		
Energía metabolizable total		388.31	1621.04

Cuadro 32. Composición nutricional de la harina a base de la mezcla de frijol *Phaseolus Vulgaris* + *Cowpea* (70:30)

Micronutriente	g/100 g	Kcal	KJ
Grasa	2.22	18.55	77.57
Proteína	21.85	88.49	369.26
Fibra	5.91	24.33	101.58
Carbohidratos totales	61.88	254.93	1064.28
Cenizas	3.48		
Humedad	4.67		
Energía metabolizable total		386.30	1612.68

Gráfica 18. Comparación de la composición nutricional de la harina de frijol *Phaseolus Vulgaris* con la harina de frijol a base de una mezcla (70:30) *Phaseolus Vulgaris* con *Cowpea*



G. DISCUSIÓN

1. Preparación de un frijol volteado enlatado. El proceso de enlatado involucró el paso de las latas por un túnel de vapor para eliminar el aire y aumentar la temperatura de calentamiento en el interior de la lata. Se midió la temperatura en el interior de la lata en la salida del túnel de vapor, es importante que las latas inicien el proceso de esterilización comercial con una temperatura alta para que la diferencia de temperatura entre el interior de la lata y el autoclave sea pequeña y de ésta forma la lata puede alcanzar la temperatura del autoclave en menos tiempo y el proceso resulta más efectivo.

Para calcular el proceso térmico de un alimento es importante conocer la temperatura de calentamiento en el interior de alimento, por lo que se colocaron termopares en el interior de la lata para poder reportar la temperatura de calentamiento. Las 5 latas con sus respectivos termopares se colocaron en el autoclave y se dejaron 2 termopares sueltos, los cuales fueron colocados en diferentes secciones del autoclave, para poder reportar la temperatura del vapor.

El autoclave se cerró y se ajustaron las llaves de cierre, se abrieron las válvulas de vapor para eliminar el aire presente en el autoclave. Es importante eliminar el aire interno del autoclave para que el proceso de calentamiento pueda alcanzar las temperaturas de esterilización deseadas. Después de que se eliminó el aire, se cerró una de las válvulas de entrada de vapor y se anotó el tiempo en que el autoclave llegó a la temperatura de operación de 121°C.

Después de llevar a cabo el proceso de calentamiento, se abrió la válvula de entrada de agua, para enfriar las latas. La etapa de enfriamiento es importante en un proceso de esterilización comercial para disminuir la temperatura y de ésta forma evitar una sobrecocción en el interior de las latas.

El proceso térmico se calculó con las temperaturas que fueron reportadas por los termopares, las cuales fueron graficadas. El proceso térmico se calculó en base a la temperatura mas baja de todo el proceso. Para poder hacer las lecturas de temperatura en la gráfica se hicieron algunos ajustes en la gráfica. En la escala de tiempo se hizo la relación de que 1.2 cm equivale a 1 minuto y la escala de temperatura se corrigió con base a que cada línea vertical equivale a 1.3°C.

Para calcular el proceso térmico con el método de fórmula, se graficaron las temperaturas en una escala de papel logarítmico. Con la gráfica se pudo calcular la temperatura del cero corregido del proceso y el f_h . El proceso térmico se calculó para un F_0 de 3.72 minutos, que es el tiempo requerido para reducir 12 ciclos de Cl. Botulinum. Los resultados por el método de fórmula dieron un tiempo de procesamiento óptimo de 35.6 minutos. El proceso realizado tuvo un tiempo de calentamiento de aproximadamente 44 minutos, por lo tanto se debe ajustar el tiempo de corte del vapor para no sobreprocesar el frijol.

La información nutricional es sumamente importante en un producto, por lo tanto se realizó un análisis proximal del frijol enlatado. Los resultados demostraron que el contenido de proteína disminuye en el proceso de fritura, desde un 21.85% en una harina a base de la mezcla de frijoles en donde el único proceso térmico ha sido la cocción en autoclave hasta un 15.72 en el frijol frito, esto se debe a que en el proceso de fritura se trabaja con temperaturas de cocción elevadas en donde se destruye la proteína. Para lograr el sabor característico de un frijol frito se debe aumentar el contenido de grasa del frijol, por lo tanto el contenido de éste fue del 33%. El aumento en el contenido de grasa promueve una disminución porcentual del contenido de carbohidratos.

El contenido nutricional del frijol enlatado se comparó con el contenido nutricional de un frijol de una marca comercial, los cambios mas significativos se dieron en el contenido de grasa, en donde el frijol enlatado a base de la mezcla de frijol tuvo un contenido mayor. Otro cambio significativo fue el contenido de proteína en donde el frijol enlatado a base de la mezcla de frijol tuvo un mayor porcentaje de proteína. El % mayor de proteína se debe al aporte de proteína del frijol Cowpea.

2. Preparación de harinas de frijol. Las harinas de frijol se prepararon con el fin de tener diferentes posibilidades de consumo de la mezcla de frijol; es decir, como un frijol frito con alto contenido de grasa, o como un frijol sazonado al gusto a base de una harina de frijol.

Para preparar una harina es importante calcular los rendimientos del frijol en las diferentes etapas del proceso. El frijol tiene la ventaja de hidratarse y por lo tanto aumenta de peso en la etapa de remojo y cocción. El aumento significativo de peso ocurre en la etapa de remojo, en donde el frijol Cowpea aumenta 2.11 veces su peso inicial, mientras que el frijol *Phaseolus Vulgaris* 2.04 . Después de la cocción el aumento de peso del frijol Cowpea es de 0.38 veces el peso del grano después de remojado, mientras que el frijol *Phaseolus Vulgaris* 0.30.

Para preparar las harinas de frijol los granos fueron cocinados en autoclave, posteriormente se removió el agua de cocción y se elaboró la mezcla de frijol. Los frijoles fueron triturados para aumentar la superficie de secado del frijol y disminuir el tiempo de secado.

El rendimiento final de las harinas de frijol fue de aproximadamente el 30%, es decir, en el proceso de secado la humedad que se pierde disminuye el rendimiento final del producto.

Se llevó a cabo el análisis nutricional de las harinas de frijol, como se puede ver en las gráficas, no hay diferencias significativamente diferentes en el contenido de macronutrientes. Respecto a la proteína la harina a base de las mezclas de frijol tuvo un contenido mayor lo cual se debe al aporte de proteína del Cowpea.

VI. ANÁLISIS BIOLÓGICO DE LA MEZCLA DE FRIJOL

A. Justificación

El frijol constituye una fuente importante de proteína en las dietas de las poblaciones. Su importancia alimenticia se debe al menor costo de su proteína en relación con la proteína de origen animal. El atributo nutricional más importante de las leguminosas es su efecto suplementario sobre las dietas compuestas por cereales, pero dicho efecto está limitado por la deficiencia de aminoácidos azufrados y por los llamados factores antinutricionales.

El Cowpea pertenece a la familia de leguminosas, por lo tanto se caracteriza por ser una fuente importante de proteína. Debido a la importancia del frijol en la dieta de la población se desea evaluar la calidad nutricional de dos mezclas de frijol 70:30 (*Phaseolus Vulgaris*: Cowpea entero y Cowpea descascarado)

B. OBJETIVOS

1. **General.** Determinar la calidad nutricional de dos mezclas de frijol a base de *Phaseolus Vulgaris* y Cowpea.
2. **Específicos.**
 - Determinar la digestibilidad de dos mezclas de frijol a base de *Phaseolus Vulgaris* y Cowpea entero y descascarado, comparar ésta digestibilidad con la del frijol *Phaseolus Vulgaris*.
 - Determinar la razón proteica neta (NPR) de dos mezclas de frijol a base de *Phaseolus Vulgaris* y Cowpea entero y descascarado, comparar éste valor con el del frijol *Phaseolus Vulgaris*.

C. HIPÓTESIS

1. **De investigación.** La adición de 30% de Cowpea ya sea entero o descascarado al frijol *Phaseolus Vulgaris* mejora su calidad nutricional.
2. **Nula.** La adición de 30% de Cowpea ya sea entero o descascarado al frijol *Phaseolus Vulgaris* no mejora su calidad nutricional.

D. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Preparación de las dietas. Previo al inicio del estudio biológico se llevó a cabo la preparación de las dietas, para esto se determinó el contenido de proteína de las harinas de frijol. Con base al contenido de proteína se calculó la cantidad que se debía agregar de almidón, vitaminas y minerales para lograr un 10% de proteína en cada una de las mezclas.

El estudio se llevó a cabo durante 15 días por lo tanto se prepararon 1600g de mezcla para cada dieta, para tener alimento suficiente para los grupos de rata de cada dieta.

La proporción final de ingredientes para preparar 1600g de mezcla para cada dieta fue la siguiente:

Cuadro 33. Preparación de dieta para llevar a cabo estudio biológico

INGREDIENTES	DIETA				
	<i>Phaseolus Vulgaris</i>	<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero	<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara	Caseína	Dieta libre de nitrógeno
<i>Phaseolus Vulgaris</i>	871.04				
70% <i>Phaseolus Vulgaris</i> + 30% <i>Cowpea</i> entero		828.16			
70% <i>Phaseolus Vulgaris</i> + 30% <i>Cowpea</i> sin cáscara			836		
Caseína				176	
Minerales	64	64	64	64	64
Aceite	80	80	80	80	80
Vitaminas	16	16	16	16	16
Almidón	568.16	611.84	604	1264	1440
PESO TOTAL	1600	1600	1600	1600	1600

El estudio biológico se llevó a cabo durante dos semanas para poder determinar el NPR y la digestibilidad de cada una de las dietas.

2. Determinación del NPR de las dietas

Para poder calcular la razón protéica neta (NPR) de cada dieta, fue necesario llevar a cabo el estudio durante dos semanas. En éstas dos semanas se reportó el alimento total consumido, para esto fue necesario tomar en cuenta el alimento que las ratas descartan y de ésta forma se

pudo contabilizar el alimento total consumido. Las ratas fueron pesadas cada ocho días y al finalizar el estudio se tomo en cuenta el aumento de peso de las dos semanas.

EL NPR o coeficiente de eficacia protéica se refiere específicamente a la eficacia nitrogenada; la ganancia de peso del animal se debe a este único factor en condiciones de dietas isoprotéicas con una mezcla completa y equilibrada de todos los nutrientes salvo el que es objeto de medida, que en el estudio a llevar a cabo es la proteína:

$$\text{NPR} = \frac{\text{ganancia de peso (g)}}{\text{Proteína ingerida (g)}}$$

(Jean Adrian, *et.al*, 2000)

3. Determinación de la DIGESTIBILIDAD de las dietas. Para determinar la digestibilidad de las dietas se recolectó las heces de los machos de cada grupo durante la segunda semana del estudio.

Las fórmulas de la digestibilidad aparente (Dap) y de la digestibilidad real (Dr) son las siguientes:

$$\text{Dap} = \frac{\text{ingesta} - \text{fecal}}{\text{Ingesta}} * 100$$

$$\text{Dr} = \frac{\text{ingesta} - (\text{fecal}_{\text{total}} - \text{fecal}_{\text{endógeno}})}{\text{Ingesta}} * 100$$

(Jean Adrian, *et.al*, 2000)

E. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para llevar a cabo el estudio biológico se utilizaron ratas de 28 días de edad provenientes de la colonia animal del Incap. Cada grupo incluía 8 ratas, 4 machos y 4 hembras, las cuales fueron alojadas en jaulas individuales de tela metálica. Para la distribución de las ratas en cada grupo se utilizó un diseño completamente aleatorizado.

Se utilizaron 5 grupos de ratas para poder evaluar 5 dietas. Las dietas fueron preparadas de tal forma que cada una tuviera 10% de proteína y una mezcla similar de vitaminas y minerales. El grupo control fue la dieta a base de caseína. La regla fundamental fue la preparación de dietas isonitrogenadas para que la única variable entre la dieta testigo (caseína) y las raciones experimentales, fuera la naturaleza de las proteínas. Todas las dietas deben ser completas y equilibradas, y contener un exceso de todos los nutrientes, salvo el que es objeto de medida. En el caso que se evalúe la calidad de las proteínas en las dietas lo habitual es que el porcentaje de proteína sea el 10%, para que el aporte protéico sea ligeramente inferior a las necesidades del animal y así evidenciar mejor las diferencias entre las dietas.

Se utilizó una dieta libre de nitrógeno para comparar el efecto de una dieta sin los requerimientos protéicos que el cuerpo requiere y poder calcular la digestibilidad verdadera y el NPR.

El estudio biológico tuvo una duración de dos semanas. Las ratas se pesaron cada siete días y se llevó también un registro del consumo de alimento.

En la primera semana las ratas de cada grupo recibieron 100g de alimento. Durante las dos semanas se recolectó cada dos días la cantidad de alimento desechado por la rata para poder determinar al finalizar cada semana la cantidad total de alimento ingerido.

En el quinto día se notó que las ratas procedentes de la dieta de caseína ingerían mas alimento y por lo tanto se agregó 20 gramos mas de alimento, por lo tanto en la segunda semana del estudio se agregó 120g de alimento, mientras que en las demás dietas se colocó 100g de alimento.

Al finalizar el estudio se calculó la digestibilidad y el NPR de cada una de las dietas. Se llevó a cabo un análisis de varianza para determinar si hay diferencia significativa en los valores de digestibilidad y NPR, así como en los valores de proteína ingerida y aumento en peso de cada una de las dietas. Después de llevar a cabo el análisis de varianza se hizo la prueba de Duncan para determinar entre qué dietas hay diferencia significativa.

F. RESULTADOS

Cuadro 34. Parámetros evaluados en el estudio biológico

Tratamiento	Aumento en peso promedio (g)	Alimento consumido promedio (g)	Proteína ingerida promedio (g)	NPR promedio	NPR relativo	Digestibilidad promedio
<i>Phaseolus Vulgaris</i>	33	145.625	8.39	2.57	0.77	66.36
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + 30% <i>Cowpea</i> entero	39.75	143.325	8.96	2.86	0.85	66.39
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + 30% <i>Cowpea</i> sin cáscara	46.25	164.125	10.27	2.81	0.84	70.10
Caseína	63.5	205.75	11.14	3.36	1	94.49
Dieta libre de nitrógeno	-6.875	73.125	0.20			50.02

Cuadro 35. Determinación de las dietas que resultaron significativamente diferentes en los valores de digestibilidad

Comparación entre dietas para los valores de digestibilidad	Diferencia significativa entre dietas	
	SÍ	NO
Caseína y <i>Phaseolus Vulgaris</i>	X	
Caseína y <i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i> entero	X	
Caseína y <i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i> sin cáscara	X	

Cuadro 35. Continuación... Determinación de las dietas que resultaron significativamente diferentes en los valores de digestibilidad

Comparación entre dietas para los valores de digestibilidad	Las dietas comparadas son significativamente diferentes	
	SÍ	NO
<i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i> sin cáscara y <i>Phaseolus Vulgaris</i>		x
<i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i> sin cáscara y <i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i> entero		x
<i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i> entero y <i>Phaseolus Vulgaris</i>		x

Cuadro 36. Determinación de las dietas que resultaron significativamente diferentes en los valores de NPR

Dietas a comparar	Las dietas comparadas son significativamente diferentes	
	SÍ	NO
Caseína y <i>Phaseolus Vulgaris</i>	x	
Caseína y <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara	x	
Caseína y <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero	x	
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero con <i>Phaseolus Vulgaris</i>		x
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara		x
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara con <i>Phaseolus Vulgaris</i>		X

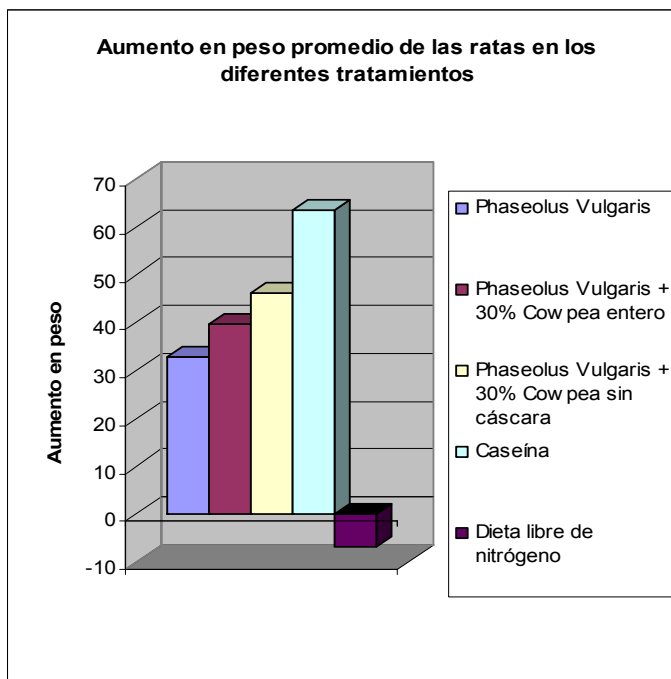
Cuadro 37. Determinación de las dietas que resultaron significativamente diferentes en los valores de Aumento en peso de las ratas

Dietas a comparar	Las dietas comparadas son significativamente diferentes	
	SÍ	NO
Caseína con <i>Phaseolus Vulgaris</i>	x	
Caseína con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero	x	
Caseína con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara	x	
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara con <i>Phaseolus Vulgaris</i>	x	
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero		x
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero con <i>Phaseolus Vulgaris</i>		x

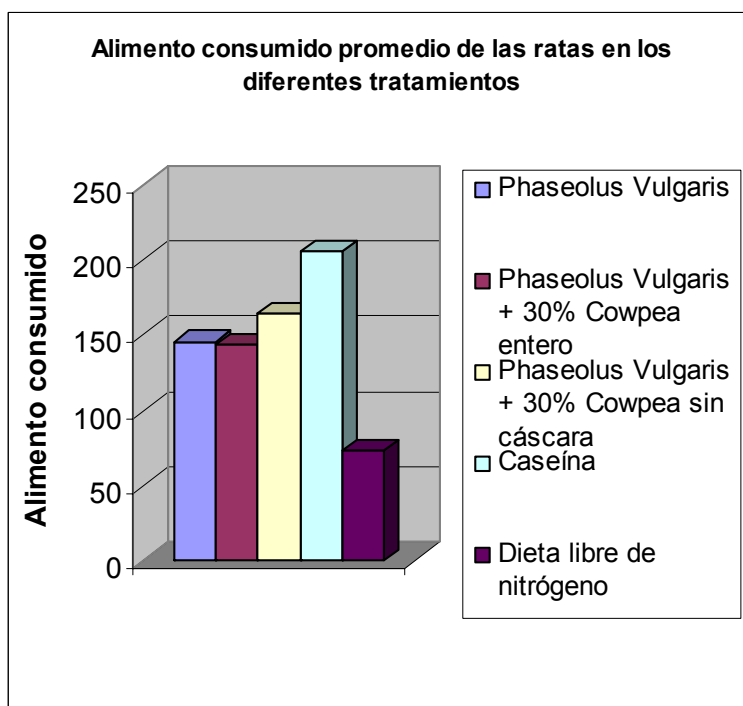
Cuadro 38. Determinación de las dietas que resultaron significativamente diferentes en los valores de Proteína ingerida

Dietas a comparar	Las dietas comparadas son significativamente diferentes	
	SÍ	NO
Caseína con <i>Phaseolus Vulgaris</i>	x	
Caseína con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero	x	
Caseína con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara	x	
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara con <i>Phaseolus Vulgaris</i>	x	
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero	x	
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero con <i>Phaseolus Vulgaris</i>		x

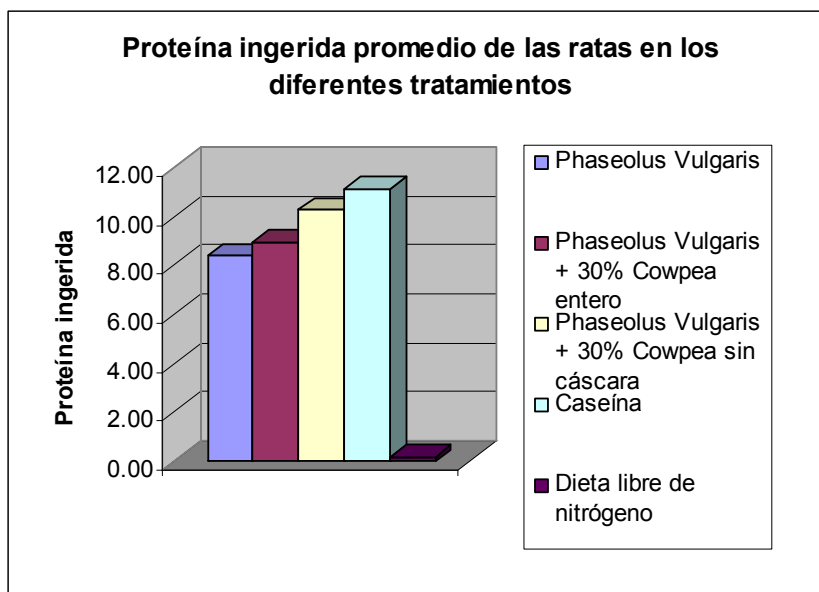
Gráfica 19. Aumento en peso promedio de las ratas en los diferentes tratamientos



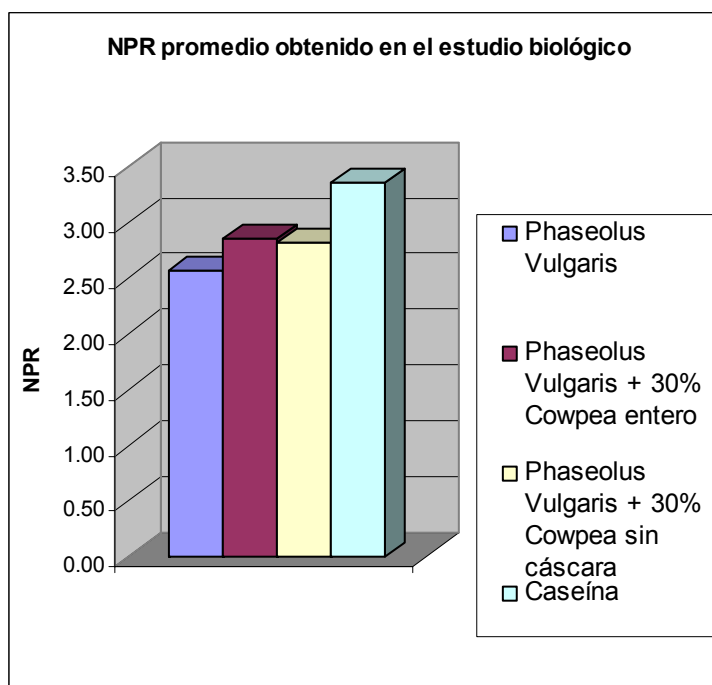
Gráfica 20. Alimento consumido promedio de las ratas en las diferentes dietas.



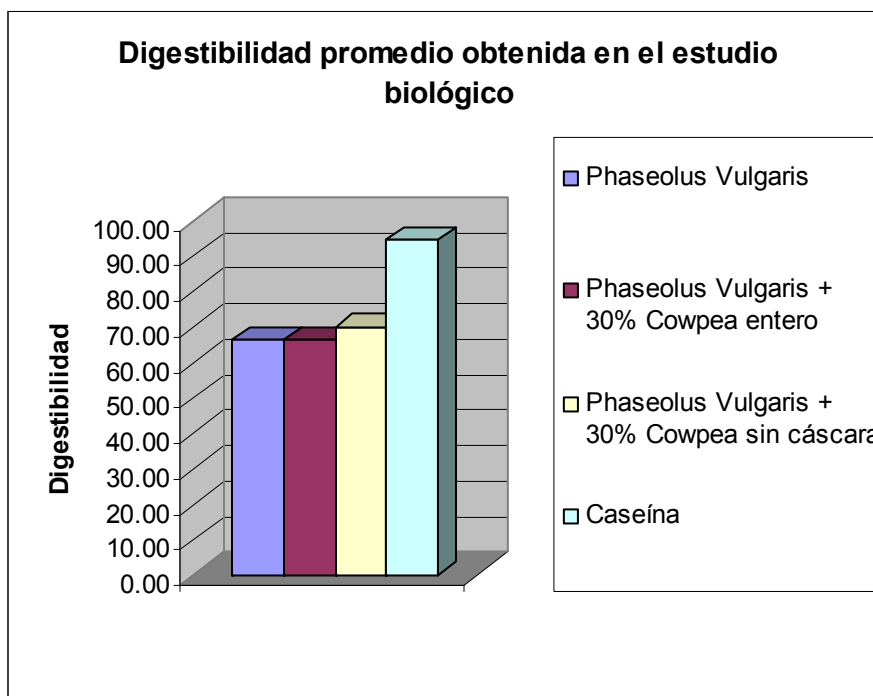
Gráfica 21. Proteína ingerida promedio de las ratas en las diferentes dietas



Gráfica 22. Razón protéica neta (NPR) de las diferentes dietas obtenidas en el estudio biológico



Gráfica 23. Digestibilidad promedio



G. DISCUSIÓN

Durante todo el estudio se notó que las ratas procedentes de la dieta libre de nitrógeno fueron las que ingerían menos y desechaban más alimento. El bajo consumo de alimento de estas ratas se notó con una pérdida de peso. A pesar de que el consumo de alimento fue bajo para las ratas pertenecientes a éste grupo en comparación a las ratas de los otros grupos, es importante hacer notar que éstas ratas consumieron más alimento la primera semana que la segunda semana, esto se debe a que el consumo es alto al principio, mientras las reservas de otros nutrientes en el organismo del animal están disponibles, pero a medida que éstos se depletan el consumo disminuye.

Las dietas de las ratas fueron preparadas de tal forma que cada dieta tuviera contenido similares de proteína y de todos los demás nutrientes, por lo tanto se puede decir que diferencias en el aumento en peso de las ratas se debe a la calidad de la proteína de cada dieta. La caseína se caracteriza por tener el patrón de aminoácidos requerido para tener una dieta balanceada. Debido a que la dieta de caseína proporciona los nutrientes que el animal requiere, las ratas pertenecientes a éste grupo consumieron más alimento y por lo tanto la cantidad de

proteína ingerida fue mayor y todo esto se reflejó en un aumento de peso mayor.

Las ratas pertenecientes a la dieta de frijol *Phaseolus Vulgaris*, y las dietas a base de frijol *Cowpea* entero y *Cowpea* sin cáscara, tuvieron ganancias de peso cercanas, sin embargo el grupo de ratas perteneciente a la mezcla de frijol a base de *Cowpea* tuvo una ganancia de peso mayor que las ratas del frijol *Phaseolus Vulgaris* y entre las mezclas de frijol el grupo de ratas perteneciente a la dieta a base de *Cowpea* sin cáscara tuvo una ganancia de peso mayor que la mezcla de frijol con *Cowpea* entero. Debido a que las leguminosas se caracterizan por tener patrones de aminoácidos bastante similares, se llevó a cabo un análisis de varianza para determinar si las diferencias en peso entre las dietas son significativamente diferentes.

La cantidad de proteína ingerida mostró un comportamiento similar en el aumento en peso de las ratas, lo cual indica que el aumento en peso de las ratas fue proporcional a la cantidad de proteína ingerida de cada dieta. El análisis de varianza de la proteína ingerida indicó que hay diferencia significativa en la proteína ingerida para cada una de las dietas. En la prueba de comparación múltiple de Duncan se determinó que la proteína ingerida en la dieta de caseína fue significativamente mayor que todas las dietas evaluadas. En la dieta a base de una mezcla de *Cowpea* sin cáscara con *Phaseolus Vulgaris*, la cantidad de proteína ingerida fue significativamente mayor que la dieta a base de una mezcla de *Cowpea* entero con *Phaseolus Vulgaris* así como significativamente mayor a la dieta del frijol *Phaseolus Vulgaris*. En la dieta a base de una mezcla con *Cowpea* entero y *Phaseolus Vulgaris* el contenido de proteína no fue significativamente mayor que la dieta a base de *Phaseolus Vulgaris*.

Respecto al aumento en peso se determinó que la dieta a base de una mezcla de *Cowpea* sin cáscara con *Phaseolus Vulgaris* fue significativamente mayor que la dieta a base de *Phaseolus Vulgaris* pero a diferencia de la prueba de Duncan en la proteína ingerida, ésta dieta no resultó significativamente mayor que la dieta a base de una mezcla de *Cowpea* entero con *Phaseolus Vulgaris*.

Para relacionar el aumento en peso con la proteína ingerida se calculó la razón protéica neta (NPR) en donde la dieta a base de caseína tuvo un NPR promedio de 3.36, es decir las ratas de ésta dieta ganaron 3.36 gramos de peso por cada gramo de proteína ingerida, éste valor resultó significativamente mayor que el NPR de todas las dietas evaluadas. Como se puede ver en la gráfica#22 el NPR de las dos dietas

a base de mezclas de frijol tuvo valores bastante cercanos y estos valores fueron mayores que la dieta a base de frijol *Phaseolus Vulgaris*. Debido al patrón de aminoácidos similar del *Cowpea* y del *Phaseolus Vulgaris* los valores de NPR de las dietas de frijol estuvieron bastante cercanos. La prueba de comparación de Duncan indicó que no hubo diferencia significativa en los valores promedio de NPR de las dietas a base de mezclas de frijol. Y los valores promedio de NPR de estas mezclas de frijol no fueron significativamente mayores que los valores de NPR de la dieta a base de frijol *Phaseolus Vulgaris*.

Respecto a la digestibilidad se puede ver en la gráfica que los valores de digestibilidad de las dietas a base de frijol resultaron bajos en comparación a la dieta a base de caseína; el frijol se caracteriza por una baja digestibilidad debido al alto contenido de fibra dietética lo cual disminuye la absorción de nutrientes y a la presencia de factores antinutricionales como los taninos, los cuales impiden que la proteína del frijol sea digerible en el tracto gastrointestinal.

El análisis de varianza de la digestibilidad indicó que la dieta a base de caseína tuvo una digestibilidad significativamente mayor que las dietas de frijol. Entre las dietas de frijol se determinó que no hubo diferencia significativa en los valores de digestibilidad.

VII. CONCLUSIONES

A. Sección III: CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LA MATERIA PRIMA

1. El análisis de macronutrientes demostró que el frijol Cowpea de la variedad *Perunchín Negro*, tiene un contenido de proteína y humedad significativamente mayor al contenido del frijol *Phaseolus Vulgaris* de la variedad *Icta Ligero*.

2. El análisis de macronutrientes demostró que no hay diferencia significativa en el contenido de fibra, cenizas y grasa entre el frijol *Phaseolus Vulgaris* de la variedad *Icta Ligero* y el frijol Cowpea de la variedad *Perunchín Negro*.

B. Sección IV: CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES Y ANTOCIANINAS EN EL FRIJOL PHASEOLUS VULGARIS Y COWPEA

1. La concentración de polifenoles y antocianinas del frijol crudo Cowpea fue significativamente mayor que el frijol *Phaseolus Vulgaris*.

2. El remojo y la cocción en agua hirviendo demostró disminuir la concentración de polifenoles y antocianinas en el frijol Cowpea y *Phaseolus Vulgaris*.

3. Se determinó que el mejor tratamiento para lograr una mayor extracción de compuestos polifenólicos en el frijol Cowpea requiere de 9 horas de remojo y 30 minutos de cocción en agua hirviendo.

4. La mezcla de frijol 70:30 en donde el 30% era cowpea sin cáscara tuvo valores parecidos desde el punto de vista sensorial a la mezcla de frijol 70:30 en donde el 30% era Cowpea con cáscara el cual tuvo un tratamiento previo de 9 horas de remojo y 30 minutos de cocción.

C. Sección V: PROCESAMIENTO DE UNA MEZCLA DE FRIJOL

1. El análisis de macronutrientes de la pasta de frijol frita a base de una mezcla de frijoles, la cual fue enlatada, tuvo un contenido de grasa y proteína significativamente mayor a la pasta de frijol frita de una marca comercial.

2. El análisis de macronutrientes de las harinas de frijol demostró que el contenido de proteína de la mezcla de frijoles es significativamente mayor a la harina a base de *Phaseolus Vulgaris* de la variedad Icta Ligero.

D. Sección VI: ANÁLISIS BIOLÓGICO DE LA MEZCLA DE FRIJOL

1. La digestibilidad de la caseína fue significativamente mayor a las dietas de frijol.
2. La digestibilidad de las dietas de frijol tuvieron valores promedio cercanos y no hubo diferencia significativa entre los valores de digestibilidad de las dietas.
3. El NPR de la caseína fue significativamente mayor a las dietas de frijol.
4. El NPR de las dietas de frijol tuvo valores promedio cercanos y no hubo diferencia significativa entre los valores de NPR de las dietas.

VIII. RECOMENDACIONES

En Guatemala la mayoría de industrias de alimentos que procesan frijol importan ésta materia prima ya que la producción de frijol en Guatemala no es suficiente para la demanda nacional.

El frijol *Cowpea* es una buena opción para aumentar la disponibilidad de frijol, recomiendo hacer estudios que evalúen el rendimiento de éste frijol en grano bajo diferentes condiciones de suelo y de esta forma tener disponibilidad del frijol *Cowpea* para poderlo procesar a escala industrial en mezclas con el frijol *Phaseolus Vulgaris* siguiendo el procedimiento que se menciona en este trabajo de graduación.

XIX. BIBLIOGRAFÍA

- Agosto 2004. *IV censo nacional agropecuario: Número de fincas censales, superficie cosechada, producción obtenida de cultivos anuales o temporales y viveros*. República de Guatemala. Tomo#2.
- AOAC Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 1984. 14a. ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc. US.
- Bressani, Ricardo; L.G. Elías. 1979. *The nutritional role of polyphenols in beans*. Proc. Symp. 36th Annual Meeting IFT. Estados Unidos. J.H. Hulse, ed. pág.61-72 .
- Carnavale, E., Lugaro y E., Marconi. 1998. *Plant food human nutrition*. USA. 175 pp.
- García, Gerber. 2002. *Informe preliminar de resultados de la evaluación de 12 cultivares de Cowpea (Vigna Unguiculata L.) para su utilización como cultivos de cobertura*. Trabajo de graduación de la Universidad de San Carlos de Guatemala para optar el título de Licenciado en Ciencias Agronómicas. 130 pp.
- Jean, Adrian, et al. 2000. *Análisis nutricional de los alimentos*. España. Editorial Acribia. 175 pp.
- Li, Ester María, et al. 1992. «Efecto de diferentes tipos de tratamiento térmico sobre la calidad proteínica del frijol gandul». *Revista agronómica costarricense* 6(1/2):27-33.
- Matthews, R. 1999. *Legumes, Chemistry, Technology and Nutrition*. Estados Unidos. Marcell Dekker, Inc. 389pp.
- Mora, Miguel A. 1998. «Variables relacionadas con la determinación del tiempo de cocción de frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) ». *Revista agronómica costarricense*. (6): 91-94.

- Otzoy M.R.; Rodas R.C. y Loarca E.P. 2004. «Evaluación de nueve materiales de frijol de vara (*Phaseolus vulgaris* L.) en calidad de cocción y aceptabilidad, provenientes de la región suroccidental de Guatemala». Revista de la Universidad San Carlos de Guatemala. (100): 12-15.
- Salinas Moreno, Yolanda; L. Rojas-Herrera. 2005. «Composición de antocianinas en variedades de frijol negro (*Phaseolus Vulgaris* L.) cultivadas en México». Agrobiencia. 39 (4): 385-394.
- Sathe, S.K.; Salunkhe D.K. 1995. Food science nutrition. USA. 263 pp.
- Smith, Durwards; J. N. Cash y Y.H. Hui. 1997. *Processing Vegetables, science and technology*. Estados Unidos. Technomic publishing company. 215 pp.

XX. APÉNDICE

Análisis proximal

Cuadro A1-1 Valores promedio y desviación estándar del contenido de macronutrientes en los frijoles *Phaseolus Vulgaris* y *Cowpea*

Macronutriente	<i>Phaseolus Vulgaris</i> : Icta Ligero (Promedio +/- Desviación estándar)	<i>Cowpea</i> : Perunchín Negro (Promedio +/- Desviación estándar)
HUMEDAD	9.68 +/- 0.18	11.68 +/- 0.20
PROTEÍNA	18.71 +/- 0.36	24.43 +/- 0.17
GRASA	2.97 +/- 0.34	2.21 +/- 0.25
FIBRA	3.15 +/- 0.28	5.79 +/- 0.60
CENIZAS	4.75 +/- 0.03	4.20 +/- 0.32
CARBOHIDRATOS	60.74	51.69

Cuadro A1-2 Análisis de varianza en el contenido de Proteína

Fuente de variación	gl	SC	CM	Relación F		Conclusión
				Calculada	Tabulada	
Total (T)	5	49.402				Dado que F calculada es mayor que la F tabulada, se concluye que hay diferencia significativa en el puntaje promedio del contenido de proteína.
Frijoles (Fr)	1	49.096	49.096	2293.348	18.51	
Repeticiones ®	2	0.264	0.132	6.159	19	
Error €	2	0.043	0.021			

Cuadro A1-3 Análisis de varianza en el contenido de humedad

Fuente de variación	gl	SC	CM	Relación F		Conclusión
				Calculada	Tabulada	
Total (T)	5	6.188				Dado que F calculada es mayor que la F tabulada, se concluye que hay diferencia significativa en el puntaje promedio del contenido de humedad.
Frijoles (Fr)	1	6.038	6.038	83.002	18.51	
Repeticiones ®	2	0.005	0.002	0.033	19	
Error €	2	0.145	0.073			

Cuadro A1-4 Análisis de varianza para el contenido de fibra

Fuente de variación	gl	SC	CM	Relación F		Conclusión
				Calculada	Tabulada	
Total (T)	3	7.404				Dado que F calculada es menor que la F tabulada, se concluye que no hay diferencia significativa en el puntaje promedio del contenido de fibra.
Frijoles (Fr)	1	6.961	6.961	17.804	161.45	
Repeticiones ®	1	0.052	0.052	0.134	161.45	
Error €	1	0.391	0.391			

Cuadro A1-5 Análisis de varianza para el contenido de cenizas

Fuente de variación	gl	SC	CM	Relación F		Conclusión
				Calculada	Tabulada	
Total (T)	5	0.649				Dado que F calculada es menor que la F tabulada, se concluye que no hay diferencia significativa en el puntaje promedio del contenido de ceniza.
Frijoles (Fr)	1	0.442	0.442	8.747	18.51	
Repeticiones ®	2	0.106	0.053	1.048	19	
Error €	2	0.101	0.051			

Cuadro A1-6 Análisis de varianza para el contenido de grasa

Fuente de variación	gl	SC	CM	Relación F		Conclusión
				Calculada	Tabulada	
Total (T)	3	0.8094				Dado que F calculada es menor que la F tabulada, se concluye que no hay diferencia significativa en el puntaje promedio del contenido de grasa.
Frijoles (Fr)	1	0.6889	0.689	140.592	161.45	
Repeticiones ®	1	0.1156	0.116	23.592	161.45	
Error €	1	0.0049	0.005			

Cuadro A1-7 Tabla utilizada para determinar el valor de F con un nivel de significancia del 5%

T A B L A E

50/o (tipo de imprenta ordinario) y 10/o (tipo grueso). Puntos correspondientes a la distribución de F.

f_1 grados de libertad (para mayor media cuadrada)

f_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞	f_2
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	246	248	249	250	251	252	253	253	254	254	254	1
2	4.032	4.999	5.403	5.625	5.764	5.859	5.928	5.981	6.022	6.056	6.082	6.106	6.142	6.169	6.208	6.234	6.258	6.286	6.302	6.323	6.354	6.352	6.361	6.366	2
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.88	8.84	8.81	8.78	8.76	8.74	8.71	8.69	8.66	8.64	8.62	8.60	8.58	8.57	8.56	8.54	8.54	8.53	3
4	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.45	10.27	10.15	10.05	9.96	9.89	9.77	9.68	9.55	9.47	9.38	9.29	9.24	9.17	9.13	9.07	9.04	9.02	4
5	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.54	14.45	14.37	14.24	14.15	14.02	13.93	13.85	13.74	13.69	13.61	13.57	13.52	13.48	13.46	5
6	25.59	21.74	20.16	19.25	18.75	18.47	18.26	18.10	17.98	17.87	17.79	17.72	17.60	17.52	17.39	17.31	17.23	17.14	17.09	17.02	16.99	16.94	16.90	16.88	6
7	29.46	25.00	23.16	22.05	21.50	21.18	20.99	20.84	20.73	20.64	20.57	20.51	20.39	20.31	20.18	20.10	20.02	19.94	19.89	19.83	19.79	19.75	19.72	19.70	7
8	32.82	27.75	25.66	24.38	23.78	23.41	23.24	23.11	23.01	22.93	22.87	22.81	22.70	22.62	22.49	22.41	22.33	22.24	22.19	22.13	22.09	22.05	22.02	22.00	8
9	35.81	30.10	27.75	26.31	25.66	25.25	25.09	24.97	24.88	24.81	24.75	24.69	24.58	24.50	24.37	24.29	24.21	24.13	24.08	24.02	23.98	23.94	23.91	23.89	9
10	38.41	32.00	29.46	27.88	27.18	26.73	26.56	26.45	26.37	26.31	26.25	26.19	26.08	26.00	25.87	25.79	25.71	25.63	25.58	25.52	25.48	25.44	25.41	25.39	10
11	40.74	33.75	31.00	29.31	28.58	28.11	27.94	27.83	27.76	27.70	27.64	27.58	27.47	27.39	27.26	27.18	27.10	27.02	26.97	26.91	26.87	26.83	26.80	26.78	11
12	42.82	35.50	32.50	30.71	29.95	29.46	29.29	29.18	29.11	29.05	28.99	28.93	28.82	28.74	28.61	28.53	28.45	28.37	28.32	28.26	28.22	28.18	28.15	28.13	12
13	44.61	37.00	33.75	31.88	31.09	30.58	30.41	30.30	30.23	30.17	30.11	30.05	29.94	29.86	29.73	29.65	29.57	29.49	29.44	29.38	29.34	29.30	29.27	29.25	13
14	46.14	38.25	34.75	32.81	32.00	31.48	31.31	31.20	31.13	31.07	31.01	30.95	30.84	30.76	30.63	30.55	30.47	30.39	30.34	30.28	30.24	30.20	30.17	30.15	14
15	47.46	39.25	35.50	33.48	32.65	32.12	31.95	31.84	31.77	31.71	31.65	31.59	31.48	31.40	31.27	31.19	31.11	31.03	30.98	30.92	30.88	30.84	30.81	30.79	15
16	48.51	40.00	36.00	33.91	33.07	32.54	32.37	32.26	32.19	32.13	32.07	32.01	31.90	31.82	31.69	31.61	31.53	31.45	31.40	31.34	31.30	31.26	31.23	31.21	16
17	49.34	40.62	36.38	34.23	33.38	32.84	32.67	32.56	32.49	32.43	32.37	32.31	32.20	32.12	31.99	31.91	31.83	31.75	31.70	31.64	31.60	31.56	31.53	31.51	17
18	50.00	41.13	36.66	34.45	33.59	33.05	32.88	32.77	32.70	32.64	32.58	32.52	32.41	32.33	32.20	32.12	32.04	31.96	31.91	31.85	31.81	31.77	31.74	31.72	18
19	50.51	41.56	36.88	34.63	33.77	33.23	33.06	32.95	32.88	32.82	32.76	32.70	32.59	32.51	32.38	32.30	32.22	32.14	32.09	32.03	31.99	31.95	31.92	31.90	19
20	50.91	41.91	37.06	34.78	33.92	33.38	33.21	33.10	33.03	32.97	32.91	32.85	32.74	32.66	32.53	32.45	32.37	32.29	32.24	32.18	32.14	32.10	32.07	32.05	20
21	51.21	42.19	37.21	34.90	34.04	33.50	33.33	33.22	33.15	33.09	33.03	32.97	32.86	32.78	32.65	32.57	32.49	32.41	32.36	32.30	32.26	32.22	32.19	32.17	21
22	51.44	42.41	37.34	35.01	34.15	33.61	33.44	33.33	33.26	33.20	33.14	33.08	32.97	32.89	32.76	32.68	32.60	32.52	32.47	32.41	32.37	32.33	32.30	32.28	22
23	51.61	42.59	37.46	35.11	34.25	33.71	33.54	33.43	33.36	33.30	33.24	33.18	33.07	32.99	32.86	32.78	32.70	32.62	32.57	32.51	32.47	32.43	32.40	32.38	23
24	51.74	42.74	37.56	35.21	34.35	33.81	33.64	33.53	33.46	33.40	33.34	33.28	33.17	33.09	32.96	32.88	32.80	32.72	32.67	32.61	32.57	32.53	32.50	32.48	24
25	51.84	42.86	37.65	35.30	34.44	33.90	33.73	33.62	33.55	33.49	33.43	33.37	33.26	33.18	33.05	32.97	32.89	32.81	32.76	32.70	32.66	32.62	32.59	32.57	25
26	51.91	42.96	37.73	35.39	34.53	33.99	33.82	33.71	33.64	33.58	33.52	33.46	33.35	33.27	33.14	33.06	32.98	32.90	32.85	32.79	32.75	32.71	32.68	32.66	26

La función F = e con exponente 2z, en parte está calculada de la Tabla de Fisher. Las entradas adicionales son por interpolación, las más por métodos gráficos.

Cuadro A1-7 Continuación....Tabla utilizada para determinar el valor de F con un nivel de significancia del 5%

TABLA E (continuación)

f_1 grados de libertad (para mayor media cuadrada)

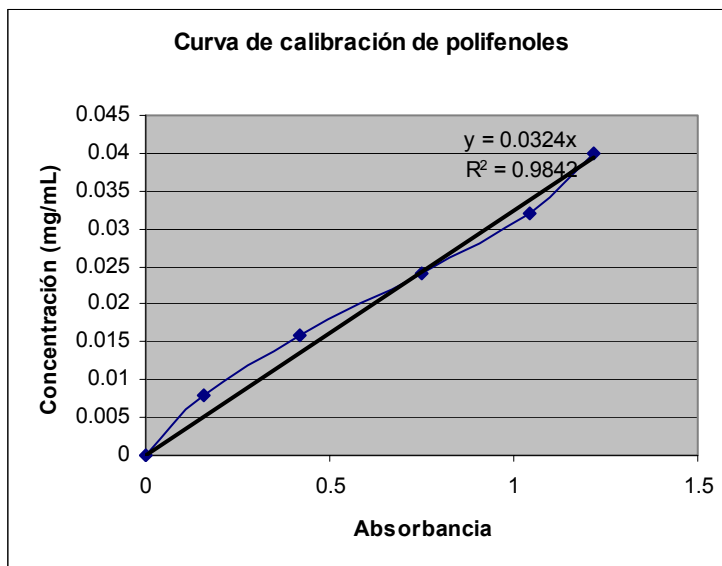
f_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞	f_2
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.30	2.25	2.20	2.16	2.13	2.08	2.05	1.97	1.93	1.88	1.84	1.80	1.76	1.74	1.71	1.68	1.67	27
	7.60	5.49	4.60	4.11	3.79	3.56	3.39	3.26	3.14	3.06	2.98	2.93	2.85	2.74	2.63	2.55	2.47	2.38	2.33	2.23	2.21	2.16	2.12	2.10	
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.44	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.06	2.02	1.96	1.91	1.87	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69	1.67	1.65	28
	7.64	5.45	4.57	4.07	3.76	3.53	3.36	3.23	3.11	3.03	2.95	2.90	2.80	2.71	2.60	2.52	2.44	2.35	2.30	2.22	2.18	2.13	2.09	2.06	
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.54	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.05	2.00	1.94	1.90	1.85	1.80	1.77	1.73	1.71	1.68	1.65	1.64	29
	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.08	3.00	2.92	2.87	2.77	2.68	2.57	2.49	2.41	2.32	2.27	2.19	2.18	2.10	2.06	2.03	
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.34	2.27	2.24	2.16	2.12	2.09	2.04	1.99	1.93	1.89	1.84	1.79	1.76	1.72	1.69	1.66	1.64	1.62	30
	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.06	2.98	2.90	2.84	2.74	2.66	2.55	2.47	2.38	2.29	2.24	2.16	2.15	2.07	2.03	2.01	
32	4.15	3.30	2.90	2.67	2.51	2.40	2.32	2.25	2.19	2.14	2.10	2.07	2.02	1.97	1.91	1.86	1.82	1.76	1.74	1.69	1.67	1.64	1.61	1.59	32
	7.50	5.34	4.46	3.97	3.66	3.42	3.25	3.12	3.01	2.94	2.86	2.80	2.70	2.62	2.51	2.42	2.34	2.25	2.20	2.12	2.08	2.02	1.96	1.96	
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.30	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.00	1.95	1.89	1.84	1.80	1.74	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	34
	7.44	5.29	4.42	3.93	3.61	3.38	3.21	3.08	2.97	2.89	2.82	2.76	2.66	2.58	2.47	2.38	2.30	2.21	2.16	2.08	2.04	1.98	1.94	1.91	
36	4.11	3.26	2.86	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.10	2.06	2.03	1.98	1.93	1.87	1.82	1.78	1.72	1.69	1.65	1.62	1.59	1.56	1.55	36
	7.39	5.25	4.38	3.89	3.58	3.35	3.18	3.04	2.94	2.86	2.78	2.72	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26	2.17	2.12	2.04	2.00	1.94	1.90	1.87	
38	4.10	3.25	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.96	1.92	1.85	1.80	1.76	1.71	1.67	1.63	1.60	1.57	1.54	1.53	38
	7.35	5.21	4.34	3.85	3.54	3.32	3.15	3.02	2.91	2.82	2.73	2.67	2.57	2.49	2.39	2.31	2.20	2.12	2.08	2.00	1.97	1.90	1.86	1.84	
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.07	2.04	2.00	1.95	1.90	1.84	1.79	1.74	1.69	1.66	1.61	1.59	1.55	1.53	1.51	40
	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.88	2.80	2.73	2.66	2.56	2.49	2.37	2.29	2.20	2.11	2.05	1.97	1.94	1.88	1.84	1.81	
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.02	1.99	1.94	1.89	1.82	1.78	1.73	1.68	1.64	1.60	1.57	1.54	1.51	1.49	42
	7.27	5.15	4.29	3.80	3.49	3.26	3.10	2.96	2.86	2.77	2.70	2.64	2.54	2.46	2.35	2.26	2.17	2.08	2.02	1.94	1.91	1.85	1.80	1.78	
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.92	1.88	1.81	1.76	1.72	1.66	1.63	1.58	1.56	1.52	1.50	1.48	44
	7.24	5.12	4.26	3.78	3.46	3.24	3.07	2.94	2.84	2.75	2.68	2.62	2.52	2.44	2.32	2.24	2.15	2.06	2.00	1.92	1.88	1.82	1.78	1.75	
46	4.05	3.20	2.81	2.57	2.42	2.30	2.22	2.14	2.09	2.04	2.00	1.97	1.91	1.87	1.80	1.75	1.71	1.65	1.62	1.57	1.54	1.51	1.48	1.46	46
	7.21	5.10	4.24	3.76	3.44	3.22	3.05	2.92	2.82	2.73	2.66	2.60	2.50	2.42	2.30	2.22	2.13	2.04	1.98	1.90	1.86	1.80	1.76	1.73	
48	4.04	3.19	2.80	2.56	2.41	2.30	2.21	2.14	2.08	2.03	1.99	1.96	1.90	1.86	1.79	1.74	1.70	1.64	1.61	1.56	1.53	1.50	1.47	1.45	48
	7.19	5.08	4.22	3.74	3.42	3.20	3.04	2.90	2.80	2.71	2.64	2.58	2.48	2.40	2.28	2.20	2.11	2.02	1.96	1.88	1.84	1.78	1.73	1.70	
50	4.03	3.18	2.79	2.55	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.02	1.98	1.95	1.90	1.85	1.78	1.74	1.69	1.63	1.60	1.55	1.52	1.48	1.46	1.44	50
	7.17	5.06	4.20	3.72	3.41	3.18	3.02	2.88	2.78	2.70	2.62	2.56	2.46	2.39	2.26	2.18	2.10	2.00	1.94	1.86	1.82	1.76	1.71	1.68	
55	4.02	3.17	2.78	2.54	2.39	2.27	2.18	2.11	2.05	2.00	1.97	1.93	1.88	1.83	1.76	1.72	1.67	1.61	1.58	1.52	1.50	1.46	1.43	1.41	55
	7.12	5.01	4.16	3.68	3.37	3.15	2.98	2.85	2.75	2.66	2.59	2.53	2.43	2.35	2.23	2.15	2.06	1.96	1.90	1.82	1.78	1.73	1.68	1.64	
60	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.86	1.81	1.75	1.70	1.65	1.59	1.56	1.50	1.48	1.44	1.41	1.39	60
	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.56	2.50	2.40	2.32	2.20	2.12	2.03	1.93	1.87	1.79	1.74	1.68	1.63	1.60	
65	3.99	3.14	2.75	2.51	2.36	2.24	2.15	2.08	2.02	1.98	1.94	1.90	1.85	1.80	1.73	1.68	1.63	1.57	1.54	1.49	1.46	1.42	1.39	1.37	65
	7.04	4.95	4.10	3.62	3.31	3.09	2.93	2.79	2.70	2.61	2.54	2.47	2.37	2.30	2.18	2.09	2.00	1.90	1.84	1.76	1.71	1.64	1.60	1.56	
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.01	1.97	1.93	1.89	1.84	1.79	1.72	1.67	1.62	1.56	1.53	1.47	1.45	1.40	1.37	1.35	70
	7.01	4.92	4.08	3.60	3.29	3.07	2.91	2.77	2.67	2.59	2.51	2.45	2.35	2.28	2.15	2.07	1.98	1.88	1.82	1.74	1.69	1.62	1.56	1.53	
80	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33	2.21	2.12	2.05	1.99	1.95	1.91	1.88	1.82	1.77	1.70	1.65	1.60	1.54	1.51	1.45	1.42	1.38	1.35	1.32	80
	6.96	4.88	4.04	3.56	3.25	3.04	2.87	2.74	2.64	2.56	2.48	2.41	2.32	2.24	2.11	2.03	1.94	1.84	1.78	1.70	1.65	1.57	1.52	1.49	
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.85	1.79	1.75	1.68	1.63	1.57	1.51	1.48	1.42	1.39	1.34	1.30	1.28	100
	6.90	4.82	3.98	3.51	3.20	2.99	2.82	2.69	2.59	2.51	2.43	2.36	2.26	2.19	2.06	1.98	1.89	1.79	1.73	1.64	1.59	1.51	1.46	1.43	
125	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.83	1.77	1.72	1.65	1.60	1.55	1.49	1.45	1.39	1.36	1.31	1.27	1.25	125
	6.84	4.78	3.94	3.47	3.17	2.95	2.79	2.65	2.56	2.47	2.40	2.33	2.23	2.15	2.03	1.94	1.85	1.75	1.68	1.59	1.54	1.46	1.40	1.37	
150	3.91	3.06	2.67	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.76	1.71	1.64	1.59	1.54	1.47	1.44	1.37	1.34	1.29	1.25	1.22	150
	6.81	4.75	3.91	3.44	3.14	2.92	2.76	2.62	2.53	2.44	2.37	2.30	2.20	2.12	2.00	1.91	1.83	1.72	1.66	1.56	1.51	1.43	1.37	1.33	
200	3.89	3.04	2.65	2.41	2.26	2.14	2.05	1.98	1.92	1.87	1.83	1.80	1.74	1.69	1.62	1.57	1.52	1.45	1.42	1.35	1.32	1.26	1.22	1.19	200
	6.76	4.71	3.88	3.41	3.11	2.90	2.73	2.60	2.50	2.41	2.34	2.28	2.17	2.09	1.97	1.88	1.79	1.69	1.62	1.53	1.48	1.39	1.33	1.28	

Determinación de polifenoles en el frijol Cowpea

- Primera prueba

Cuadro A2-1. Determinación de la concentración de polifenoles en los diferentes tratamientos realizados al frijol Cowpea

Tratamiento	Absorbancia	Concentración (mg catecol/mL)	Concentración (mg catecol/100g frijol)	Concentración total (mg catecol/100g frijol)
Cowpea crudo (Día3)	1.689	0.052	21.77	278.43
Día 2	0.778	0.026	65.87	
(Día 1) (1:10)	1.204	0.038	190.79	
Cowpea sin cáscara (Día 2)	0.35	0.014	9.41	34.03
(Día 1)	1.155	0.037	24.62	
Cowpea con 9 horas de remojo (Día 3)	1.109	0.036	14.90	177.45
(Día 2)	2.154	0.065	28.58	
(Día 1) (1:10)	0.765	0.026	133.97	
Cowpea remojado 9 horas cocinado 10 minutos con intercambio de agua (Día 3)	0.445	0.02	7.03	60.09
(Día 2)	0.788	0.03	11.63	
(Día 1) (1:2)	1.117	0.04	41.43	
Cowpea remojado 9 horas y cocinado 10 minutos (Día 3)	0.438	0.02	6.95	65.72
(Día 2)	0.966	0.03	13.20	
(Día 1) (1:2)	1.294	0.04	45.57	
Cowpea remojado 9 horas y cocinado 20 minutos (D3)	0.298	0.01	5.54	49.55
(Día 2)	0.686	0.02	9.89	
(Día 1) (1:2)	0.971	0.03	34.12	
Cowpea remojado 9 horas y cocinado 30 minutos con intercambio de agua (Día 3)	0.256	0.01	5.02	40.25
(Día 2)	0.586	0.02	8.70	
(Día 1) (1:2)	0.921	0.03	26.54	
Cowpea remojado 9 horas y cocinado 30 minutos (Día 3)	0.321	0.01	6.09	39.65
(Día 2)	0.675	0.02	10.22	
(Día 1) (1:2)	0.94	0.03	23.34	

Gráfica A2-1. Curva de calibración para determinación de polifenoles en el Cowpea

- **Segunda prueba**

Cuadro A2-2 Determinación de la concentración de polifenoles en los diferentes tratamientos realizados al frijol Cowpea

Tratamiento	Absorbancia	Concentración (mg catecol/mL)	Concentración (mg catecol/100g frijol)	Concentración total (mg catecol/100g frijol)
Cowpea crudo (Día 3)	1.7	0.055	23.1	282.95
(Día 2) (Se agregó 5mL de agua para poder leer)	0.759	0.026	63.84	
(Día 1) (1:10)	1.214	0.039	196.01	
Cowpea sin cáscara (Día 2)	0.349	0.011	7.63	32.81
(Día 1)	1.143	0.038	25.18	
Cowpea con 9 horas de remojo (Día 3)	1.15	0.036	15.16	175.51
(Día 2)	2.157	0.071	30.85	
(Día 1) (1:10)	0.78	0.025	129.49	

Cuadro A2-2 Continuación...Determinación de la concentración de polifenoles en los diferentes tratamientos realizados al frijol Cowpea

Tratamiento	Absorbancia	Concentración (mg catecol/mL)	Concentración (mg catecol/100g frijol)	Concentración total (mg catecol/100g frijol)
<i>Cowpea</i> remojado 9 horas y cocinado 10 minutos con intercambio de agua (Día 3)	0.435	0.015	6.09	59.58
(Día 2)	0.718	0.026	11.29	
(Día 1) (1:2)	1.107	0.037	42.2	
<i>Cowpea</i> remojado 9 horas y cocinado 10 minutos (Día 3)	0.428	0.014	5.99	66.38
(Día 2)	0.936	0.032	13.21	
(Día 1) (1:2)	1.284	0.042	47.18	
<i>Cowpea</i> remojado 9 horas y cocinado 20 minutos (Día 3)	0.293	0.01	4.27	47.81
Día 2	0.685	0.023	9.38	
(Día 1) (1:2)	0.977	0.032	34.15	
<i>Cowpea</i> remojado 9 horas y cocinado 30 minutos con intercambio de agua (Día 3)	0.251	0.008	3.67	38.05
(Día 2)	0.583	0.019	8.01	
(Día 1) (1:2)	0.931	0.03	26.38	
<i>Cowpea</i> remojado 9 horas y cocinado 30 minutos (Día 3)	0.334	0.011	4.81	37.74
(Día 2)	0.667	0.022	9.67	
(Día 1) (1:2)	0.93	0.031	23.26	

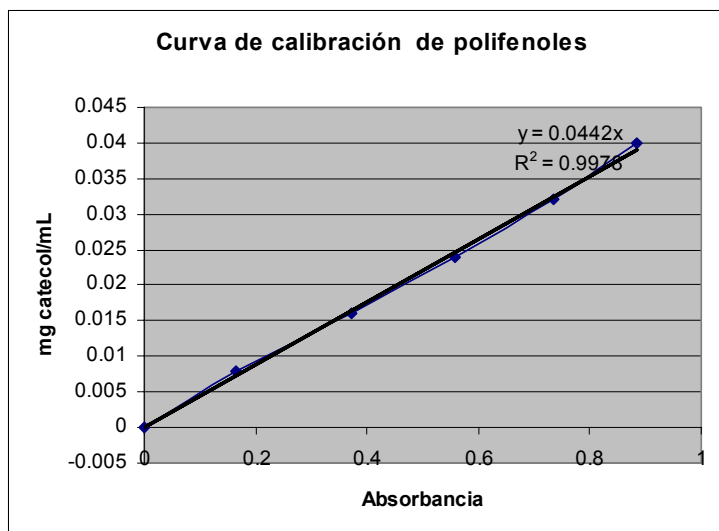
Determinación de polifenoles en el frijol *Phaseolus Vulgaris*

- Primera prueba

Cuadro A2-3. Determinación de la concentración de polifenoles en los diferentes tratamientos realizados al frijol *Phaseolus Vulgaris*

Muestra	Absorbancia	Concentración (mg catecol/mL)	Concentración (mg catecol/100g frijol)	Concentración total (mg catecol/100g frijol)
<i>Phaseolus Vulgaris</i> remojado 9 horas y cocinado durante 30 minutos (DÍA 1)	0.71	0.0314	17.06	27.51
(DÍA 2)	0.29	0.0128	5.32	
(DÍA 3)	0.279	0.0123	5.12	
<i>Phaseolus Vulgaris</i> remojado 9 horas y cocinado durante 20 minutos (DÍA 1)	0.659	0.0291	16.14	22.27
(DÍA 2)	0.257	0.0114	4.94	
(DÍA 3)	0.062	0.0027	1.19	
<i>Phaseolus Vulgaris</i> remojado 9 horas y cocinado durante 10 minutos (DÍA 1)	0.908	0.0401	21.42	31.91
(DÍA 2)	0.378	0.0167	7.60	
(DÍA3)	0.144	0.0064	2.89	
<i>Phaseolus Vulgaris</i> remojado 9 horas (DÍA 1)	2.186	0.0966	54.04	84.58
(DÍA 2)	1.042	0.0461	20.24	
(DÍA 3)	0.530	0.0234	10.30	
PV crudo (DÍA 3)	1.05	0.0464	19.37	176.02
(DÍA 2)	2.069	0.0914	39.98	
(DÍA 1) (1:10)	0.492	0.0217	116.67	

Gráfica A2-2 Curva de calibración para determinación de polifenoles en el *Phaseolus Vulgaris*

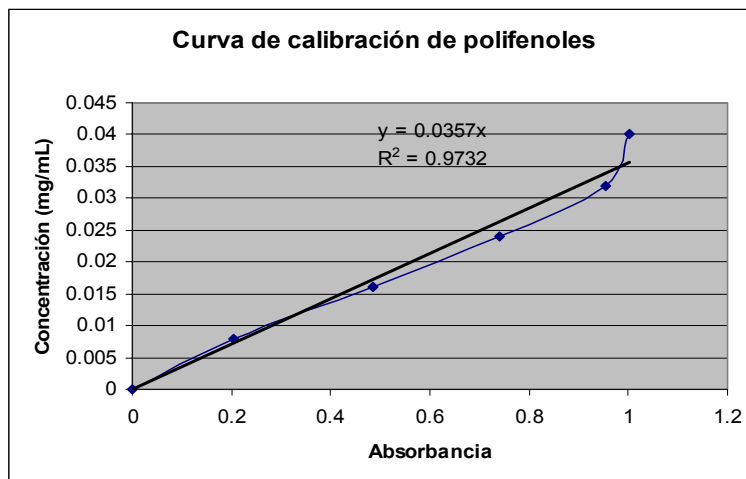


- Segunda Prueba

Cuadro A2-4. Determinación de la concentración de polifenoles en los diferentes tratamientos realizados al frijol *Phaseolus Vulgaris*

Muestra	Absorbancia	Concentración (mg catecol/mL)	Concentración (mg catecol/100g frijol)	Concentración total (mg catecol/100g frijol)	
<i>Phaseolus Vulgaris</i> remojado 9 horas y cocinado durante 30 minutos (DÍA1)	0.75	0.025	13.783	22.217	
	DÍA2)	0.35	0.010		4.299
	(DÍA3)	0.29	0.010		4.136
<i>Phaseolus Vulgaris</i> remojado 9 horas y cocinado durante 20 minutos (DÍA1)	0.730	0.024	13.033	17.990	
	(DÍA2)	0.289	0.009		3.994
	(DÍA3)	0.067	0.002		0.963
<i>Phaseolus Vulgaris</i> remojado 9 horas y cocinado durante 10 minutos (DÍA1)	0.912	0.032	17.301	25.774	
	(DÍA2)	0.389	0.013		6.135
	(DÍA3)	0.154	0.005		2.337
<i>Phaseolus Vulgaris</i> remojado 9 horas (DÍA1)	2.192	0.078	43.651	68.315	
	(DÍA2)	1.056	0.037		16.348
	(DÍA3)	0.570	0.019		8.315
PV crudo (D3)	1.09	0.037	15.642	142.170	
(D2)	2.075	0.074	32.291		
(D1) (1:10)	0.497	0.018	94.237		

Gráfica A2-3



Evaluación sensorial de las mezclas de frijol

Cuadro A3-1 Tabulación de las respuestas obtenidas por los panelistas de la mezcla de frijol 50:50 (*Phaseolus Vulgaris: Cowpea*) en la prueba triangular

Panelista	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA DIFERENTE	COMENTARIOS
1	1	No sabe tanto a frijol, como si tuviera otro ingrediente. No es desagradable ni agradable.
2	1	El sabor es más fuerte, no sabe a frijol. Probablemente no me lo comería.
3	1	Se debe mejorar el sabor de la muestra diferente.
4	1	Me gustaría un equilibrio entre las muestras diferentes y las que son iguales.
5	1	La mezcla de frijol tiene un sabor diferente.
6	0	Saben casi igual.
7	1	El sabor de la muestra diferente es muy fuerte.
8	1	Se debe de mejorar el sabor de la diferente
9	1	Se le siente un sabor raro. Si me lo comería pero no es muy deseable o agradable la sensación de sabor que se siente.
10	0	
11	1	El sabor es distinto por algún ingrediente.
12	1	La muestra diferente tiene un sabor como a tierra.
13	1	El sabor no es propio de un frijol
14	1	El sabor es diferente.
15	1	Tienen mejor sabor las otras dos muestras.
16	1	El sabor se siente muy diferente al sabor del frijol.

Cuadro A3-2 Tabulación de las respuestas obtenidas por los panelistas en la mezcla de frijol 70:30 (*Phaseolus Vulgaris* : *Cowpea* descascarado) en la prueba triangular

PANELISTA	Detección de la muestra diferente	COMENTARIOS
1	1	Deja una sensación más fuerte en el sabor.
2	1	El sabor es más fuerte.
3	1	El sabor es aceptable.
4	1	El sabor es más fuerte e intenso. El sabor es agradable.
5	1	El sabor es más intenso. Si me agradó la muestra diferente.
6	1	Tiene un sabor como harina, no me agradó.
7	1	El sabor es agradable pero me gustó más el sabor de los otros.
8	1	Me agradó mas el sabor de las otras dos muestras
9	1	Me agradó más el diferente, tiene más sabor.
10	1	Tiene un sabor fuerte, pero no sabe mucho a frijol. No me agradó mucho.
11	1	No me gustó mucho.
12	0	Las tres tienen un sabor muy similar. Además la textura es suave para los tres.
13	1	Tiene un sabor más fuerte.
14	1	Tiene un sabor más intenso a frijol.
15	1	No hay mucha diferencia en el sabor de las muestras.
16	1	Las tres muestras son muy similares.
17	0	No hay diferencia en las muestras.
18	1	Su sabor es más intenso.

Cuadro A3-3 Tabulación de las respuestas obtenidas por los panelistas en la mezcla de frijol 70:30 (*Phaseolus Vulgaris* : *Cowpea*) en la prueba triangular

Panelista	Identificación de la muestra diferente	Comentarios
1	1	La diferencia respecto a las otras muestras es moderada.
2	1	La muestra tiene un sabor ligeramente diferente pero agradable.
3	1	Casi no se siente la diferencia, dejan el mismo sabor las tres.
4	0	Las 3 muestras tienen buen sabor
5	0	No hay mucha diferencia en el sabor de las muestras
6	1	El sabor diferente, no me agrada.
7	0	Se debe de aumentar el punto de sal de las muestras, pero el sabor es agradable
8	1	El sabor es agradable
9	0	La textura de las muestras se siente muy seca pero el sabor es agradable.
10	0	No hay mucha diferencia en el sabor de las muestras
11	0	No hay mucha diferencia en el sabor de las muestras

Cuadro A3-4 Tabla utilizada para la prueba binomial de un extremo con una probabilidad de X o más juicios correctos en n pruebas ($p=1/3$)

TABLA B
Significación para Test Triangular ($p = 1/3$)

Número de juicios (set x jueces)	Mínimo de juicios correctos para establecer diferencias significativas			Número de juicios (set x jueces)	Mínimo de juicios correctos para establecer diferencias significativas		
	p = .05	p = .01	p = .001		p = .05	p = .01	p = .001
5	4	5	5	57	27	29	31
6	5	6	6	58	27	29	32
7	5	6	7	59	27	30	32
8	6	7	8	60	28	30	33
9	6	7	8	61	28	30	33
10	7	8	9	62	28	31	33
11	7	8	9	63	29	31	34
12	8	9	10	64	29	32	34
13	8	9	10	65	30	32	35
14	9	10	11	66	30	32	35
15	9	10	12	67	30	33	36
16	10	11	12	68	31	33	36
17	10	11	13	69	31	34	36
18	10	12	13	70	32	34	37
19	11	12	14	71	32	34	37
20	11	13	14	72	32	35	38
21	12	13	15	73	33	35	38
22	12	14	15	74	33	36	39
23	13	14	16	75	34	36	39
24	13	14	16	76	34	36	39
25	13	15	17	77	34	37	40
26	14	15	17	78	35	37	40
27	14	16	18	79	35	38	41
28	15	16	18	80	35	38	41
29	15	17	19	81	36	38	41
30	16	17	19	82	36	39	42
31	16	18	19	83	37	39	42
32	16	18	20	84	37	40	43
33	17	19	20	85	37	40	43
34	17	19	21	86	38	40	44
35	18	19	21	87	38	41	44
36	18	20	22	88	39	41	44
37	18	20	22	89	39	42	45
38	19	21	23	90	39	42	45
39	19	21	23	91	40	42	46
40	20	22	24	92	40	43	46
41	20	22	24	93	40	43	46
42	21	22	25	94	41	44	47
43	21	23	25	95	41	44	47
44	21	23	25	96	42	44	48
45	22	24	26	97	42	45	48
46	22	24	26	98	42	45	49
47	23	25	27	99	43	46	49
48	23	25	27	100	43	46	49
49	23	25	28	200	80	84	89
50	24	26	28	300	117	122	127
51	24	26	29	400	152	158	165
52	25	27	29	500	188	194	202
53	25	27	29	1.000	363	372	383
54	25	27	30	2.000	709	722	737
55	26	28	30				
56	26	28	31				

La Tabla B ha sido reproducida de la Tabla de E.B. Roessler, J. Warren y J.F. Guymon, publicada en Food Research, 13, 503-505 (1948).

Estudio biológico de las harinas de frijol

Cuadro A4-1. Análisis de varianza de la digestibilidad en las diferentes dietas

Fuente de variación	gl	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada (p<0.05)
Total (T)	19	4359.40			
Tratamiento (Tr)	4	4096.23	1024.057	62.33	3.26
Repeticiones ®	3	66.02	22.007	1.34	3.49
Error €	12	197.15	16.429		

Cuadro A4-2 Determinación de dietas significativamente diferentes en los valores de digestibilidad

Dietas significativamente diferentes	Valor de la diferencia entre medias	Las dietas comparadas son significativamente diferentes		CONCLUSIÓN
		SI	NO	
Caseína y <i>Phaseolus Vulgaris</i>	28.14	x		Valor de la diferencia entre medias mayor que la amplitud para 4 medias
Caseína y <i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i> entero	28.1	x		Valor de la diferencia entre medias mayor que la amplitud para 3 medias
Caseína y <i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i> sin cáscara	24.39	x		Valor de la diferencia entre medias mayor que la amplitud para 2 medias
<i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i> sin cáscara y <i>Phaseolus Vulgaris</i>	3.75		x	Valor de la diferencia entre medias menor que la amplitud para 3 medias
<i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i> sin cáscara y <i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i> entero	3.71		x	Valor de la diferencia entre medias menor que la amplitud para 2 medias
<i>Phaseolus Vulgaris</i> con <i>Cowpea</i> entero y <i>Phaseolus Vulgaris</i>	0.04		x	Valor de la diferencia entre medias menor que la amplitud para 2 medias

Cuadro A4-3 Análisis de varianza de la razón protéica neta (NPR) en las diferentes dietas

Fuente de variación	gl	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada (p<0.05)
Total (T)	15	1.76			
Dieta (D)	3	1.30	0.43	10.01	3.86
Repetición (r)	3	0.07	0.02	0.52	3.86
Error €	9	0.39	0.04		

Cuadro A4-4 Determinación de dietas significativamente diferentes en los valores promedio de la razón protéica neta (NPR) mediante la prueba de comparación múltiple de Duncan

Dietas a comparar	Valor de la diferencia entre medias	Las dietas comparadas son significativamente diferentes		CONCLUSIÓN
		SÍ	NO	
Caseína y <i>Phaseolus Vulgaris</i>	0.78	X		El valor de la diferencia entre medias es mayor que el valor de amplitud para 4 medias
Caseína y <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara	0.54	X		El valor de la diferencia entre medias es mayor que el valor de amplitud para 3 medias
Caseína y <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero	0.5	X		El valor de la diferencia entre medias es mayor que el valor de amplitud para 2 medias
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero con <i>Phaseolus Vulgaris</i>	0.28		x	El valor de la diferencia entre medias es menor que el valor de amplitud para 3 medias
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara	0.04		x	El valor de la diferencia entre medias es menor que el valor de amplitud para 2 medias
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara con <i>Phaseolus Vulgaris</i>	0.24		x	El valor de la diferencia entre medias es menor que el valor de amplitud para 2 medias

Cuadro A4-5. Análisis de varianza del aumento promedio en peso de las ratas en las diferentes dietas

Fuente de variación	gl	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada (p<0.05)
Total (T)	15	2429.75			
Dieta (D)	3	2055.25	685.08	22.69	3.86
Repetición (r)	3	102.75	34.25	1.13	3.86
Error €	9	271.75	30.19		

Cuadro A4-6. Determinación de dietas significativamente diferentes en los valores promedio del aumento de peso de las ratas mediante la prueba de comparación múltiple de Duncan

Dietas a comparar	Valor de la diferencia entre medias	Las dietas comparadas son significativamente diferentes		CONCLUSIÓN
		SÍ	NO	
Caseína con <i>Phaseolus Vulgaris</i>	30.5	x		El valor de la diferencia entre medias es mayor que el valor de amplitud para 4 medias
Caseína con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero	23.75	x		El valor de la diferencia entre medias es mayor que el valor de amplitud para 3 medias
Caseína con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara	17.25	x		El valor de la diferencia entre medias es mayor que el valor de amplitud para 2 medias
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara con <i>Phaseolus Vulgaris</i>	13.25	x		El valor de la diferencia entre medias es mayor que el valor de amplitud para 3 medias
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero	6.5		x	El valor de la diferencia entre medias es menor que el valor de amplitud para 2 medias
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero con <i>Phaseolus Vulgaris</i>	6.75		x	El valor de la diferencia entre medias es menor que el valor de amplitud para 2 medias

Cuadro A4-7. Análisis de varianza de la proteína ingerida en las diferentes dietas

Fuente de variación	gl	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada (p<0.05)
Total (T)	15	94.14			
Dieta (D)	3	74.53	24.84	16.88	3.86
Repetición (r)	3	6.36	2.12	1.44	3.86
Error €	9	13.25	1.47		

Cuadro A4-8. Determinación de dietas significativamente diferentes en los valores promedio de la proteína ingerida de las ratas mediante la prueba de comparación múltiple de Duncan

Dietas a comparar	Valor de la diferencia entre medias	Las dietas comparadas son significativamente diferentes		CONCLUSIÓN
		SÍ	NO	
Caseína con <i>Phaseolus Vulgaris</i>	5.48	X		El valor de la diferencia entre medias es mayor que el valor de amplitud para 4 medias
Caseína con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero	4.65	X		El valor de la diferencia entre medias es mayor que el valor de amplitud para 3 medias
Caseína con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara	2.12	X		El valor de la diferencia entre medias es mayor que el valor de amplitud para 2 medias
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara con <i>Phaseolus Vulgaris</i>	3.36	X		El valor de la diferencia entre medias es mayor que el valor de amplitud para 3 medias
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> sin cáscara con <i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero	2.53	X		El valor de la diferencia entre medias es mayor que el valor de amplitud para 2 medias
<i>Phaseolus Vulgaris</i> + <i>Cowpea</i> entero con <i>Phaseolus Vulgaris</i>	0.84		x	El valor de la diferencia entre medias es menor que el valor de amplitud para 2 medias