

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y NUTRICIONAL DE LA HARINA DE
FRIJOL CAUPÍ (*VIGNA UNGUICULATA L.*) CULTIVADO EN EL
DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

YEISON RODRIGO VARGAS AVILA
OSCAR EDUARDO VILLAMIL LOZANO

UNIVERSIDAD DEL TOLIMA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
IBAGUE
2012

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y NUTRICIONAL DE LA HARINA DE
FRIJOL CAUPÍ (*VIGNA UNGUICULATA L.*) CULTIVADO EN EL
DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

YEISON RODRIGO VARGAS AVILA
OSCAR EDUARDO VILLAMIL LOZANO

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero Agroindustrial

José Fernando Solanilla Duque
Director
Elizabeth Murillo Perea
Walter Murillo Arango
Codirectores

UNIVERSIDAD DEL TOLIMA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
IBAGUE
2012

ADVERTENCIA

La facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad del Tolima, el director y codirectores del trabajo y el jurado calificador, no son responsables de los conceptos ni de las ideas expuestas por los autores en el presente trabajo.

Artículo 16, acuerdo 032 de 1976 y artículo 29, Acuerdo 064 de 1991, Consejo académico de la Universidad del Tolima.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Ibagué, 27.08.2012

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres y demás familiares que con esfuerzo y dedicación nos brindaron la educación superior y también por sus valiosos aportes para nuestro crecimiento personal.

A los Doctores José Fernando Solanilla, Walter Murillo Arango y Elizabeth Murillo Perea por su gran colaboración, paciencia y por brindarnos la oportunidad de trabajar con ustedes aprendiendo acerca del ejercicio de la búsqueda del saber.

A la Universidad del Tolima mediante la oficina de investigaciones y desarrollo científico y los grupos de investigación Cedagritol y Gipronut por su apoyo logístico y económico en la ejecución de este trabajo.

A aquellos que trabajan en el laboratorio y aquellos que fueron nuestros compañeros, Daniel Daza, Erica Soto, Adriana Bautista, Natalia Osorio, Daniel Bernier, John Rincon, Darwin Carranza, Jorge Alvarado, Juan Guillermo Aristizabal, Edgar Villanueva, Daniel Pardo, Tatiana Ortiz, Diego Moyano, Wilmer Sánchez, Andrea Sánchez, Juan Pablo Quintero, por su compañía y aportes para nuestro trabajo.

GLOSARIO

ABIÓTICO: componente o factor del medio ambiente que carece de vida pero que condiciona la existencia de seres vivos en un determinado sitio.

AMINOÁCIDO: compuesto orgánico a partir del cuales se construyen las proteínas.

ANTI CANCERÍGENO: con capacidad de prevenir o retrasar el desarrollo del cáncer.

ANTIMUTAGENICO: una sustancia que reduce o interfiere con la mutación desarrollada por otra sustancia.

ANTINUTRIENTE: sustancia que interfiere con la utilización de uno o más nutrientes por el cuerpo.

ANTIOXIDANTE: sustancia que protege contra la oxidación no deseada y permite que se produzca la oxidación beneficiosa para nuestro organismo.

BIÓTICO: componente o factor que se relaciona con los seres vivos.

CARBOHIDRATOS: compuesto de carbono, hidrógeno y oxígeno.

DESNUTRICIÓN AGUDA: hace referencia al bajo peso para la talla durante la etapa de crecimiento.

DESNUTRICIÓN CRÓNICA: hace referencia al retraso en talla durante la etapa de crecimiento.

DESNUTRICIÓN GLOBAL: hace referencia al bajo peso para la edad durante la etapa de crecimiento.

DESNUTRICIÓN: déficit en la ingesta de nutrientes.

DICOTILEDÓNEA: familia de plantas angiospermas cuya semilla tiene dos cotiledones.

DIGESTIBILIDAD: forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición.

ESTRÉS OXIDATIVO: desequilibrio bioquímico entre los radicales libres (especies reactivas) y los antioxidantes en favor de los primeros lo que propicia daño celular y tisular al organismo.

EXTRACTO ETÉREO: conjunto de sustancias de un alimento que se extraen con éter etílico (ésteres de los ácidos grasos, fosfolípidos, lecitinas, esteroides, ceras, ácidos grasos libres).

FITATOS: integración del ácido fitico con iones metálicos como calcio, cobre, magnesio, manganeso y zinc.

HEMAGLUTINANTE: provoca la aglutinación de los hematíes o glóbulos rojos como respuesta biológica común frente determinados microorganismos.

HIPOCOLESTEROLÉMICO: con capacidad de disminuir los niveles de colesterol sanguíneo.

ACTIVIDAD HIPOGLICÉMICA: con capacidad de disminuir los niveles de glucosa en la sangre.

LEGUMINOSA: familia de las hierbas, matas, arbustos y árboles angiospermos dicotiledóneos con fruto en legumbre y varias semillas sin albumen.

MALNUTRICIÓN: es un cuadro clínico caracterizado por una alteración en la composición del cuerpo, ocasionado por un desequilibrio entre la ingesta de nutrientes y las necesidades nutricionales básicas.

METABOLITO: cualquier molécula utilizada o producida durante el metabolismo.

MICRONUTRIENTES: se conocen como micronutrientes a las sustancias que el organismo de los seres vivos necesita en pequeñas dosis. Son indispensables para los diferentes procesos metabólicos de los organismos vivos. En los animales engloba las vitaminas y minerales.

NUTRACÉUTICO: hace referencia a todos aquellos alimentos que se proclaman como poseedores de un efecto beneficioso sobre la salud humana. Del mismo modo, el término puede aplicarse a compuestos químicos individuales presentes en comidas comunes como algunos fitoquímicos.

OBESIDAD: es la enfermedad crónica de origen multifactorial que se caracteriza por acumulación excesiva de grasa o hipertrofia general del tejido adiposo en el cuerpo.

POLIFENÓLES: conjunto heterogéneo de moléculas que comparten la característica de poseer en su estructura varios grupos bencénicos sustituidos por funciones hidroxílicas.

PROTEASA: nombre genérico que reciben las enzimas que rompen el enlace peptídico de una proteína.

PROTEÍNA: molécula formada por una o más cadenas de aminoácidos.

QUELANTE: sustancia de naturaleza química que tiene la facultad de unirse a los iones metálicos.

TANINOS: compuestos polifenólicos astringentes y de gusto amargo.

VAINA: cáscara en que están encerradas las semillas de algunas plantas, comúnmente las leguminosas.

RESUMEN

El crecimiento poblacional y el suministro de alimentos crean la necesidad de enfocar investigaciones hacia la identificación y evaluación de nuevas fuentes nutricionales. En vista de lo anterior, las leguminosas se perfilan como buenos recursos proteicos y de otros nutrientes de fácil acceso y bajo precio, siendo una alternativa para mitigar la malnutrición presentada en los países de tercer mundo. En este orden de ideas, el frijol caupí *VignaUnguiculata L.*, un cultivo originario de África, de alta resistencia y adaptabilidad en diferentes regímenes climáticos y tipos de suelo, ampliamente cultivada y consumida en países tropicales; fue escogido como material de estudio para el presente trabajo que evaluó las características fisicoquímicas y nutricionales de su harina, determinando la composición proximal, el contenido celular, de minerales, de provitaminas A y C, de fenoles totales, polifenoles y taninos; además de realizar un tamizaje fitoquímico preliminar. Los valores encontrados resultaron comparables con los obtenidos en estudios realizados para otras leguminosas como garbanzo, *Cicerarietinum L.*; lenteja, *Lens esculenta*; arveja, *Pisumsativum*; frijol común, *PhaseolusVulgaris L.*; mostrando un alto contenido de proteína ($20,3 \pm 0,16$ g/100 g), carbohidratos ($68,51 \pm 0,15$ g/100g) y de minerales como hierro ($13,80 \pm 1,00$ mg/100g), zinc ($6,40 \pm 0,52$ mg/100g), potasio ($1977 \pm 0,02$ mg/100g), fósforo ($260,70 \pm 0,03$ mg/100g), magnesio ($154 \pm 0,00$ mg/100g), manganeso ($1,76 \pm 1,53$ mg/100g) y cobre ($0,76 \pm 0,12$ mg/100g) que aportan a la ingesta diaria recomendada por organismos internacionales. Asimismo, el contenido de fenoles ($2440,64 \pm 0,06$ mg/100g), polifenoles ($2066,80 \pm 0,70$ mg/100g), taninos ($531,19 \pm 0,37$ mg/100g), como también la presencia de metabolitos secundarios como flavonoides, fenilpropanoides, esteroides, alcaloides saponinas, podrían conferir al frijol caupí (*VignaUnguiculata L.*) propiedades nutraceuticas beneficiosas para la salud humana.

Palabras clave: frijol caupí, *VignaUnguiculata*, contenido protéico, composición proximal, leguminosa.

ABSTRACT

Population growth and food supply creates the need to focus research towards the identification and evaluation of new nutritional sources. In view of the above, the legumes are seen as good sources of protein and other nutrients readily available and cheap, it is an alternative to alleviate malnutrition presented in third world countries. Cowpea *Vigna Unguiculata L.*, is an African crop, high strength and adaptability to different climatic regimes and soil types, widely grown and consumed in tropical countries. This legume was chosen as study material for this work evaluating the physicochemical and nutritional characteristics of its flour, determining proximate composition, cellular content, minerals, provitamin A and vitamin C, total phenols, polyphenols and tannins in addition to a preliminary phytochemical screening. The results were comparable with those obtained in studies for other legumes such as chickpeas, *Cicer arietinum L.*, lentil, *Lens esculenta*, peas, *Pisum sativum*, common bean, *Phaseolus vulgaris L.*, showing a high protein content (20.3 ± 0.16 g/100 g), carbohydrate (68.51 ± 0.15 g/100g) and minerals such as iron (13.80 ± 1.00 mg/100 g), zinc (6.40 ± 0.52 mg/100g), potassium (1977 ± 0.02 mg/100g), phosphorus (260.70 ± 0.03 mg/100 g), magnesium (154 ± 0.00 mg/100g), manganese (1.76 ± 1.53 mg / 100g) and copper (0.76 ± 0.12 mg/100g) that contribute to the daily intake recommended by international organizations. Also, the content of phenols (2440.64 ± 0.06 mg/100g), polyphenols (2066.80 ± 0.70 mg/100g), tannins (531.19 ± 0.37 mg/100g), and also the presence of secondary metabolites such as flavonoids, phenylpropanoids, steroids, alkaloids, saponins, in cowpea (*VignaUnguiculata L.*) may provide nutraceutical properties beneficial to human health.

Key Words: Cowpea, *Vigna Unguiculata*, protein content, proximate composition, leguminous.

CONTENIDO

	Pág.
<u>INTRODUCCIÓN</u>	16
1. <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	18
2. <u>JUSTIFICACIÓN</u>	21
3. <u>OBJETIVOS</u>	22
3.1 <u>OBJETIVO GENERAL</u>	22
3.2 <u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	22
4. <u>MARCO TEORICO Y ANTECEDENTES</u>	23
4.1 <u>EL FRIJOL CAUPÍ (<i>VIGNA UNGUICULATA L.</i>)</u>	23
4.2 <u>CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA</u>	23
4.3 <u>CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS</u>	24
4.4 <u>CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS</u>	24
4.5 <u>PRODUCCIÓN MUNDIAL</u>	26
4.6 <u>PERFIL NUTRICIONAL DEL FRIJOL CAUPÍ</u>	27
4.7 <u>PERFIL FITOQUÍMICO DEL FRIJOL CAUPÍ</u>	30
5. <u>METODOLOGÍA</u>	33
5.1 <u>CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE FRIJOL CAUPÍ</u>	33
5.1.1 <u>Determinación del contenido de nitrógeno y proteína</u>	33
5.1.2 <u>Determinación del extracto etéreo</u>	33
5.1.3 <u>Determinación de cenizas</u>	34
5.1.4 <u>Determinación del contenido de humedad</u>	34

5.1.5	<u>Determinación de fibra cruda</u>	35
5.1.6	<u>Determinación del contenido de hidratos de carbono</u>	35
5.2	<u>ANALISIS DE CONTENIDO CELULAR</u>	36
5.2.1	<u>Determinación de fibra detergente neutro (FDN)</u>	36
5.2.2	<u>Determinación fibra detergente acido (FDA)</u>	36
5.2.3	<u>Determinación de lignina detergente acido (FDL)</u>	37
5.3	<u>CUANTIFICACION DE MINERALES</u>	38
5.4	<u>DETERMINACION DE PROVITAMINA A</u>	39
5.5	<u>DETERMINACION DE VITAMINA C (METODO ESPECTROFOTOMETRICO DE LA 2 NITROANILINA)</u>	39
5.6	<u>BARRIDO FITOQUIMICO</u>	40
5.7	<u>CUANTIFICACION DE METABOLITOS SECUNDARIOS</u>	40
5.7.1	<u>Determinación de taninosy polifenoles</u>	40
5.7.2	<u>Cuantificación de fenoles totales</u>	41
5.8.	<u>ANALISIS DE RESULTADOS</u>	41
6.	<u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	42
6.1	<u>COMPOSICION PROXIMAL</u>	42
6.2	<u>CONTENIDO CELULAR</u>	45
6.3	<u>COMPOSICION MINERALOGICA</u>	46
6.4	<u>CONTENIDO DE VITAMINAS</u>	49
6.5	<u>TAMIZAJE FITOQUIMICO</u>	50
7.	<u>CONCLUSIONES</u>	56
8.	<u>RECOMENDACIONES</u>	57

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición proximal de la harina de frijol cuarentano (<i>VignaUnguiculata L.</i>)	42
Tabla 2. Contenido celular de la harina de frijol cuarentano (<i>VignaUnguiculata L.</i>)	45
Tabla 3. Composición mineralógica de la harina de frijol cuarentano (<i>VignaUnguiculata L.</i>)	46
Tabla 4. Contenido de algunas vitaminas presentes en la harina de frijol cuarentano (<i>VignaUnguiculata L.</i>)	49
Tabla 5. Identificación cualitativa de metabolitos secundarios en el extracto etanólico a partir de la harina de frijol cuarentano (<i>VignaUnguiculata L.</i>)	51
Tabla 6. Cuantificación de algunos metabolitos secundarios presentes en el extracto acuoso y etanólico de frijol cuarentano (<i>VignaUnguiculata L.</i>)	53

LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo A Curva patrón y cálculos del contenido de vitamina C	67
Anexo B Curva patrón y cálculos del contenido de pro-vitamina A	68
Anexo C Curva patrón y cálculos del contenido de fenoles	69
Anexo D Curva patrón y cálculos del contenido de compuestos polifenolicos	70

INTRODUCCION

Con el aumento de la población mundial, es notable el incremento de la demanda para el consumo de productos vegetales en los alimentos, los cuales deben tener un gran valor nutricional que permita suplir las necesidades de proteínas, carbohidratos, minerales, entre otros, que constituyen parte fundamental en la dieta humana.

En relación con la situación alimentaria actual, es evidente que amplios segmentos de la población en los países tercermundistas padecen de malnutrición (Khalid, Elhardallou, & Elkhalifa, 2012). Las proyecciones fundamentadas en las tendencias actuales revelan una creciente brecha entre la población humana y el suministro de proteínas junto a otros nutrientes, lo cual sumado a las limitaciones socioeconómicas explican la necesidad de enfocar los esfuerzos de investigación hacia la identificación y evaluación de nuevas fuentes alimentarias que puedan ser adoptadas en un futuro (Rangel et al., 2004).

En vista de lo anterior, las leguminosas se perfilan como buenos recursos proteicos y de otros nutrientes de fácil acceso y bajo precio en comparación con la proteína animal, ya que dietas complementarias entre cereales y leguminosas mejoran el estado nutricional, siendo una alternativa para mitigar la malnutrición calórico-proteica presentada en los países de tercer mundo (Marathe, Rajalakshmi, Jamdar, & Sharma, 2011). Con el valor agregado de poseer compuestos conocidos como fitoquímicos que proveen numerosos beneficios adicionales a la salud humana (Guzmán Maldonado, Acosta Gallegos, Álvarez Muñoz, García Delgado, & Loarca Piña, 2002), entre los cuales se mencionan las propiedades hipocolesterolémicas, antiaterogénicas, anticancerígenas e hipoglicémicas (Cardador-Martínez, Loarca Piña, & Oomah, 2002). Pese a la presencia de otros componentes que generan efectos adversos sobre la digestibilidad, la actividad enzimática, la nutrición y la salud (Lima et al., 2004)

Entre su gran diversidad, se encuentran especies con considerable cantidad de nutrientes, en especial las proteínas. Al respecto, diversos estudios se han llevado a cabo para determinar el potencial de varias leguminosas, en el sentido de su uso para la obtención de concentrados proteicos a través del conocimiento de sus propiedades funcionales, nutricionales y de procesamiento. Vose (1980), afirma que, históricamente, la soja ha tenido ventaja competitiva frente a otras semillas de leguminosas, no obstante se hace necesaria la búsqueda de otras fuentes de concentrados proteicos de origen vegetal, los cuales idealmente deberían ser siembras que se cultivan ampliamente en los países tropicales (Rangel et al., 2004, p. 491).

El frijol es la leguminosa de mayor cultivo en el mundo, y es usada como una de las principales fuentes de proteína y minerales de fácil acceso y bajo precio, razón por la cual ha sido catalogado por organismos nacionales e internacionales, como uno de los cultivos obligatorios que se deben incluir en los programas de seguridad alimentaria de las zonas deprimidas y en conflicto (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, 2004). En Colombia, es uno de los productos básicos de la economía campesina de pequeños productores localizados especialmente en los climas fríos y medios de la región andina; sin embargo los niveles de producción no son suficientes para abastecer el mercado interno lo que hace necesaria su importación (Corporación Colombia Internacional, 2000; López Córdoba, Trujillo Navarro, & Penagos Vélez, 2010). Los principales productores de frijol en el país son Antioquia, Santanderes, Huila, Tolima, Boyacá, Cundinamarca y Nariño (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, 2004).

Colombia produce diversas variedades de frijol, dentro de estas se encuentra el frijol caupí o cuarentano, el cual es ampliamente consumido en las zonas tropicales y en algunas zonas subtropicales del mundo, se caracterizan por su resistencia y adaptabilidad en los diferentes regímenes climáticos (Ehlers & Hall, 1997). Por dichas cualidades, en la región Caribe hay cierta preferencia por implementar su cultivo; especialmente en el departamento de Atlántico, donde es la principal clase de frijol producida (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, 2004).

El presente trabajo determinó la composición proximal, mineralógica, vitamínica del frijol cuarentano cultivado en el departamento del Tolima a modo de exponer sus cualidades nutritivas y potencial alimenticio, igualmente realizar la valoración fitoquímica de la harina obtenida del grano con el fin de conocer la composición de algunos metabolitos secundarios de interés nutraceútico.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tasa de crecimiento poblacional y el suministro de alimentos presentan limitaciones de carácter socioeconómico que reflejan la necesidad de enfocar esfuerzos de investigación hacia la identificación y evaluación de nuevas fuentes de alimentos (Rangel et al., 2004), los cuales deben tener un gran valor nutricional que permita suplir las necesidades de proteínas, carbohidratos minerales entre otros, que constituyen parte fundamental de la dieta humana.

Colombia es un país en transición nutricional. Es decir, su población presenta actualmente malnutrición evidenciando dificultades alimentarias propias de países de tercer mundo como la desnutrición crónica y global especialmente en la población infantil y a su vez problemas como la obesidad, característico de los países industrializados, por parte de la población adulta. Se ha identificado que una tercera parte de la población posee deficiencia en el consumo de proteínas y de micronutrientes, siendo más notable en las personas pertenecientes a niveles bajos del sisben y a aquellas que viven en zonas rurales quienes tiene mayores limitaciones económicas para adquirir proteínas de origen animal (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2010).

La proteína animal, a diferencia de la vegetal, muestra precios altos debido a factores asociados a la productividad, los cambios climáticos, el orden público y a la exportación de ganado vivo hacia países fronterizos (Guarin, 2008). Como efecto de la crisis económica y alimentaria del país, las personas generan mecanismos de adaptación obligándose a consumir menores cantidades de alimentos y con bajo valor nutritivo (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2011). En la tabla 1 se muestran los datos nutricionales por segmentos poblacionales en Colombia.

Aunque en los últimos años el país ha mejorado en temas de nutrición, todavía son alarmantes las cifras publicadas en la encuesta de nacional de nutrición 2010, realizada por el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), donde los niños menores de 5 años presenta una retraso en talla del 13.2% y un retaso severo de 2.7%; el 3,4% de los niños presenta un bajo peso para su edad y solo 5.2% de estos presentan obesidad. En comparación con el grupo de niños y jóvenes se observan disminuciones en los porcentajes, pues el retraso en talla pasó a 10%, el retaso severo a 1.4, y la obesidad al 4.1%, sin embargo, aparecen valores a tener en cuenta como el sobre peso y el exceso de peso.

En la población adulta, a pesar de que solo 2,8% de este segmento poseen problemas de desnutrición, se presenta una situación preocupante pues 51.1% de esta fracción muestran sobrepeso u obesidad debido a una dieta poco variada y rica en carbohidratos.

Cuadro 1. Estadísticas de Nutrición en Colombia

Segmento	Indicador Antropométrico	%
Niños menores de 5 años	Desnutrición crónica	13,2
	Desnutrición crónica severa	2,7
	Desnutrición global	3,4
	Desnutrición aguda	0,9
	Riesgo de sobrepeso	20,2
	Sobrepeso u obesidad	5,2
Niños y jóvenes entre 5 y 17 años	Desnutrición crónica	10,0
	Desnutrición crónica severa	1,4
	Desnutrición	2,1
	Sobrepeso	13,4
	Obesidad	4,1
	Exceso de peso	17,5
Adultos entre 18 y 64 años	Desnutrición	2,8
	Normal	46,0
	Sobrepeso	34,6
	Obesidad	16,5

Fuente: ICBF (2010). Encuesta Nacional de Nutrición.

Conforme a las características socioeconómicas para niños menores de 5 años los valores más altos para los retrasos en talla, retraso severo, desnutrición crónica y crónica severa se observaron en poblaciones tales como hijos de mujeres con bajos niveles de educación, etnias indígenas, niveles más bajos del sisben y población rural; esta misma tendencia evidencia para el grupo de niños y jóvenes entre 5 y 17 años. Mientras que en la población adulta, los mayores índices de desnutrición se detallan en comunidades afro descendientes, niveles más bajos del sisben, y personas con baja escolaridad, además no se apreciaron diferencias significativas entre la población rural y urbana.

Por otra parte, las deficiencias en micronutrientes como hierro, zinc, y vitamina A son padecimientos que aquejan las distinta comunidades en el mundo

principalmente en poblaciones vulnerables como niños menores de 5 años y mujeres gestantes. Colombia, no es ajeno a esta problemática, puesto que la deficiencia de hierro encontrada para mujeres gestantes (37,2%) es la más alta, seguido en orden por mujeres en edad fértil (17,1%), niños menores de 5 años (10,6%) y niños entre 5 y 12 años (3,5%). En este orden de ideas, la deficiencia de hierro es la principal causa de la anemia en el 42% de los casos entre jóvenes de 13 a 17 años, asimismo de la mitad de los casos de anemia entre mujeres fértiles y del 60% de las mujeres gestantes con anemia. Los datos acerca de la deficiencia de zinc son preocupantes ya que el 43,3% de los niños entre 1 y 4 años poseen esta falencia sin distinción de edad, etnia, sisben y lugar de residencia (urbana o rural). Además este problema en personas mayores de 9 años presenta una tendencia al incremento de los casos conforme aumenta la edad, con mayor incidencia en la población masculina. En la población infantil, de 1 y 4 años, es prevalente la deficiencia de vitamina A (24,3%) y más aún, en niños menores de 2 años y del nivel 1 del sisben.

La situación anteriormente descrita refleja un inconveniente del estado nutricional de la población colombiana respecto a la absorción y uso biológico de micronutrientes para aspectos tan importantes como el desarrollo cognitivo, el crecimiento físico, la respuesta inmunológica, la producción celular, la capacidad de trabajo, entre otros. Lo que sugiere atención por parte de los entes públicos y privados, como también de la comunidad en general para crear estrategias o alternativas de solución basadas en la promoción de alimentos de fácil acceso y de bajo costo que aporten una carga suficiente de macro nutrientes y micronutrientes para mitigar las falencias nutritivas, en este sentido es necesario realizar estudios explorativos sobre nuevas fuentes alternativas en función de su calidad nutricional, por ende se pretende evaluar y dar a conocer las cualidades del frijol caupí como una opción para reducir los niveles de desnutrición, la cual ya ha sido implementada en otros países del tercer mundo, en particular aquellos que hacen parte del continente africano.

2. JUSTIFICACIÓN

En Colombia son evidentes las dificultades nutricionales para suplir necesidades de proteína y de micronutrientes como hierro y zinc, pese a que se han implementado estrategias como fortificación de alimentos y acciones en salud y educación alimentaria y nutricional (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2010). Además, existe la necesidad de aumentar la producción agrícola y mejorar la calidad de los insumos usados para la alimentación de la creciente población mundial, lo cual ha llevado a la necesidad de identificar y evaluar nuevas fuentes de alimentos en busca de variedades de plantas que posean altos contenidos de nutrientes y altos rendimientos de producción (Rangel et al., 2004).

En vista de lo anterior, las leguminosas se perfilan como buenos recursos proteicos y de otros nutrientes de fácil acceso y bajo precio en comparación con la proteína animal, ya que dietas complementarias entre cereales y leguminosas mejoran el estado nutricional, convirtiéndose en una alternativa para mitigar la malnutrición presentada en los países de tercer mundo (Marathe et al., 2011). Por consiguiente, muchas de ellas, como el frijol, han sido catalogadas por organismos nacionales e internacionales, como cultivos obligatorios que se deben incluir en los programas de seguridad alimentaria de las zonas deprimidas y en conflicto (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, 2004).

En este orden de ideas, el frijol caupí (*VignaUnguiculata L.*), es una leguminosa originaria de África, caracterizada por su resistencia y adaptabilidad a diversos regímenes climáticos y suelos siendo consumida por su valor proteico y cultivada ampliamente en países tropicales de África, Suramérica, Asia y al sur de Estados Unidos (Ehlers & Hall, 1997). Sin embargo, en Colombia esta especie es poco conocida, y cultivada, por lo cual se pretende estudiar las propiedades fisicoquímicas y nutricionales del frijol caupí, cultivado en el departamento del Tolima, Colombia, a modo de exponer sus cualidades nutritivas, potencial agroindustrial y actividad biológica identificando metabolitos secundarios de interés nutraceútico.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar las características fisicoquímicas y nutricionales de la harina de frijol Caupí (*VignaUnguiculata L.*) cultivado en el departamento del Tolima.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar atributos nutricionales en la harina de frijol caupí (*VignaUnguiculata L.*) mediante la determinación de su composición proximal, el contenido celular y mineralógico, con el objeto de compararlos con los valores reportados para otras leguminosas de consumo habitual en el departamento de Tolima y con los requerimientos de ingesta diaria recomendada por organismos internacionales.

Identificar la presencia de metabolitos secundarios de interés nutraceútico como también la cuantificación de fenoles totales, polifenoles y taninos en la harina de frijol caupí (*VignaUnguiculata L.*).

Contribuir en la formación de estudiantes de pregrado con miras a incentivar el interés por la investigación en la Universidad del Tolima.

Hacer una contribución al conocimiento de la flora nutricional de la región tolimense y, conjuntamente, dar a conocer las bondades nutricionales de una leguminosa subestimada comercialmente y de escaso conocimiento por la población pese al futuro promisorio que posee, debido a sus atributos nutricionales y contenido de metabolitos secundarios de interés nutracéutico.

4. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

Las leguminosas son la familia más importante de las dicotiledóneas, puesto que representan un poco menos de la doceava parte de todas las plantas con flores, contando con 18000 especies clasificadas en 650 géneros. Sus semillas se caracterizan por acumular durante su desarrollo grandes cantidades de proteína en orgánulos unidos a la membrana celular, vacuolas de almacenamiento y células del parénquima en el cotiledón(Duranti, 2006).

De este modo, las leguminosas son uno de los grupos más importantes para la humanidad ya que, después de los cereales, es el cultivo que provee de alimentos al mundo, su importancia económica tiende a aumentar debido al incremento de la población que demanda mayores fuentes alimenticias ricas en proteína(Iqbal, Khalil, Ateeq, & Sayyar Khan, 2006), en especial aquellos habitantes ubicados en países de Latinoamérica, Asia y África que por razones económicas, este tipo de granos constituyen gran parte de su dieta(Odedeji & Oyeleke, 2011). Además, varios informes han afirmado que la inclusión de leguminosas en la dieta diaria genera efectos fisiológicos positivos para la salud al contribuir en el control y la prevención de diversos padecimientos metabólicos como diabetes, enfermedades cardiovasculares, obesidad y cáncer de colon(Tharanathan & Mahadevamma, 2003).

4.1 EL FRIJOL CAUPÍ (*VIGNA UNGUICULATA L.*)

El frijol caupí(*VignaUnguiculata L.*), conocido también como frijol cuarentano, frijol soya, cabecita negra, cowpea; es una leguminosa originaria de África occidental e introducida en la India durante el periodo Neolítico, perteneciente a la familia fabaceae y a su vez a la tribu phaseoleae (Ehlers& Hall, 1997).El grano seco es el principal producto de la planta, el cual se caracteriza por su alta cantidad de proteína y contenido nutricional, pero también se consumen sus hojas y sus vainas verdes, conjuntamente es usado para abono verde y forraje.

4.2 CLASIFICACION TAXONOMICA

Según Duke (1981) la clasificación del frijol caupí es la siguiente:Reino: Vegetal, División: Antophyta, Clase: Dicotiledónea, Orden: Fabaceales,Familia: Fabaceae, Género: *Vignay* Especie: *unguiculata*(Apaez, Escalante Estrada, Rodríguez, Olalde, & Ramírez, 2009, p 22)

4.3 CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS

Morfológicamente, la planta tiene aspecto semiarbusivo con ramificación bien desarrollada, presenta un hábito de crecimiento tanto determinado como indeterminado y crece entre 15 y 80 cm de altura (Tropical Forages, 2008). Se caracteriza por sus tallos y hojas glabros, los primeros son cilíndricos o fuertemente angulares y las hojas son pinnatocompuestas trifoliadas, cada foliolo puede medir entre 5-11 x 1,5-5 cm, unidas a un peciolo con longitud entre 6,7 y 8,7 cm; además posee estipulas de 7 a 16 mm de longitud que se prolongan en dos aurículas oblongas hasta 5 mm por debajo del punto de inserción; inflorescencia de 7-30 cm de longitud, subumbelada, pauciflora con las flores agrupadas en el ápice, nudos florales 1-3; las flores miden cerca de 20 mm de longitud y poseen corola blanca con máculas moradas y un estilo que se extiende por encima del estigma formando un gancho (Beyra & Reyes Artiles, 2004). La vaina mide alrededor de 10 -23 cm de largo con 10 a 17 semillas por vaina, las cuales son variables en tamaño y forma que puede ser desde oblonga hasta reniforme, los colores de las semillas pueden ser blanco, marrón crema, marrón y verde.

4.4 CARACTERISTICAS AGRONOMICAS

En primer lugar, el frijol caupí puede sembrarse en cualquier época del año, disponiendo de mínima humedad en el suelo. De este modo se podrían obtener hasta cuatro cosechas al año. Además es posible su siembra tanto solo como intercalado con otros cultivos como maíz, plátano, yuca entre otros (Díaz & López, 1997).

El frijol cuarentano tiene facilidad de adaptarse a una amplia gama de suelos, desde los arenosos hasta los arcillosos pesados con buen drenaje, presentando preferencia por aquellos suelos ligeros que permitan el crecimiento radicular. Posee capacidad de crecer en suelos de baja fertilidad debido a la facultad de hacer una simbiosis efectiva con micorrizas (Kwapata & Hall, 1985) a su capacidad para resistir tanto en suelos con condiciones ácidas como alcalinas (Fery, 1990) y a sus altas tasas de fijación de nitrógeno (Elowad & Hall, 1987). Cabe decir que esta última característica es debido a que bacterias del suelo tales como *Rhizobium* crean nódulos en las raíces de las plantas que pueden llegar a captar entre 70 y 150 kg de nitrógeno por hectárea, presentándose una mayor fijación de este elemento durante la etapa de floración (Sánchez Santana, 2001).

La planta tiene una considerable adaptación a la sequía, creciendo en regímenes climáticos que van desde los 650 mm hasta los 2000 mm (Tropical Forages, 2008), sin embargo se ha evidenciado que el frijol caupí se desarrolla bien en

precipitaciones por debajo de este rango ya que se han obtenido datos de rendimientos alrededor de los 1000 kg ha⁻¹ de grano seco en el Sahel donde hay un ambiente con solo 181 mm de precipitación y altos índices de evaporación (Hall & Patel, 1985). Lo cual es un buen rendimiento comparando con cultivares disponibles en la actualidad sometidos a estos regímenes climáticos y simultáneamente se ha comprobado que la planta es a su vez sensible a las condiciones favorables de crecimiento.

Otros estudios sobre el comportamiento frente a la sequía donde compararon la respuesta fisiológica frente al estrés hídrico de tres cultivares de frijol tales como *Phaseolus vulgaris* cv. Carioca, *Vigna unguiculata* cv. IT83D y *Vigna unguiculata* cv. EPACE-1 se encontró que los cultivares del género *Vigna* son significativamente más tolerantes a la sequía que los cultivares de *Phaseolus vulgaris*. (Cruz de Carvalho, Laffray, & Louquet, 1998)

Por otra parte, la planta es susceptible a las inundaciones prolongadas, la salinidad, y a las heladas (Tropical Forages, 2008) El frijol caupí crece bien en lugares con temperaturas promedio entre 25 y 35°C (Ehlers & Hall, 1997) aunque Díaz & López (1997) sugieren temperaturas desde 18 hasta 35°C. Por encima de dicho rango las hojas y vainas de la planta podrían caerse, mientras que por debajo se reduciría el crecimiento y no se formarían las vainas (Sánchez Santana, 2001). Tiene la capacidad de crecer en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1.500 m, aunque en Camerún se cultiva en altas elevaciones y en Kenia el cultivo puede apreciarse a los 1.600 m.s.n.m. sin embargo después de los 1300 m.s.n.m. suele ser remplazado por el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) (Ehlers & Hall, 1997).

Respecto al desarrollo reproductivo, diferentes variedades de frijol pueden mostrar una amplia variación en este aspecto. Algunos pueden comenzar la floración de 30 días después de la siembra y están listos para la cosecha de semillas secas de 25 días más tarde, otros pueden tardar más de 90 días a floración y 210-240 días para madurar (Tropical Forages, 2008)

En tema de rendimientos, según estudios preliminares realizados por CORPOICA, variedades de caupí cultivadas en el bajo cauca antioqueño presentan promedios de 900 a 1465 kg/ha para ICA Calamari, 355 a 800 kg/ha para CAUPICA M11 y VIGNICA, 915 a 1520 kg/ha para ICA Betanci durante los 65 días de su periodo vegetativo (Díaz & López, 1997).

Adicionalmente, dentro de las plagas que afectan a la planta de frijol caupí se pueden mencionar los gusanos cortadores que escinden la planta durante la germinación y las primeras semanas de desarrollo, crisomélidos que perforan las hojas, insectos como el picudo y los coquitos que perforan las vainas y los gorgojos que se alimentan de los granos almacenados (Apaez et al., 2009; Díaz & López, 1997). Las enfermedades de mayor incidencia en la planta son marchitez (*Phytium*Sp.), mancha redonda de las hojas (*Corynospora*Sp.), quemazón de las hojas (*Pseudomonas*Sp.), vellosidad de las vainas (*Choanesphora*Sp.), mosaico severo del caupí y mosaico dorado del caupí (Díaz & Lopez, 1997).

4.5 PRODUCCION MUNDIAL

Este cultivo es de gran difusión y consumo en áreas con baja elevación sobre el nivel del mar en las zonas tropicales tales como Niger, Nigeria, Bostwana, Mozambique, Sudan, Kenia, Tanzania, Angola y Senegal en el continente africano, ha sido cultivado en Asia, y el sureste y suroeste de regiones de norte América, en Italia al sur de Europa, en algunos países de Sudamérica, principalmente en zonas semiáridas del norte de Brasil (Ehlers & Hall, 1997).

Según FAO, el año 2010 la producción mundial de frijol caupi alcanzó 5'540.903 toneladas cosechadas en 10'498.735 hectáreas, no obstante es muy bajo en comparación con la producción mundial del frijol común (*phaseolusVulgaris L.*) la cual fue de 23'230.034 toneladas en 29'920.906 hectáreas sembradas, y con la producción mundial de soya que para el mismo año registró 261'578.498 toneladas cosechadas en 102'386.923 hectáreas sembradas. Los países que se destacan por presentar los mayores valores producción de frijol caupí a nivel mundial se muestran en la tabla 2, la cual muestra predominancia en la producción de frijol caupí por parte de los países africanos, puesto que dichas naciones ocupan los diez primeros puestos en producción, entre los países del continente americano se encuentran Estados Unidos, Perú y Haití. La mayor área cultivada la destina Níger, seguido de Nigeria y Burkina Faso mientras que la menor área cultivada la presenta Estados Unidos, sin embargo es el país con mayores rendimientos para esta leguminosa con amplias diferencias frente a los países africanos, debido posiblemente a mayores recursos invertidos a la investigación de este grano. Respecto a Colombia, el frijol caupí no se encuentra en la base de datos de la FAO, no obstante se sabe que es producido en gran parte de la región Caribe, principalmente en el departamento de Atlántico seguido por La Guajira, Bolívar y Cesar (Federacion Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, 2004).

Cuadro 2. Producción mundial, área sembrada y rendimiento de frijol Caupí

PAIS	PRODUCCION (tn)	AREA (ha)	Rendimiento (tn/ha)
Nigeria	2'242.800	2'520.000	0,89
Níger	1'774.460	5'570.970	0,32
Burkina Faso	626.113	1'332.160	0,47
Myanmar	169.900	125.600	1,35
Camerún	135.000	132.000	1,02
Malí	128.949	239.150	0,54
República Unida de Tanzania	90.000	160.000	0,56
Uganda	85.000	80.000	1,06
Kenia	72.274	168.273	0,43
República Democrática del Congo	60.000	130.000	0,46
Senegal	48.879	128.244	0,38
Estados Unidos	26.535	13.233	2.00
Malawi	26.183	115.300	0,23
Haití	25.000	37.000	0,67

Fuente: (FAOSTAT, 2010)

4.6 PERFIL NUTRICIONAL DEL FRIJOL CAUPÍ

El perfil nutricional del frijol cuarentano es similar al del frijol común, Mune Mune, Minka, & Mbome (2008); afirmaron que las semillas de caupí son una excelente fuente de carbohidratos (50-60%) y un considerable recurso de proteína (18-35%). Son diversos los estudios que se han llevado a cabo con el fin de exponer su potencial nutritivo tanto en granos como en hojas; en publicaciones anteriores sobre la composición de frijol caupí, se encontró que el contenido proteico oscila entre 17,40 y 39,70 g/100g (Almeida, Greiner, Furtunado, Trigueiro, & Araújo, 2008; Carvalho et al., 2012; Castellón et al., 2003; Díaz, Padilla, Torres, González, & Noda, 2003; Frota, Soares, & Arêas, 2008; Giami, 2005; Iqbal et al., 2006; Maia, Oliveira, Matos, Moreira, & Vasconcelos, 2000; Onwuliri & Obu, 2002; Punia, 2000; Rivas-Vega et al., 2006; Sreerama, Sashikala, Pratape, & Singh, 2012). Desde el punto de vista de la calidad nutricional de las proteínas de frijol caupí, se aprecia que es relativamente pobre en aminoácidos sulfurados como cisteína, metionina y otros como triptófano en comparación con cereales, pero rica en lisina, y con buen contenido de tirosina, leucina y fenilalanina (Carvalho et al., 2012; Frota et al., 2008; Khalid et al., 2012; Maia et al., 2000; Onwuliri & Obu, 2002) por lo cual se hace necesario complementar leguminosas con cereales en la dieta (Duranti, 2006).

El extracto etéreo oscilo entre 1,20 y 9,82g/100g (Carvalho et al., 2012; Castellón et al., 2003; Frota et al., 2008; Giami., 2005; Maia et al., 2000; Okwu&Orji, 2007; Punia, 2000; Sreerama et al., 2012). Dentro de esta fracción lipídica predomina el palmítico y linoléico y en menores proporciones encontraron ácido esteárico, oleico, linolénico, araquidónico, eicosanóico, docosanóico y pentacosanóico (Castellón et al., 2003; Frota et al., 2008; Oluwatosin, 1998).

Los contenidos de fibra cruda pueden variar desde 0,65 g/100g hasta 5,10 g/100g (Odedeji & Oyeleke, 2011; Rivas-Vega et al., 2006; Tshovhote, Nesamvuni, Raphulu, & Gous, 2003). Mientras que el contenido de cenizas presenta un rango entre 1,12 y 4,60 g/100g (Carvalho et al., 2012; Castellón et al., 2003; Frota et al., 2008; Iqbal et al., 2006; Odedeji & Oyeleke, 2011; Rivas-Vega et al., 2006; Sreerama et al., 2012)

Los carbohidratos pueden oscilar entre 50 y 75 g/100g (Frota et al., 2008; Odedeji & Oyeleke, 2011; Sreerama et al., 2012) dentro de estos se pueden encontrar oligosacáridos no reductores como la rafinosa, estaquiosa y verbascosa, característicos de las leguminosas y algunos cereales, sin embargo son compuestos indeseables puesto que no son hidrolizados en la primera etapa de la digestión y terminan siendo fermentados generando flatulencia (Guzmán Maldonado et al., 2002; Phillips et al., 2003).

En análisis mineralógicos realizados en frijol caupí se ha expuesto que el mineral más abundante es el potasio encontrándose valores entre 1280 – 2899 mg/100g. Frota et al., (2008); Iqbal et al., (2006); Onwuliri&Obu, (2002), el contenido de calcio se encontraron datos que oscilan entre 5,21 y 946mg/100g (Carvalho et al., 2012; Frota et al., 2008; Okwu & Orji, 2007; Onwuliri & Obu, 2002; Rivas-Vega et al., 2006). Otros minerales como magnesio y manganeso reportan valores en la literatura alrededor de 1,82 a 350mg/100g y 0,5 a 2,9mg/100g); micronutrientes de gran importancia como el hierro y el zinc presentan contenidos que pueden variar entre (2,6 – 21,6 mg/100g) (2,7 – 8,9 mg/100g) respectivamente (Carvalho et al., 2012; Frota et al., 2008; Iqbal et al., 2006; Okwu & Orji, 2007; Onwuliri & Obu, 2002). Intervalos de (0,1 a 204mg/100g) fueron reportados para sodio y (251 – 510 mg/100g) para fósforo (Carvalho et al., 2012; Frota et al., 2008; Iqbal et al., 2006; Okwu & Orji, 2007; Onwuliri & Obu, 2002). En este orden de ideas el frijol caupí puede ser considerado como buena fuente de minerales como hierro, Zinc, Potasio, Fósforo y Magnesio (Frota et al., 2008). Sin embargo su biodisponibilidad para el organismo puede verse afectado por la presencia de fitatos que funcionan como agentes quelantes para estos elementos, principalmente hierro, magnesio y zinc (Duranti, 2006; Oluwatosin, 1998).

Como se puede ver, la literatura muestra alta variabilidad en la composición fisicoquímica del frijol caupí que se ve altamente influenciado por el mejoramiento genético desarrollado por varios institutos, el cual busca obtener material con mejores características, tales como maduración temprana, alto rendimiento, la calidad nutricional del grano y resistencia a insectos y enfermedades (Carvalho et al., 2012; Giami, 2005). Todas estas modificaciones pueden producir diferencias en la composición bioquímica (Castellón et al., 2003), presentando probablemente una reducción en el nivel de antinutrientes y un aumento de las propiedades nutricionales (Giami, 2005) buscando atender las necesidades alimenticias en los países de tercer mundo (Carvalho et al., 2012). Sin embargo, pese a que las predisposiciones genéticas tengan control sobre las características agronómicas de la semilla, niveles de proteína, minerales y anti nutrientes; factores ambientales como la disponibilidad de nitrógeno y azufre en el suelo inciden en la acumulación de proteínas en la semilla (Tabe, Hagan, & Higgins, 2002). Como también la disponibilidad de calcio, potasio y magnesio en el suelo aumenta la bioacumulación de anti nutrientes como inhibidores de tripsina, fatutos, taninos y hemaglutinina, mientras que la presencia de materia orgánica muestra correlación negativa con dichos compuestos (Oluwatosin, 1999).

Por otro lado se encontró también que el clima durante el cultivo ejerce una gran influencia sobre la composición fisicoquímica de las semillas de frijol caupí, puesto que las temporadas secas favorecen la concentración de minerales como calcio, magnesio y hierro mientras que las temporadas de lluvias contribuyen a mayores fracciones de fosforo y zinc (Oluwatosin, 1998). La alta temperatura (28 - 35°C) favorece la rápida maduración de las vainas y aumenta el rendimiento, lo contrario sucede a temperatura menores a 20°C (Bagnall & King, 1987). Además se ha comprobado estadísticamente que el porcentaje de carbohidratos presenta una fuerte correlación con el contenido de Potasio, Fosforo y Magnesio en la semilla y a su vez una correlación negativa con Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc, aminoácidos sulfurados y ácidos grasos como el linoléico y linolénico(Oluwatosin, 1998).

Sin embargo, pese a su gran contenido proteico y de minerales, la presencia de anti nutrientes como el ácido fítico y polifenoles han sido identificados como un importante factor que limita el uso del frijol cuarentano como alimento (Giami, 2005). Sumado a esto se ha identificado la existencia de inhibidores de proteasa, principalmente el de la tripsina, y azúcares causantes de flatulencia los cuales en conjunto con los anteriores según varios autores Cheftel, Cuq, &Lorient, (1985); Mwasaru, Muhammad, Bakar, & Che Man, (1999); Okafor, Abara, Nwabuko, &Ogbanna, (2002) pueden interactuar con proteínas y reducir su digestibilidad, así como alterar las propiedades organolépticas y funcionales de la harina a partir del grano (MuneMune et al., 2008, p. 735). Sin embargo, en comparación con el frijol común, el frijol caupí tiene niveles más bajos de factores anti nutricionales y

niveles más altos de ácido fólico (Bressani, 1985) y el contenido de antinutrientes como taninos y acidofíticopodría disminuir significativamente después de la cocción (Thangadurai, 2005)

Finalmente, cabe decir que estudios nutricionales del grano de caupí en Colombia, están relacionados con alimentación animal ya que buscan alternativas al uso de la torta de soya. Dentro de los trabajos publicados se encuentra el realizado por Jabib, Barrios, & Vega (2002) quienes estudiaron la incidencia del contenido de caupí en la dieta de pollos de asadero, tanto crudo como cocido sobre la ganancia en peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia hallando que no hay diferencias significativas en las variables analizadas. En otros trabajos, Aguirre (2009) evaluó nutricionalmente el grano de caupí en ratas encontrando que puede sustituir hasta un 50% de la proteína de torta de soya sin deteriorar el desempeño productivo de los animales y que la proteína es mejor utilizada cuando se somete a cocción durante cinco minutos.

4.7 PERFIL FITOQUIMICO DEL FRIJOL CAUPÍ

En cuanto a su composición en metabolitos secundarios, la información sobre los fitoquímicos en caupí se limita, sin embargo, estos fitoquímicos pueden aportar beneficios nutricionales y funcionales a los alimentos (Cai, Hettiarachchy, & Jalaluddin, 2003).

Los compuestos fenólicos son componentes orgánicos que se caracterizan generalmente por poseer uno o más anillos de benceno a los que se unen uno o más grupos hidroxilo que pueden ser de tipo metilo, metoxilo, grupos amino o glicosilo (Chérif, Arfaoui, & Rhaiem, 2007). Por tal motivo son muy diversos y varían considerablemente entre especies y entre tejidos de una misma especie (Beckman, 2000). Las células especializadas de las plantas sintetizan este tipo de metabolitos y los almacenan en sus vacuolas, estos son producidos durante el desarrollo normal del tejido vegetal como también en respuesta a diversos tipos de estrés.

Muchos estudios han documentado la influencia de varios tipos de estrés biótico y abiótico en la síntesis de compuestos fenólicos, tales como ataques por parte de patógenos (bacterias y hongos), daños físicos debido a la depredación por rumiantes, microorganismos e insectos o a causas de otra índole, alta exposición a los rayos UV, bajas temperaturas y bajos niveles de nutrientes (P, N y Fe) y agua en el suelo (Dixon & Paiva, 1995). Se ha observado que los niveles de estos metabolitos se incrementan apreciablemente alrededor del sitio del daño como

una respuesta de defensa(Beckman, 2000). Adicionalmente se puede generar un engrosamiento de la pared celular y un incremento en la síntesis y almacenamiento de lignina(Chérif et al., 2007).

Se ha evidenciado que los fenoles son metabolitos secundarios de gran importancia puesto que actúan como antioxidantes en sistemas alimentarios (Mau, Chao, & Wu, 2001) mediante la eliminación de radicales libres y la desactivación de las reacciones radicalarias responsables del deterioro lipídico (Cai et al., 2003). Además de presentar actividad antioxidante también presentan propiedades antimutagénicas, representando de esta manera beneficios para la salud, ya que pueden participar en la prevención de varias enfermedades mediante su acción como agentes anti carcinogénicos y cardioprotectores(Okwu & Orji, 2007). El contenido de fenoles en el frijol caupi es altamente variable puesto que pueden presentar concentraciones desde 0,04 mg/100g hasta 934,38 mg/100g (Cai et al., 2003; Gutiérrez-Urbe, Romo-Lopez, & Serna-Saldívar, 2011; Okwu & Orji, 2007; Punia, 2000).

Los polifenoles y los taninos, junto con otros compuestos como los flavonoides y antocianinas, son un grupo diverso de fitoquímicos que se producen en las semillas de leguminosas y últimamente han ganado relevancia debido a su capacidad antioxidante que beneficia a la salud humana mediante la prevención de estrés oxidativo(Gutiérrez-Urbe et al., 2011; Wu et al., 2004). Así mismo, los polifenoles poseen propiedades antimutagénicas muy efectivas (Guzmán Maldonado et al., 2002).

Los datos reportados para polifenoles en diferentes variedades de frijol caupí oscilan entre 587 y 987mg/100g (Almeida et al., 2008; Punia, 2000) estos componentes se encuentran principalmente en su exocarpo, frente a esto Kachare et al., (1998) afirma que cuanto más intenso sea el color de la cascara, mayor será el contenido de polifenoles (Punia, 2000, p. 191). Dentro de este grupo de compuestos se encuentran los taninos cuyos valores oscilan entre 0,33 a 874 mg/100g (Duranti, 2006; Hania, 2007; Okwu & Orji, 2007; Oluwatosin, 1999). Cabe mencionar que presencia de este metabolito en leguminosas puede reducir la digestibilidad de la proteína debido a la formación de complejos con proteínas, razón por la cual presentan propiedades anti nutricionales(Marathe et al., 2011). Sin embargo, la formación de dichos complejos, puede ser conveniente ya que como efecto ocasiona una menor digestibilidad de la proteína que podría contribuir a la prevención de la osteoporosis porque conforme a lo dicho por Messina (1990); Remer&Marz (1994), una menor digestibilidad está asociada a una menor producción de iones de hidrogeno durante la hidrólisis de los aminoácidos provenientes de proteínas vegetales comparado con la digestibilidad de las proteínas de la carne; en consecuencia la menor digestibilidad de las

proteínas de frijol mejora la retención relativa del calcio en el sistema óseo (Guzman Maldonado et al., 2002, p. 163-164). Además los estudios sobre la importancia de este nutriente como antioxidante natural y nutraceutico ha aumentado en forma considerable (Siddhuraju & Becker, 2007).

Los flavonoides o bioflavonoides son pigmentos vegetales no nitrogenados, encontrados en semillas, frutas y vegetales; esta familia abarca flavonoles, flavonas, flavononas y antocianidinas. Varios autores como Kandaswami&Middleton, (1998); Middleton&Kandaswani, (1992); Kandaswani& Clemens, (2001); Okwu&Omodamiro, (2005) afirman que además de su actividad inhibitoria de la acción de radicales libres también poseen propiedades biológicas entre las que se destacan anti cancerígena, antiinflamatorio, antibacterial, estimulantes del sistema inmune, anti alérgico, antiviral, efectos estrogénicos, así como también son inhibidores de la fosfolipasa A2, cicloxigenasa, lipoxigenasa, glutatión reductasa y xantinoxidasa(Okwu&Orji, 2007, p. 515).

Los alcaloides son otro tipo de compuestos fitoquímicos hallados en el frijol cuarentano, Mbagwu, Okafor, & Ekeanyanwu(2011) estimaron el contenido de alcaloides en cuatro leguminosas presente al este de Nigeria, dentro de las cuales el caupí presento una concentración de 0.37%. Por otra parte, Okwu & Orji(2007) en su valoración encontraron que la composición en alcaloides para tres variedades de cowpea está dentro del rango de 1.28 a 1.50 mg/100g de grano crudo en base seca. Los alcaloides tienen propiedades fisiológicas y toxicológicas con acción principalmente sobre el sistema nervioso central y en algunos casos son utilizados en el campo de la farmacia, al mismo tiempo pueden causar dependencia psíquica y química si su uso es prolongado. Según Ihekoronye&Ngody, (1985) Las leguminosas contienen estos componentes tóxicos, los cuales interfieren con el proceso digestivo y con el efectivo y eficaz uso como alimento (Okwu&Orji, 2007, p. 515).

Las saponinas son compuestos naturales que están presentes en las legumbres sobre las cuales ejercen una influencia sobre diversos factores inmunitarios, actuando sobre determinados tipos de células haciendo que se produzcan más anticuerpos. En el cuerpo humano genera beneficios sobre la salud gastrointestinal participando en el control y prevención de enfermedades del sistema digestivo (Duranti, 2006) además posee propiedades de formar espuma en soluciones acuosas, disminuir el colesterol y poseer actividad hemolítica(Okwu & Orji, 2007). En estudios anteriores se valoró la cantidad de saponinas encontrando niveles desde 0.11 a 440 mg/100g de grano crudo seco(Mbagwu et al., 2011; Okwu & Orji, 2007)

5. METODOLOGIA

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE FRIJOL CUARENTANO

Las semillas fueron recolectadas en el municipio de Prado, Tolima, y después molidas en un molino y pasadas por un tamiz de 1 mm, una vez hecho esto se almacenaron a temperatura de refrigeración en recipientes plásticos herméticos con el objeto de protegerlos de la humedad y contaminantes. El contenido de nitrógeno, grasa, cenizas, fibra bruta y contenido de humedad se determinó de acuerdo con los procedimientos oficiales de la AOAC (método 954.01, 920.39, 923.03, 962.09 y 925.09 respectivamente) (AOAC, 1997).

5.1.1 Determinación del contenido de nitrógeno y proteína. Se pesó con precisión entre 0.2-0.3 g de muestra que posteriormente fue colocada en el tubo Kjeldahl; agregando aproximadamente 2g del catalizador y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado. Luego el tubo se ubicó en el bloque de digestión y se calentó a ebullición (380°C x 2 h) hasta que la solución presentó un color claro, seguido de un enfriamiento durante 30 minutos adicionando gradualmente cerca de 70 ml de agua destilada, después se añadió una perla de ebullición junto con 40 ml de solución de hidróxido de sodio al 40% y se sometió a destilación donde se colectaron alrededor de 140 ml del destilado, recibiendo el amoníaco desprendido sobre 30 ml de solución indicadora de ácido bórico y por último se tituló la sustancia destilada con ácido clorhídrico 0,1 N. El contenido de nitrógeno se calculó mediante la ecuación:

$$\text{Nitrógeno en la muestra (\%)} = 100 \left[\frac{(A \times B)}{C} \times 0.014 \right]$$

A = Acido clorhídrico usado en la titulación (ml)

B = Normalidad del ácido estándar

C = Peso de la muestra (g)

El contenido de proteína se calculó como el contenido de nitrógeno multiplicado por el factor 6.25.

5.1.2 Determinación de extracto etéreo. Se pesaron con precisión 1 g de muestra sobre papel filtro el cual se selló con la muestra dentro y se colocó en la unidad extractora soxhleta la que posteriormente se conectó un matraz previamente tarado y pesado, adicionando éter de petróleo hasta 2/3 del volumen total.

Después se calentó a ebullición y se dejó en reflujo durante dos horas, una vez transcurrido ese tiempo se recuperó el éter utilizado y se sometió el matraz a una temperatura de 105°C x 2h con el objeto de eliminar trazas de éter y finalmente se pesó con precisión. El contenido de grasa se calculó mediante la ecuación:

$$\text{Contenido de grasa cruda (\%)} = 100((B - A)/C)$$

A = Peso del matraz limpio y seco (g)

B = Peso del matraz con grasa (g)

C = Peso de la muestra (g)

5.1.3 [Determinación de cenizas](#). En un crisol de porcelana previamente tarado, se colocaron de 2.5 a 5 g de muestra seca y se ubicó en una plancha de calentamiento a fin de carbonizar la muestra hasta fin de humos blancos, seguido por una calcinación a 650°C durante 4 horas en mufla, finalmente el crisol con las cenizas de la muestra seca se dejó enfriar y fue nuevamente pesado.

Cálculos

$$\text{Contenido de ceniza (\%)} = 100((B - A)/C)$$

A = Peso del crisol vacío (g)

B = Peso del crisol con ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

5.1.4 [Determinación del contenido de humedad](#). Se pesó 1 g de muestra y se dispuso en una capsula de porcelana previamente tarada, el contenido de humedad se determinó en base a la pérdida de peso después de secado en horno a 110°C durante 2 horas. El cálculo del contenido de humedad fue realizado de la siguiente manera:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = 100((A-B)/C)$$

A = Peso de la capsula + muestra húmeda (g)

B = Peso de la capsula + muestra seca (g)

C = Peso de la muestra (g)

5.1.5 Determinación de fibra cruda. Se Pese exactamente de 1 g de muestra secay libre de grasa en balanza analítica. Se colocó la muestra en un erlenmeyer de boca esmerilada, seadicionaron 20ml de H₂SO₄ al 1.25% y se acopló el erlenmeyera un refrigerante o condensador y se dejó hervir durante 30 minutos, pasado este tiempo, se sometió a enfriamiento y se agregaron 50 ml de NaOH al 3.52% y se calentó por 30 minutos más. Posteriormente, se dejó que la temperatura disminuyera y se procedió a filtrar al vacío utilizando un embudo Buchner con un lienzo de filtración. Durante la filtración se realizaron lavados sucesivos con agua caliente, hasta la eliminación del álcali (utilizando papel indicador de pH para confirmarlo) después con H₂SO₄ al 1.25% (hasta llevar la muestra a una ligera acidez), luego se lavó nuevamente con agua hasta librarla de la acidez, seguido de dos lavados con alcohol etílico y por ultimo con éter etílico. La muestra se pasó a un crisol de porcelana previamente pesado y tarado, esta se sometió a secamiento a 110°C hasta que el peso fuera constante, este se registro. Por último se incineró en la mufla a 500°C durante 2 horas, después se enfrió en desecador y se tomó el peso. El resultado de la pérdida de peso es la fibra cruda.

$$\text{Contenido de fibra cruda (\%)} = 100((A - B)/C)$$

A = Peso del residuo seco (g)

B = Peso de la ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

5.1.6 Determinación del contenido de hidratos de carbono. Se estimó como extracto libre de nitrógeno (E.L.N.) como lo indica Betancur-Ancona, López-Luna, & Chel-Guerrero(2003).

$$\text{Extracto Libre de Nitrógeno (\%)} = 100 - (A+B+C+D+E)$$

A = Contenido de humedad (%)

B = Contenido de proteína cruda (%)

C = Contenido de lípidos crudos (%)

D = Contenido de fibra cruda (%)

E = Contenido de ceniza (%)

5.2 ANÁLISIS DEL CONTENIDO CELULAR

Las pruebas para el análisis del contenido celular fueron realizadas siguiendo la metodología sugerida por Van Soest, Roberttson, & Lewis(1991). La cual se describe a continuación.

5.2.1 Determinación de fibra detergente neutro (FDN). Se pesó 1.0 g de muestra en balanza analítica y se depositó en un matraz de fondo redondo para iniciar el reflujo adicionado en orden 100 ml de solución detergente neutro a temperatura ambiente y 0.5 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. La solución fue Calentada hasta ebullición entre 5 y 10 minutos; en el momento en que inicia la ebullición se redujo la temperatura para evitar la formación de espuma, Ajustando la temperatura para que la solución hirviese suavemente y se mantuviera el reflujo por 60 minutos a partir del instante en que comenzó a hervir. Pasado el tiempo del reflujo, se procedió a filtrar al vacío utilizando un embudo Buchner con un lienzo de filtración, se realizaron lavados sucesivos con agua caliente hasta observar un cambio en el pH, seguido de dos lavados con acetona. Posteriormente se detuvo el vacío y la muestra se pasó cuidadosamente a un crisol previamente tarado y pesado. El crisol se sometió a secado a 105°C durante 12 h, este se enfrió en un desecador y se pesó. Por último el crisol fue llevado a mufla a 550°C por 2h, se enfrió en desecador y se registró el peso. Los cálculos se realizaron como se muestra a continuación:

$$\text{FDN}(\%) = 100 ((B-C)/A)$$

A = Peso del residuo seco (g)

B = Peso de la ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

5.2.2 Determinación fibra detergente ácido (FDA). Se Peso en balanza analítica 1g de muestra seca y se transfirió a un matraz de boca esmerilada de 250 ml, adicionando 100 ml de la solución de detergente ácido y 0.5 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Se coloco el matraz en la manta con el condensador instalado, llevándose rápidamente a ebullición (3 a 5 minutos), una vez alcanzado el punto de ebullición se mantuvo durante 1 hora. Terminado el tiempo del reflujo se pasoa filtrar al vacío utilizando un embudo Buchner con un lienzo de filtración, se hicieron lavados sucesivos con agua caliente hasta observar cambio en el pH, luego de esto, se hace un lavado con cetona y la muestra es pasada cuidadosamente a un crisol previamente tarado y pesado, el crisol es sometido a estufa durante 12 horas a 105°C . Al final de este tiempo la muestra es enfriada en desecador y se registra el peso. El porcentaje de fibra se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\text{FDA (\%)} = 100 (B/A)$$

Donde:

A = Peso de muestra seca (g)

B = Peso del residuo seco (g)

5.2.3 Determinación de lignina detergente ácido (FDL). Se paso el restante de FDA contenido en el crisol a un erlenmeyer con 25 ml de H₂SO₄ al 72%, la muestra se colocada en digestión durante 3h con agitación constante (200-250 rpm) en un agitador mecánico. Pasado el procedimiento anterior, se pasóa filtrar al vacío utilizando un embudo Buchner con un lienzo de filtración seguido por lavados con agua destilada hirviendo hasta el cambio del pH. Este residuo es llevado a un crisol previamente tarado y pesado y sometido en estufa a 105°C por 8h, enfriado en desecador y pesado, por último el crisol se trasladado a la mufla a temperatura de 550°C durante 2h, se enfrían en desecador y se pesa, este ultimo peso es utilizado para el cálculo del porcentaje de lignina.

$$\text{FDLA (\%)} = (B/A) \times 100$$

Donde:

A= peso de muestra seca de (FDA)

B= peso del residuo seco

Los porcentajes de lignina, hemilcelulosa, celulosa, sílice y contenido celular se estimaran mediante modelos matemáticos utilizando los valores de FDA, FDN y FDL.

$$\text{Lignina (\%)} = ((B-C)/A)$$

Donde:

A= peso de la muestra seca de (FDA)

B= peso del residuo seco

C= peso de la ceniza

Hemicelulosa (%) = (%) FDN – (%) FDA

Celulosa (%) = (%) FDA – (%) FDL

Sílice (%) = (%) FDL – (%) Lignina

Contenido celular (%) = 100% - (%) FDN

5.3 CUANTIFICACION DE MINERALES

Se pesó en balanza analítica 1g de muestra el cual se agregó en un crisol y se puso a carbonizar durante 20 min, luego se llevo a mufla a 550°C durante 5 horas; pasado este tiempo la muestra se puso en digestión con 5 ml de ácido clorhídrico al 10% y se filtró con papel cuantitativo, todo el filtrado se depositó en un balón de 50ml que posteriormente fue aforado. De esta solución se tomaron directamente las alícuotas para la determinación de minerales menores (cobre, zinc, manganeso y hierro), para la determinación de los demás minerales se tomaron alícuotas de esta solución, pero se le hizo un acondicionamiento previo.

Para la determinación de (Ca, Mg, y K) en un recipiente plástico se tomó una alícuota de 1ml y se le agregó 1ml de óxido de lantano seguido por 48ml de agua destilada. La lectura se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica (Shimadzu AA 6300).

El contenido de (Na) se estimó agregando en un erlenmeyer 2ml de la solución de muestra junto con 18 ml de agua. La lectura se hizo en espectrofotómetro de absorción atómica (Shimadzu AA 6300).

La cuantificación de (P) se llevó a cabo tomando 0.5ml de alícuota en un erlenmeyer seguido de 2ml de agua destilada, posteriormente se le agregó un 1ml de la mezcla de 0.5ml del reactivo A y 0.5ml del reactivo B; se agito y se dejó reposar durante 10 min. La lectura se hizo en espectrofotómetro a 430nm.

El (B) se determinó tomando 5ml de alícuota en un frasco plástico, luego se agregaron 2ml de asometina, seguido por 4ml de buffer de boro, la solución se homogenizó y se dejó en reposo durante cuarenta minutos, transcurrido el tiempo se procedió a leer en el espectrofotómetro a 430nm.

Para la cuantificación del (S) se tomaron 10ml de alícuota en un frasco complotero, a este se le agregaron 2ml de solución semilla y 4ml de gelatina (cloruro de vario), y se leyó la tramitación en un espectrofotómetro; para esta determinación se hizo un blanco siguiendo el mismo procedimiento, pero con 10ml de agua.

5.4 DETERMINACION DE PROVITAMINA A

La provitamina A en el frijol cuarentano se cuantificó según la metodología planteada por Rasaki & Abimbola (2009). Se tomó 1 ml de extracto etanólico por triplicado, después se agregaron 6 ml de Butil-Hidroxi-Tolueno (BHT) a 1000 ppm en etanol y se agitó durante 25 segundos, luego se sometió a baño de María (85°C x 5'), posteriormente se añadieron 0,5 ml de KOH al 80%, se agitó en vortex durante 1 minuto y se dispuso nuevamente a baño de María (85° x 10') seguido por agitación mecánica a 250 rpm durante 5 minutos y por baño de hielo en un tiempo de 5 minutos, consecutivamente se adicionaron 3 ml de agua desionizada y 3 ml de hexano, esta mezcla se centrifugó a 3000 rpm durante 10 minutos y se separó el sobrenadante mediante decantación, a la solución restante se centrifugó y se decantó nuevamente con adición previa de 3 ml de agua desionizada y 3 ml de hexano, los sobrenadantes obtenidos fueron agrupados y se aforó cada triplicado hasta 10 ml con hexano. Prontamente se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 450 nm, calibrando y ajustando a cero con el blanco elaborado en hexano; los valores obtenidos fueron verificados frente a una curva de calibración previamente elaborada a partir de beta caroteno estándar en hexano.

5.5 DETERMINACION DE VITAMINA C (MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO DE LA 2-NITROANILINA)

Para la extracción se tomó 1g de harina, al que se le agregaron 8ml de solución de ácido oxálico al 0.15%; se agitó y se dejó en reposo unos 3 minutos. Posteriormente se filtró mediante papel de filtro cuantitativo seco. El filtrado constituyó el extracto problema.

Para la determinación del contenido de vitamina C se tomaron 6 tubos para hacer dos triplicados de dos alícuotas distintas del extracto problema. Primeramente, a estos se les adicionaron 0.1ml de solución acética-clorhídrica de 2-nitroanilina al 0,16% seguido por 0,1ml de solución acuosa de nitrito de sodio al 0,08% recién preparados, estos fueron mezclados y el producto resultante fue dejado en reposo durante un minuto; pasado este minuto se procedió a agregar 3,8ml de etanol absoluto, se añadieron alícuotas de 0,5ml y 1ml del extracto problema, completando la alícuota menor con 0,5ml de solución de ácido oxálico al 0.15% con el fin de tener volúmenes iguales en los tubos, se mezclaron y se esperó durante 15 minutos, al finalizar el tiempo se sumaron 1.2 ml de solución de hidróxido de sodio al 10% y 3,8 ml de agua destilada. El contenido de cada tubo se homogenizó y las absorbancias fueron leídas a 540nm en el espectrofotómetro. Para la curva patrón se preparó una solución de vitamina C en

ácido oxálico del 0,15% en concentración de 0,2mg de vitamina C/ml, luego se procede de igual manera que con las muestras, teniendo en cuenta que volúmenes de solución patrón y de ácido oxálico no sobrepasen 1 ml, siendo los blancos 1ml de ácido oxálico del 0,15% y la concentración mayor 1ml de solución patrón, el resto de la curva se construye con mezclas de estos.

5.6 BARRIDO FITOQUIMICO

Se efectuaron ensayos cualitativos al extracto etanólico de la harina proveniente de semillas de frijol cuarentano obtenido mediante decocción, conforme a lo planteado en la guía metodológica desarrollada por Murillo Perea & Mendez Arteaga (2011); estas pruebas consistieron en reacciones de precipitación y coloración para evaluar la presencia de metabolitos secundarios tales como: taninos, polifenoles, flavonoides, fenilpropanoides, antraquinonas, terpenos/esteroides, iridoides, alcaloides, cardiotónicos, cumarinas, lactonasterpénicas, sesquiterpenlactonas, saponinas, aminoácidos libres y péptidos.

5.7 CUANTIFICACION DE METABOLITOS SECUNDARIOS

Se realizaron ensayos para determinar la cantidad de taninos, polifenoles, fenoles y alcaloides al extracto etanólico de frijol cuarentano.

5.7.1 Determinación de la cantidad de taninos y polifenoles. se procedió siguiendo la metodología desarrollada por Lastra Valdés, Rodríguez Leyes, Ponce de León Rego, & González Sanabria (2000) que consiste en la lectura de absorbancias de las muestras triplicadas correspondientes a los polifenoles totales y los polifenoles residuales después del secuestro de los taninos con gelatina mediante espectrofotometría a 700 nm, dichos valores se verificaron frente a una curva de calibración previamente elaborada a partir de ácido tánico. Cabe aclarar que la diferencia entre las concentraciones de polifenoles totales y residuales corresponde al contenido de taninos en la muestra.

Las muestras de polifenoles totales se prepararon midiendo 1 ml de extracto y diluyendo con agua destilada hasta enrase en un balón volumétrico de 25 ml. De la solución anterior se tomaron porciones de 5 ml y se llevaron a matraces de 25 ml, adicionando posteriormente 4 ml de agua destilada. Con el blanco se siguió el mismo procedimiento a partir de 1 ml de etanol.

En el caso de las muestras de polifenoles residuales se midieron 2 ml del extracto y fueron transferidos a un matraz aforado de 25 ml, adicionándole posteriormente 8 ml de agua destilada, 5 ml de solución de gelatina al 25 %, 10 ml de solución saturada de cloruro de sodio acidificada y 1 g de caolín. Se tapó y agitó durante 30 min, dejándose reposar para posteriormente filtrar. Del filtrado se tomaron 5 ml y se transfirieron a un matraz aforado de 25 ml completando con agua destilada. Luego se tomaron 5 ml y se llevaron a un balón volumétrico de 25 ml, adicionando posteriormente 4 ml de agua destilada. Con el blanco se siguió el mismo procedimiento a partir de 2 ml de etanol.

En el desarrollo de color para cada uno (blancos y muestras), se les agregaron 2 ml de solución tungsto-fosfomolibdico, se agitó y se dejó reposar durante 5 min. Luego se añadió 1 ml de solución de carbonato de sodio al 20 %, se agitó, enrasó con agua destilada y homogenizó.

5.7.2 [Cuantificación de fenoles totales](#). Fue llevado a cabo siguiendo el método propuesto por Dastmalchi, Damien Dorman, Laakso, & Hiltunen (2007). Se tomaron 50 µl de extracto al cual se le agregaron 250 µl de reactivo de Folin-Ciocalteu dejando reposar 5 minutos, después se agregaron 750 µl de Na₂CO₃ al 20% y 950 µl de agua destilada, luego se deja en reposo durante dos horas protegido de la luz y transcurrido ese tiempo se lee la absorbancia a 760 nm. Los valores se confrontaron frente a una curva de calibración previamente elaborada a partir de ácido gálico.

5.8 [ANALISIS DE RESULTADOS](#)

Los resultados se presentan como valores medios de tres replicas y desviaciones estándar. Comparando con los valores obtenidos con otros estudios tanto para frijol caupí como para otras leguminosas como garbanzo (*Cicer arietinum L.*), lenteja (*Lens esculenta*), arveja (*Pisum sativum*), frijol común (*Phaseolus Vulgaris L.*) y soya (*Glycine Max*). Además los resultados del análisis proximal, mineralógico y de vitaminas fueron confrontados con los requerimientos de ingesta diaria recomendada por varios institutos como FDA (Food and Drug Administration) y IOM (Institute Of Medicine).

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 COMPOSICION PROXIMAL

Los datos sobre la composición proximal realizada a la harina de frijol cuarentano (*VignaUnguiculata L.*) se muestran en la tabla 1, aquí se puede apreciar que los valores son comparables con otras variedades de caupí cultivados en otros países(Almeida et al., 2008; Carvalho et al., 2012; Castellón et al., 2003; Díaz et al., 2003; Frota et al., 2008; Giami, 2005; Iqbal et al., 2006; Punia, 2000; Rivas-Vega et al., 2006; Sreerama et al., 2012).

Tabla 1. Composición proximal de la harina de frijol cuarentano (*VignaUnguiculataL.*)

componentes	Frijol cuarentano
Humedad	12,76 ± 0,17
Cenizas	3,74 ± 0,02
Proteínas	20,30 ± 0,16
Lípidos	3,18 ± 0,04
Fibra cruda	4,12 ± 0,02
E.L.N.	68,51 ± 0,15

Valores mostrados como medias de tres réplicas ± DE(g/100g en base seca, excepto humedad)

Fuente: Autor

El contenido de proteína cruda (20,30 g/100g) está dentro del rango publicado por dichos autores quienes encuentran valores entre 17,4 y 28,3 g/100g. aunque (Mune Mune et al., 2008)afirmaque el frijol caupí posee contenidos proteicos muchos mayores, lo cual es corroborado por(Onwuliri & Obu, 2002) quienes obtuvieron datos cercanos a los 40 g/100g.

Como se puede ver, la literatura sustenta amplias diferencias entre los datos en proteína, los cuales posiblemente se deban a cambios en la composición bioquímica inducidas por el mejoramiento genético(Castellón et al., 2003)que busca atender las necesidades nutricionales en los países de tercer mundo (Carvalho et al., 2012). Sin embargo, pese a que las características genéticas tengan control sobre el contenido de proteína y otros nutrientes, factores ambientales como la disponibilidad de nitrógeno y azufre en el suelo inciden fuertemente en la acumulación de proteínas en la semilla (Tabe et al., 2002).

En comparación con otros granos tales como arveja verde (21,5 - 24,9 g/100g), lenteja (20,6 - 26,1 g/100g), garbanzo (18,5 - 24,0 g/100g), frijol (19,7 - 27,8 g/100g), habas (25,4 g/100g) y soya (33,3 - 39,0 g/100g) (de Almeida Costa, da Silva Queiroz-Monici, Pissini Machado Reis, & de Oliveira, 2006; Iqbal et al., 2006; Mallillin, Trinidad, Raterta, Dagbay, & Loyola, 2008; Nassar, Mubarak, & El-Beltagy, 2008; Okwu & Orji, 2007; Ortega, Vinay, & López, 1996; Siddiq, Ravi, Harte, & Dolan, 2010), el contenido proteico del frijol cuarentano estudiado en el presente trabajo es cercano a los valores de las demás leguminosas a excepción de la soya cuyo valor es mucho mayor a los demás granos.

Más importante que las comparaciones resaltadas con anterioridad, cuando se confronta el resultado de este estudio con los valores de ingesta diaria de proteína (50 g/día) recomendada por la FDA (Food and Drug Administration) en el año 2010 basándose en una dieta de 2000 Kcal para personas mayores de 4 años, se puede considerar que el frijol caupí aporta niveles de proteína para suplir las necesidades diarias.

El contenido de lípidos (3,18 g/100g) está por encima de los valores reportados, los cuales oscilan 1,3 y 2,2 g/100g (Carvalho et al., 2012; Castellón et al., 2003; Frota et al., 2008; Giami, 2005; Punia, 2000; Sreerama et al., 2012), no obstante estos se encuentran dentro del rango mostrado por (Maia et al., 2000) quien encontró variaciones entre 1,2 a 3,5 g/100g, además cabe destacar que dentro de esta leguminosa se pueden obtener resultados de contenidos lipídicos mayores de 4,8 g/100g (Iqbal et al., 2006) e incluso hasta 9,82 g/100g (Okwu & Orji, 2007).

Estudios anteriores sobre la composición lipídica muestran un predominio de los ácidos grasos insaturados sobre los saturados. Dentro de dichos componentes grasos, el ácido palmítico junto con el ácido linoléico fueron los de mayor proporción, y en menores cantidades se encontraron ácido esteárico, oleico, linolénico, araquidónico, eicosanóico, docosanóico y pentacosanóico (Castellón et al., 2003; Frota et al., 2008; Oluwatosin, 1998).

En comparación con otros granos, el frijol cuarentano presenta valores de extracto etéreo mayores a la arveja verde (1,00-2,45 g/100g) y a la haba (1,05 g/100g) (Iqbal et al., 2006; Mallillin et al., 2008; Nassar et al., 2008). Puede presentar contenidos de grasa cruda similares a la lenteja (2,15 - 3,20 g/100g), el frijol común (0,89 - 4,56 g/100g) y el garbanzo (2,30 - 6,69 g/100g) (de Almeida Costa et al., 2006; Iqbal et al., 2006; Mallillin et al., 2008; Nassar et al., 2008; Ortega et al., 1996; Siddiq et al., 2010). Y muestra valores mucho menores a lo reportado en soya que se encuentra alrededor de 21,08 g/100g (Okwu & Orji, 2007). Basado en lo anterior, frijol caupí no cubre las necesidades diarias de lípidos

teniendo que complementarse con otros alimentos ya que la FDA recomienda 65g/día, no obstante lo mismo sucede con la mayoría de las leguminosas.

La fibra cruda encontrada en la harina de las semillas de frijol caupi, igual que sucede con otros parámetros bromatológicos, presenta valores diferenciales mostrados por varios autores, que varían desde 0,65 g/100g hasta 5,10 g/100g (Odedeji & Oyeleke, 2011; Rivas-Vega et al., 2006; Tshovhote et al., 2003). El dato obtenido en el presente estudio (4,12 g/100g) está dentro del rango anteriormente expuesto. Al observar los valores de fibra cruda reportados en otros estudios (de Almeida Costa et al., 2006; Nassar et al., 2008; Okwu & Orji, 2007; Ortega et al., 1996; Siddiq et al., 2010) para distintas leguminosas se tiene que es similar a lo encontrado en arveja (4,15 – 10,40 g/100g), haba (3,48 g/100g), garbanzo (4,23 – 9,8 g/100g), soya (4,68 g/100g) y frijol común (3,38 – 9,36 g/100g).

La cantidad de cenizas presentes en la harina fue de 3,74 g/100g; encontrándose dentro del rango ya su vez cercano al límite (1,12 a 4,60 g/100g de harina) encontrado en la literatura (Carvalho et al., 2012; Castellón et al., 2003; Frota et al., 2008; Iqbal et al., 2006; Odedeji & Oyeleke, 2011; Rivas-Vega et al., 2006; Sreerama et al., 2012). Los resultados indican la presencia de una importante cantidad de minerales.

Al evaluar el contenido de cenizas valorado en este estudio frente a lo publicado por otros autores para otras leguminosas (de Almeida Costa et al., 2006; Iqbal et al., 2006; Nassar et al., 2008; Okwu & Orji, 2007; Siddiq et al., 2010) se puede apreciar que el contenido de cenizas en el frijol cuarentano resultó ser mayor a lo encontrado en lentejas (2,80 g/100g), ligeramente similar en cantidad con el garbanzo (2,73 - 3,60 g/100g), arveja (3,00 – 3,60 g/100g) y soya (3,40 g/100g), e inferior a lo reportado en algunas variedades de frijol común (3,8 – 5,0 g/100g).

El contenido de carbohidratos (68,51 g/100g) está por encima de los datos reportados por (Frota et al., 2008; Odedeji & Oyeleke, 2011; Sreerama et al., 2012), sin embargo existen variedades con porcentajes muchos más altos como lo indica (Castellón et al., 2003) quien muestra valores cercanos al 75%. Observando el contenido de carbohidratos en otras leguminosas se puede afirmar que el contenido de carbohidratos en frijol cuarentano se encuentra dentro del rango encontrado en arveja (52,50 – 69,40 g/100g) y es superior a lo reportado en frijol (54,3 – 60,4 g/100g), garbanzo (54,00 – 65,67 g/100g), lenteja (56,40 g/100g), habas (66,53 g/100g) y soya (32,78 g/100g) (de Almeida Costa et al., 2006; Mallillin et al., 2008; Nassar et al., 2008; Okwu & Orji, 2007).

Al comparar el contenido de carbohidratos del frijol caupí con el valor de ingesta diaria recomendada por la FDA (300g/día), se puede decir que es una buena fuente de este tipo de componentes en la dieta, lo que coincide con lo afirmado por MuneMune et al., (2008), cabe mencionar que los carbohidratos del frijol caupí son en su mayoría no reductores, estos son indeseables en la digestión puesto que son causantes de flatulencia (Phillips et al., 2003).

6.2 CONTENIDO CELULAR

Los resultados acerca de la composición celular de la harina de frijol cuarentano (*VignaUnguiculata L.*) se muestran en la tabla 2 y son comparables con los datos obtenidos para varias leguminosas estacionales (Camelo, Torres, & Díaz, 2007).

Tabla 2. Contenido celular de la harina de frijol cuarentano (*VignaUnguiculata L.*)

Parámetro	Frijol cuarentano
Fibra en detergente ácido (FDA)	9,18 ± 0,18
Lignina Fibra detergente (FDL)	5,87 ± 0,23
Fibra en detergente neutro (FDN)	19,61 ± 1,42
Lignina	5,78 ± 0,25
Celulosa	3,32 ± 0,05
Hemilcelulosa	10,42 ± 1,28
Sílice	0,08 ± 0,06
Contenido celular	80,39 ± 1,42

Valores mostrados como medias (%) de tres réplicas ± DE

Fuente: Autor

En relación al contenido de FDA y FDN (9,18% y 19,61% respectivamente), los datos obtenidos en este estudio son similares a lo reportado por (Camelo et al., 2007; Díaz et al., 2003)) para variedades de frijol caupí analizadas. Por otra parte, la fracción celulósica es menor y la de lignina es mayor en comparación con los valores obtenidos por los mismos autores. El frijol caupí se caracteriza por poseer bajos contenidos en fibra (Díaz et al., 2003), lo cual le proporciona aptitudes para la alimentación de animales mono gástricos (Camelo et al., 2007).

En otro sentido, al revisar los resultados de contenido celular reportados para otras leguminosas como frijol común, garbanzo y lenteja (Rehinan, Rashid, & Shah, 2004); se tiene que el frijol cuarentano presenta valores porcentuales de celulosa y hemilcelulosa inferiores a los del garbanzo (8,4 y 16,0%

respectivamente), frijol (6,2 – 14,9 %) y lenteja (8,1 y 20,3 %) e igualmente ocurre con el porcentaje de FDN (19,6%) ya que el frijol, el garbanzo y la lenteja presentan mayores contenidos, los cuales fueron en su orden 24,3%, 25,5% y 29,8%. Al mismo tiempo, el dato medio correspondiente a FDA (9,18%) es semejante a los valores estipulados para garbanzo, frijol y lenteja; los cuales oscilan alrededor de 9,0%. Por último, la fracción de lignina (5,7%) resulta ser superior en comparación con las anteriores semillas que no ostentan valores mayores a 1,5%. Lo cual hace pensar que posiblemente existieron lesiones en la planta que incitaron a la producción de fitoalexinas que se ubican en la pared celular actuando como mecanismos de defensa, además de servir como precursores para la síntesis de lignina (Dixon & Paiva, 1995), lo que se confirma más adelante con los resultados del perfil fitoquímico.

6.3 COMPOSICION MINERALOGICA

Los resultados acerca del barrido de minerales realizado a la harina de frijol cuarentano (*VignaUnguiculata L.*) se muestran en la tabla 3 y son comparables con los resultados obtenidos por otros autores (Frota et al., 2008; Iqbal et al., 2006; Okwu & Orji, 2007; Rivas-Vega et al., 2006).

Tabla 3. Composición mineralógica de la harina de frijol cuarentano (*VignaUnguiculata L.*)

Mineral	Frijol cuarentano	Ingesta diaria recomendada (mg/día)*
Azufre	93 ± 0,01	
Potasio	1977 ± 0,02	400 - 5100
Fosforo	260,70 ± 0,03	100 - 1250
Magnesio	154 ± 0,00	30 - 420
Cobre	0,76 ± 0,12	0.2 - 1,3
Zinc	6,40 ± 0,52	2 - 13
Hierro	13,80 ± 1,00	0,3 - 27
Calcio	180 ± 0,00	210 - 1300
Sodio	22,07 ± 1,53	120 - 1500
Boro	5,97 ± 1,15	
Manganeso	1,76 ± 1,53	0.003 - 2.6

Valores mostrados como medias de tres réplicas ± DE (Contenidos expresados en mg/100g).

Fuente: Autor

* Otten, Hellwig y Meyers (2006)

En el presente estudio se coincidió con Frota et al., (2008); Iqbal et al., (2006) que el potasio y el fósforo son los de más alto contenido dentro de los minerales estudiados en la harina de frijol caupí, aunque se ha encontrado que el calcio es el mineral más abundante en otros estudios (Okwu & Orji, 2007; Rivas-Vega et al., 2006). La concentración más alta encontrada en este trabajo corresponde al potasio (1977 mg/100g), el cual concuerda con los resultados obtenidos por Frota et al., (2008); Iqbal et al., (2006); Onwuliri & Obu, (2002) quienes hallaron concentraciones de potasio desde 1280 hasta 2899 mg/100g en sus estudios para diferentes variedades de frijol caupí

El contenido de fósforo (260,70mg/100g) cuyo valor es comparable con lo reportado por Frota et al., (2008); Iqbal et al., (2006); Onwuliri & Obu, (2002). Cabe mencionar que un apreciable contenido de fósforo posiblemente se debe a la simbiosis con micorrizas y/o a una fertilización con este elemento como también a factores climáticos, en especial a temporadas con alta precipitación ya que un aumento en la humedad del suelo en dicho periodo aumenta la disponibilidad de fosfatos en la solución del suelo favoreciendo su absorción por las raíces de las plantas (Oluwatosin, 1998).

Carvalho et al., (2012); Okwu & Orji (2007); Rivas-Vega et al., (2006) publicaron concentraciones de calcio entre 5,21 mg/100g y 51 mg/100g, esto comparado con los datos obtenidos en el presente estudio (180 mg/100g) son mucho mayores, pero están próximos a los valores estimados por Frota et al., (2008); Iqbal et al., (2006), sin embargo se pueden encontrar niveles de calcio en el orden de 946 mg/100g (Onwuliri & Obu, 2002).

El contenido de magnesio (154mg/100g) y de manganeso (1,76 mg/100g) coinciden con lo reportado anteriormente por la literatura que expone una variación entre (1,82 – 350 mg/100g) y (0,5 – 2,9 mg/100g) respectivamente (Carvalho et al., 2012; Frota et al., 2008; Iqbal et al., 2006; Okwu & Orji, 2007; Onwuliri & Obu, 2002). Así mismo la fracción de zinc (6,4 mg/100g) y de hierro (13,8 mg/100g) también coinciden lo publicado por los anteriores autores que sustentan en conjunto rangos entre (2,7 – 8,9 mg/100g) para zinc y (2,6 – 21,6 mg/100g) para hierro. Cabe mencionar que según los datos obtenidos para hierro y zinc, el frijol cuarenta puede contribuir sustancialmente a la adecuada nutrición, debido a que estos componentes se encuentran en la sangre y son cofactores de enzimas involucradas en la transferencia de electrones, la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, el metabolismo de hidratos de carbono, el transporte de oxígeno a los pulmones y desempeñan un importante papel en el crecimiento y el desarrollo infantil (ICBF, 2010).

La concentración de sodio (22,07mg/100g) se ubica dentro del rango (0,1 a 204 mg/100g) desarrollado a partir de los resultados obtenidos en otras variedades de caupí(Carvalho et al., 2012; Frota et al., 2008; Iqbal et al., 2006; Okwu & Orji, 2007; Onwuliri & Obu, 2002).Por otro lado, el contenido de cobre (0,76 mg/100g) resultaser consistente con lo publicado en la literatura que expone un rango entre 0,6 y 8,7 mg/100g(Carvalho et al., 2012; Iqbal et al., 2006; Onwuliri & Obu, 2002). El frijol caupí expone buena cualidades como fuente de minerales, ya que al comparar su contenido frente a los intervalos de recomendaciones de ingesta diaria de minerales para todas las edades (Institute of Medicine IOM, 2006), se puede considerar este frijol cómo una fuente adecuada fuente de hierro, cobre, magnesio, manganeso, fosforo, zinc y potasio. No obstante los contenidos de calcio y sodio son inferiores al igualarlos con dichas recomendaciones.

Al contrastar los resultados acerca de la composición mineralógica del frijol cuarentano con la de otras leguminosas se puede apreciar que los niveles de fosforo (260,7 mg/100g) hallados en el frijol cuarentano fueron ligeramente menores a los reportados por otros autores quienes realizaron el barrido de minerales para granos como frijol (332 – 658 mg/100g), garbanzo (1100 – 1292 mg/100g), lenteja (294 mg/100g), arveja (283 mg/100g) y soya (496 – 511 mg/100g) (Cabrera, Lloris, Giménez, Olalla, & López, 2003; Ibáñez, Rincón, Amaro, & Martínez, 1998; Iqbal et al., 2006; Pinheiro, Baeta, Pereira, Domingues, & Ricardo, 2003; Rani, Grewal, & Khetarpaul, 2008; Zia-UI-Haq et al., 2007). Igualmente el contenido de hierro (13,8 mg/100g) resulta ser mayor a las fracciones de este mineral para cada uno de datos obtenidos por los mismos autores para los siguientes granos: frijol (3,2 – 8,6 mg/100g), garbanzo (2,4 – 7,0 mg/100g), lenteja (3,1 – 7,5 mg/100g), arveja (1,9 – 2,5 mg/100g) y soya (8,4 – 11,2 mg/100g).

Tanto el contenido de potasio como el contenido de magnesio muestran ser similares a lo hallado por Pinheiro et al., (2003) en diferentes variedades de frijol común (1240 – 2120 mg/100g) para potasio y (146 – 247 mg/100g) para magnesio; y a su vez es mayor que los valores reportados para garbanzo, lenteja y arveja(Cabrera et al., 2003; Ibáñez et al., 1998; Iqbal et al., 2006; Zia-UI-Haq et al., 2007). El contenido de zinc en frijol cuarentano (6,4 mg/100g) es similar a los contenidos encontrados para lenteja (4,4 – 7,0 mg/100g) y garbanzo (3,5 – 6,8 mg/100g), al mismo tiempo es mayor a lo publicado para frijol (1,61 – 4,53 mg/100g) y arveja (3,26 – 4,03 mg/100g); y menor que lo hallado en soya (7,16 – 7,89 mg/100g). Por otra parte, la fracción de calcio (180 mg/100g) es semejante a lo observado en la literatura para frijol (86 – 247 mg/100g) y garbanzo (185 – 219 mg/100g) y a la vez superior al contenido de calcio para lenteja y arveja, mientras que la soya sustenta valores mayores (230 – 255 mg/100g).

6.4 CONTENIDO DE VITAMINAS

Los datos sobre la composición de vitaminas A y C en la harina de frijol cuarentano (*VignaUnguiculata L.*) se muestran en la tabla 4 y son comparables con los valores encontrados en otros alimentos.

Tabla 4. Contenido de algunas vitaminas presentes en la harina de frijol cuarentano (*VignaUnguiculata L.*)

Componente	Frijol Cuarentano
Vitamina C (mg eqacidoascorbico/gr muestra seca)	5,28 ± 0,03
Pro-Vitamina A (μ geq β -caroteno/gr muestra seca)	64,03 ± 0,80

Valores mostrados como medias de tres réplicas \pm DE

Fuente: Autor

El contenido de vitamina C en la harina de frijol cuarentano fue de 528 mg/100g, el cual es mayor comparado con reportes anteriores de vitamina C en frutas como la guayaba (144 mg/100g), banano (4,9 mg/100g), pitahaya (8 mg/100g), papaya (149 mg/100g), mango (39 mg/100g), piña (26,5 mg/100g), y naranja (67 mg/100g)(Hernández, Lobo, & González, 2006; Lim, Lim, & Tee, 2007), sin embargo hay frutos como la acerola que presentan contenidos mucho mayores de vitamina C que oscilan entre 2294 y 4023 mg/100g(Cardoso, Tomazini, Stringheta, Ribeiro, & Pinheiro-Sant'Ana, 2011). Este contenido de vitamina C posiblemente se debe al inicio de cambios fisiológicos característicos de la germinación en las leguminosas (Duranti, 2006). Sin embargo, a diferencia de las frutas y hortalizas, la harina de frijol caupí no se puede consumir cruda y este contenido de vitamina C podría perderse por procesos de degradación térmicos.

Aunque estudios anteriores no reporten niveles detectables de provitamina A para otras variedades de frijol caupí(Carvalho et al., 2012), el frijol cuarentano mostró un contenido de provitamina-Aalrededor de 64,03 μ g/100g, este valor resultó menor que los niveles de β -caroteno encontrados en soya (46 μ g/100g) pepino (48 μ g/100g) y sorgo (71 μ g/100g) lenteja (580 μ g/100g), pimentón (719 μ g/100g), pero menor que lo mostrado en French beans (1260 μ g/100g), maíz (1782 μ g/100g) y tomate (3090 μ g/100g) (Kandlakunta, Rajendran, & Thingnganing, 2008). Al contrastar el contenido de β -caroteno con las necesidades recomendadas de ingesta diariaconforme a entidades comoIOM(375-850 μ g

RE/día) y teniendo en cuenta que según las mismas organizaciones $1\mu\text{g}$ de β -caroteno=0,167 μg Retinol Equivalente (RE); se puede afirmar que el frijol cuarentano no satisface ampliamente estos requisitos. En concordancia con Carvalho et al., (2012) quienes afirman que el frijol caupí y otras leguminosas no son fuentes convencionales de este componente.

6.5 TAMIZAJE FITOQUIMICO

Los resultados obtenidos sobre el tamizaje fitoquímico preliminar realizado al extracto etanólico de la harina de frijol cuarentano (*VignaUnguiculata L.*) se muestran en la tabla 5. Los resultados muestran que fueron detectados diversos grupos de metabolitos secundarios entre los cuales se encuentran taninos, polifenoles, flavonoides, fenilpropanoides, esteroides, alcaloides, saponinas, aminoácidos libres y péptidos.

Respecto a los carbohidratos, el extracto no redujo el reactivo de Benedict por lo cual fue necesario realizar una hidrólisis acida dando positivo para oligosacáridos no reductores, posiblemente dentro de estos se encuentran algunos como la rafinosa, estaquiosa y verbascosa, confirmando que estos son característicos de las leguminosas y algunos cereales, sin embargo son compuestos indeseables puesto que no son hidrolizados en la primera etapa de la digestión y terminan siendo fermentados generando flatulencia (Guzmán Maldonado et al., 2002; Phillips et al., 2003).

También se encontró la presencia de polifenoles y taninos, en algunos casos sucede que algunos metabolitos son más sensibles a unas pruebas que a otras, no obstante la prueba del cloruro férrico y la de diferenciación fueron suficientes para indicar que existen taninos condensados, lo cual concuerda con la composición de taninos en otras variedades de frijol caupí como el Dark Brown y el Light Brown (Siddhuraju & Becker, 2007).

También se encontró la presencia de polifenoles y taninos, en algunos casos sucede que algunos metabolitos son más sensibles a unas pruebas que a otras, no obstante la prueba del cloruro férrico y la de diferenciación fueron suficientes para indicar que existen taninos condensados, lo cual concuerda con la composición de taninos en otras variedades de frijol caupí como el Dark Brown y el Light Brown (Siddhuraju & Becker, 2007).

Por otra parte, la presencia de flavonoides en la harina de frijol cuarentano puede generar cualidades para el tratamiento de trastornos fisiológicos, la prevención del daño celular oxidativo y potencial antioxidante, asimismo una fuerte actividad anti cancerígena protegiendo a las células contra las etapas de carcinogénesis (Okwu & Orji, 2007) no obstante sería necesario evaluar si después de la cocción, la harina sigue presentando estas mismas propiedades. Así mismo, los fenilpropanoides fueron otro tipo de metabolitos encontrados en el análisis preliminar de la harina de frijol cuarentano. Su consumo en la dieta humana puede disminuir sintomatologías de la menopausia y de enfermedades cardiovasculares y contribuir a la prevención del cáncer de próstata y de mama, además de reducir la osteoporosis (Kaur, 2009)

Tabla 5. Identificación cualitativa de metabolitos secundarios en el extracto etanólico a partir de la harina de frijol cuarentano (*VignaUnguiculata L.*)

Metabolito	Método	Resultado
Carbohidratos	Benedict	+
	Barfoed	+
	Seliwanoff	+++
	Azúcares no reductores	+++
	Reacción de yodo	+
Taninos	cloruro férrico	+
	Prueba Gelatina-sal	-
	Diferenciación entre taninos condensados e hidrolizables	+++
	Prueba de taninos hidrolizables	-
	Prueba de taninos condensados	-
Polifenoles	Folin-Ciocalteu	+
Flavonoides	Vapores de amoníaco	-
	Prueba de hidróxido de sodio	+
	Prueba de Shinoda	+
	Prueba de Pew's	-
Fenilpropanoides	Prueba con reactivo de arnow	++
Antraquinonas	Reacción de Bornträger	-
Terpenos/esteroides	Reacción de lieberman-Burchard	+++
	Reacción de Salkowski	+++
Iridoides	Precipitación y coloración	-
Alcaloides	Reactivo de Tanred	+
	Reactivo de Dragendorff	+++

Tabla 5. (Continuación)

Alcaloides	Reactivo de Mayer	+	
	Reactivo de Erlich	-	
	Reineckato de amonio	+	
Cardiotónicos	Reactivo de Valser	+	
	Baljet	-	
	Kedde	-	
	m-dinitrobenceno	-	
	Keller-Kiliani	-	
	Liebermann-Burchard	+++	
	Salkowski	+++	
Cumarinas	Luz UV	+	
Lactonasterpénicas	Cromatografía capa delgada F móvil: Cloroformo-acetona Revelador: vainilla 1% en ácidosulfúrico al 5%	-	
	Cromatografía capa delgada F móvil: diclorometano- metanol-agua Revelador: m-dinitrobenceno 2% en etanol	-	
	Sesquiterpenlactonas	Hidroxamato férrico	-
		Kedde	-
		Raymond	-
Aminoácidos Libres	Ninhidrina	++	
Péptidos	Biuret	+++	
Saponinas	Prueba de la Espuma	-	
	Prueba de Rosenthaler	+	
	Prueba de Hemolisis	+	

-: No hay presencia; +: baja presencia; ++: presencia moderada; +++: alta presencia

Fuente: Autor

Conforme a los resultados obtenidos en las pruebas para el análisis de triterpenos de naturaleza esteroidal mediante las pruebas de Liebermann-Burchard y Salkowski, se evidenció la presencia de compuestos de naturaleza esteroidal y pigmentos carotenoides. De estos se puede destacar la eficacia de los esteroides vegetales en la reducción de los niveles sanguíneos de Lipoproteínas de Baja Densidad (LDL) que se caracterizan por ser un factor que contribuye a la aterosclerosis y a la incidencia de ataques cardíacos (Dewick, 2002).

Se obtuvieron resultados positivos para alcaloides en todas las pruebas tal como se puede apreciar en la tabla, a excepción de Erlich, prueba que indica que el tipo de alcaloides presentes en el extracto no son de núcleo indólico, lo que respalda el argumento de Hejoronye & Ngody, (1985) quienes afirman que las leguminosas en general contienen estos tóxicos componentes, los cuales interfieren con el proceso digestivo y con el efectivo y eficaz uso como alimento (Okwu & Orji, 2007 p. 516).

Respecto a las saponinas, se presume que en el extracto podrían existir en baja concentración las del tipo triterpénicas. Esto se evidenció a través de las pruebas de Rosenthaler y de hemólisis donde se obtuvo un resultado positivo, pese a que la prueba de la espuma arrojó un resultado negativo. Este tipo de metabolitos se producen en situaciones de estrés, especialmente en la fase de floración, dando origen a otros compuestos como hormonas.

En la tabla 6 se presentan los resultados acerca de la cuantificación de algunos metabolitos secundarios, estos se compararán con los valores obtenidos por otros autores en otras variedades de frijol caupí (*Vigna unguiculata L.*).

Tabla 6. Cuantificación de algunos metabolitos secundarios presentes en el extracto acuoso y etanólico de frijol cuarentano (*Vigna unguiculata L.*)

Metabolito	Frijol cuarentano
Fenoles (mg eq ácido galico/100g muestra seca)	2440,64 ± 0,06
Polifenoles (mg eq ácido tánico/100g muestra seca)	2066,80 ± 0,74
Taninos (mg eq ácido tánico/100g muestra seca)	531,19 ± 0,37
Polifenoles no tanoides (mgEAT/100g muestra seca)	1535,61 ± 0,64

Valores mostrados como medias de tres réplicas ± DE

Fuente: Autor

El contenido de fenoles en el frijol caupí es altamente variable puesto que pueden presentar concentraciones desde 0,04 mg/100g hasta 934,38 mg/100g (Cai et al., 2003; Gutiérrez-Urbe et al., 2011; Okwu & Orji, 2007; Punia, 2000). En el presente estudio se obtuvo un valor de 2440,64 mg/100g, el cual se encuentra por encima del límite superior de los parámetros encontrados en la literatura. No obstante, al confrontar este valor con los contenidos fenólicos publicados en otros estudios (Djordjevic, Šiler-Marinkovic, & Dimitrijevic-Brankovic, 2010; Han & Baik, 2008;

Marathe et al., 2011; Martín-Cabrejas et al., 2009) para garbanzo (46 – 220 mg/100g), frijol común (101 – 1880mg/100g), arveja (94 – 120 mg/100g), soya (230 – 1870 mg/100g), lenteja (558 – 2190 mg/100g), trigo (1620 mg/100g), trigo sarraceno (5070 mg/100g) y centeno (1320 mg/100g), se puede afirmar que está dentro de los parámetros normales encontrados en granos y cereales.

Este alto contenido de fenoles en la harina puede ser evidencia del estrés generado por varios factores como ataques por parte de patógenos (bacterias y hongos), daños físicos debido a la depredación por rumiantes, microorganismos e insectos o a causas de otra índole, alta exposición a los rayos UV, bajas temperaturas y bajos niveles de nutrientes (P, N y Fe) y agua en el suelo (Dixon & Paiva, 1995). Además, es sabido que al encontrarse altos niveles de fenoles es muy probable que otros compuestos fitoquímicos como polifenolestanooides y no tanoides presenten el mismo comportamiento, lo cual se evidencia en los resultados obtenidos en este trabajo.

La cantidad de polifenoles en el frijol cuarentano fue de 2066,80 mg/100g, la cual es alta comparada con los datos reportados que oscilan entre 587 y 987mg/100g (Almeida et al., 2008; Punia, 2000). Así mismo este valor se examinó frente a los resultados obtenidos por otros estudios (Alonso, Aguirre, & Marzo, 2000; Martín-Cabrejas, Esteban, Perez, Maina, & Waldron, 1997; Segev et al., 2010) para frijol (19 – 414 mg/100g), garbanzo (60 – 670 mg/100g) y habas (72 – 373 mg/100g) los cuales resultaron ser inferiores al hallado en el presente estudio. Además de las situaciones de estrés a las que pudo haberse sometido la planta, el color café oscuro de la semilla podría explicar el contenido polifenólico ya que cuanto más intenso sea el color del exocarpo, se podría pensar en una mayor fracción de este metabolito secundario (Punia, 2000).

Dentro del conjunto de los polifenoles, se encuentra uno de los componentes llamados taninos, los cuales son considerados como anti nutricionales debido a la capacidad de precipitar las proteínas mediante interacciones hidrofóbicas y puentes de hidrogeno disminuyendo su digestibilidad (Del Pino & Lajolo, 2003) la cantidad estimada en este estudio fue de 531,19 mg/100g el cual resultó ser similar a lo reportado por (Oluwatosin, 1999) quien atribuye la variabilidad de este componente factores como temporadas secas y la disponibilidad de potasio, calcio, fosforo y magnesio en el suelo, las cuales presentan una correlación positiva con el contenido tanoides, además de lo comentado anteriormente. Al verificar el contenido de taninos en otros granos como arveja (320 – 920 mg/100g), lenteja (920 mg/100g), frijol común (237,7 – 3860 mg/100g), garbanzo (265 – 770 mg/100g) y soya (210 mg/100g) (de Mejía et al., 2003; Hania, 2007; Nikolopoulou, Grigorakis, Stasini, Alexis, & Iliadis, 2007; Oboh, 2006; Rehman & Shah, 2005) se puede decir que la fracción tanoide es similar a la de otras

leguminosas. Por último, cabe decir que los resultados encontrados en la cuantificación de metabolitos secundarios conllevan a una profunda revisión de las condiciones en las cuales el cultivo y la cosecha fueron llevados a cabo, puesto que se intuye una gran incidencia de los factores de estrés tanto en el desarrollo de las plantas como de las vainas y semillas.

7. CONCLUSIONES

El frijol caupí, tal como se cultiva en el departamento del Tolima, presenta atributos nutricionales como alto contenido proteico, de carbohidratos y de minerales como hierro, zinc, potasio, fosforo, magnesio, manganeso y cobre que contribuirían en gran medida a satisfacer los requerimientos de ingesta diaria recomendada según IOM. Esta leguminosa podría ser adoptada en la dieta ya que su contenido nutricional es comparable con el de otras semillas como garbanzo, lenteja, arveja y frijol común; con la ventaja de ser un cultivo de maduración temprana, resistente y adaptable a los diferentes regímenes climáticos y clases de suelo.

Los bajos valores relacionados al contenido celular proporcionan aptitudes para la alimentación de animales mono gástricos y su posible inclusión en piensos convencionales. Por otra parte, la diversidad de metabolitos secundarios presentes en el frijol caupí puede aportar beneficios a la salud humana puesto que muchos de ellos se conocen por su potencial antioxidante, aunque la presencia de taninos supone efectos anti nutricionales sobre la proteína, su cantidad es comparable con el de otras leguminosas de consumo habitual en el departamento.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer estudios sobre la digestibilidad de la harina y los posibles cambios en los atributos nutricionales (nivel proteico, de minerales y vitamina C), en el contenido de anti nutrientes después de varios tipos de procesamientos domésticos e industriales. Por otra parte, se hace necesario realizar un estudio que revise la influencia de las condiciones climáticas, de cultivo y cosecha del frijol caupí en el departamento sobre la composición nutricional y de compuestos de carácter fitoquímico.

LISTA DE REFERENCIAS

Aguirre, P. A. (2009). *Caracterización Nutricional Del Grano De Caupí Vigna Unguiculata L. En Ratas*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira.

Almeida, D. T., Greiner, R., Furtunado, D. M. N., Trigueiro, I. N. S., & Araújo, M. d. P. N. (2008). Content of some antinutritional factors in bean cultivars frequently consumed in Brazil. *International Journal of Food Science & Technology*, 43, 243-249.

Alonso, R., Aguirre, A., & Marzo, F. (2000). Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chemistry*, 68, 159-165.

Apaez, B. P., Escalante Estrada, J. A., Rodríguez, G. M. T., Olalde, G. V. M., & Ramírez, V. P. (2009). Frijol Chino (*Vigna Unguiculata* (Walp) L.) su cultivo, importancia económica y medicinal. *Revista Alternativa*, 21-26.

Bagnall, D. J. & King, R. W. (1987). Temperature and irradiance effects on yield in Cowpea (*Vigna unguiculata*). *Field Crops Research*, 16, 217-229.

Beckman, C. H. (2000). Phenolic-storing cells: keys to programmed cell death and periderm formation in wilt disease resistance and in general defence responses in plants? *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 57, 101-110.

Betancur-Ancona, D., López-Luna, J., & Chel-Guerrero, L. (2003). Comparison of the chemical composition and functional properties of *Phaseolus lunatus* prime and tailing starches. *Food Chemistry*, 82, 217-225.

Beyra, Á. & Reyes Artilles, G. (2004). Revisión taxonómica de los géneros *Phaseolus* y *Vigna* (Leguminosae-Papilionoideae) en Cuba. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 61, 135-154.

Cabrera, C., Lloris, F., Giménez, R., Olalla, M., & López, M. C. (2003). Mineral content in legumes and nuts: contribution to the Spanish dietary intake. *Science of The Total Environment*, 308, 1-14.

Cai, R., Hettiarachchy, N. S., & Jalaluddin, M. (2003). High-Performance Liquid Chromatography Determination of Phenolic Constituents in 17 Varieties of Cowpeas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 1623-1627.

Camelo, S., Torres, V., & Díaz, M. F. (2007). Multivariate analysis of the chemical composition of seasonal legume grains. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 40, 107-111.

Cardador-Martínez, A., Loarca Piña, G., & Oomah, B. D. (2002). Antioxidant Activity in Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6975-6980.

Cardoso, P. C., Tomazini, A. P., Stringheta, P. C., Ribeiro, S. M. R., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2011). Vitamin C and carotenoids in organic and conventional fruits grown in Brazil. *Food Chemistry*, 126, 411-416.

Carvalho, A. F. U., de Sousa, N. M., Farias, D. F., da Rocha-Bezerra, L. C. B., da Silva, R. M. P., Viana, M. n. P. et al. (2012). Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. *Journal of Food Composition and Analysis*.

Castellón, R. E. R., Araújo, F. M. M. C., Ramos, M. V., Andrade Neto, M., Freire-Filho, F. R., Grangeiro, T. B. et al. (2003). Composição elementar e caracterização da fração lipídica de seis cultivares de caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7, 149-153.

Chérif, M., Arfaoui, A., & Rhaiem, A. (2007). Phenolic Compounds and their Role in Bio-control and Resistance of Chickpea to Fungal Pathogenic Attacks. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 2, 7-22.

Corporación Colombia Internacional (2000). Inteligencia de Mercados-Frijol. Retrieved 10-1-2012, from www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005113154613_perfilfrijol8.pdf

Cruz de Carvalho, M. H., Laffray, D., & Louguet, P. (1998). Comparison of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 40, 197-207.

Cunniff, P., & AOAC International. (1997). *Official methods of analysis of AOAC International*. Gaithersburg, Md: AOAC International.

Dastmalchi, K., Damien Dorman, H. J., Laakso, I., & Hiltunen, R. (2007). Chemical composition and antioxidative activity of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 40, 1655-1663.

de Almeida Costa, G. E., da Silva Queiroz-Monici, K., Pissini Machado Reis, S. M., & de Oliveira, A. C. (2006). Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94, 327-330.

de Mejía, E. G., Guzmán-Maldonado, S. H., Acosta-Gallegos, J. A., Reynoso-Camacho, R., Ramírez-Rodríguez, E., Pons-Hernández, J. L. et al. (2003). Effect of Cultivar and Growing Location on the Trypsin Inhibitors, Tannins, and Lectins of Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Grown in the Semiarid Highlands of Mexico. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5962-5966.

Del Pino, V. H. & Lajolo, F. M. (2003). Efecto inhibitorio de los taninos de frijol carioca (*Phaseolus Vulgaris* L.) sobre la digestibilidad de la faseolina por dos sistemas multienzimáticos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23, 49-53.

Dewick, P. M. (2002). *Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach*. (2 ed.) England: Wiley & Sons Ltd.

Díaz, C. A. & López, S. (1997). El Cultivo de Frijol Cauquí (*Vigna Unguiculata*) en el Bajo Cauca. Cauca, Convenio Sena-Corpoica.
Ref Type: Pamphlet

Díaz, M. F., Padilla, C., Torres, V., González, A., & Noda, A. (2003). Caracterización bromatológica de especies y variedades de leguminosas temporales con posibilidades en la alimentación animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37, 453-457.

Dixon, A. R. & Paiva, L. N. (1995). Stress-Induced Phenylpropanoid Metabolism. *American Society of Plant Physiologists*, 7, 1085-1097.

Djordjevic, T. M., Šiler-Marinkovic, S. S., & Dimitrijevic-Brankovic, S. I. (2010). Antioxidant Activity and Total Phenolic Content in Some Cereals and Legumes. *International Journal of Food Properties*, 14, 175-184.

Duranti, M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, 77, 67-82.

Ehlers, J. D. & Hall, A. E. (1997). Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Field Crops Research*, 53, 187-204.

Elowad, H. O. A. & Hall, A. E. (1987). Influences of early and late nitrogen fertilization on yield and nitrogen fixation of cowpea under well-watered and dry field conditions. *Field Crops Research*, 15, 229-244.

FAOSTAT (2010). Retrieved 27-9-2012, from <http://193.43.36.221/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

Federacion Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (2004). Sensibilidades del Sector Cerealista y de leguminosas: Frijol. Retrieved 21-1-2012, from <http://www.fenalce.org/~fenalce/archivos/frijoldmlm.pdf>

Fery, R. L. (1990). The Cowpea: Production, Utilization, and Research in the United States. In *Horticultural Reviews* (pp. 197-222). John Wiley & Sons, Inc.

Frota, K. d. M. G., Soares, R. A. M., & Arêas, J. A. G. (2008). Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 470-476.

Giarni, S. Y. (2005). Compositional and nutritional properties of selected newly developed lines of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Journal of Food Composition and Analysis*, 18, 665-673.

Guarin, A. (2008). Carne de cuarta para consumidores de cuarta. *Revista de Estudios Sociales*, 29, 104-119.

Gutiérrez-Urbe, J. A., Romo-Lopez, I., & Serna-Saldívar, S. O. (2011). Phenolic composition and mammary cancer cell inhibition of extracts of whole cowpeas (*Vigna unguiculata*) and its anatomical parts. *Journal of Functional Foods*, 3, 290-297.

Guzmán Maldonado, S. H., Acosta Gallegos, J. A., Álvarez Muñoz, M. d. I. Á., García Delgado, S., & Loarca Piña, G. (2002). Calidad Alimentaria y Potencial Nutraceutico del Frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Agricultura Técnica en Mexico*, 28, 159-173.

Han, H. & Baik, B. K. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of lentils (*Lens culinaris*), chickpeas (*Cicer arietinum* L.), peas (*Pisum sativum* L.) and soybeans (*Glycine max*), and their quantitative changes during processing. *International Journal of Food Science & Technology*, 43, 1971-1978.

Hania, F. G. (2007). Effect of radiation processing on antinutrients, in-vitro protein digestibility and protein efficiency ratio bioassay of legume seeds. *Radiation Physics and Chemistry*, 76, 1050-1057.

Hernández, Y., Lobo, M. G., & González, M. +. (2006). Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Food Chemistry*, 96, 654-664.

Ibáñez, M. V., Rincón, F., Amaro, M., & Martínez, B. (1998). Intrinsic variability of mineral composition of chickpea (*Cicer arietinum*, L.). *Food Chemistry*, 63, 55-60.

Institute of Medicine IOM (2006). Dietary Reference Intakes: The essential guide of nutrient requirements. Retrieved 20-2-2012, from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11537

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2010). Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia - ENSIN 2010. <https://www.icbf.gov.co/icbf/directorio/portel/libreria/pdf/LibroENSIN2010.pdf>

Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N., & Sayyar Khan, M. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97, 331-335.

Jabib, L., Barrios, P., & Vega, A. (2002). Evaluación del Frijol Caupí (*Vigna Unguiculata*) Como Ingrediente Protéico en Dietas Para Pollos de Asadero. *Revista MVZ Córdoba*, 7, 162-167.

Kandlakunta, B., Rajendran, A., & Thingnganing, L. (2008). Carotene content of some common (cereals, pulses, vegetables, spices and condiments) and unconventional sources of plant origin. *Food Chemistry*, 106, 85-89.

Kaur, N. (2009). *Genetic engineering of cowpea to enhance isoflavone biosynthesis*. University of Arkansas.

Khalid, I. I., Elhardallou, S. B., & Elkhalifa, E. A. (2012). Composition and Fuctional Properties of Cowpea (*Vigna Unguiculata L. Walp*) Flour and Protein Isolates. *American Journal of Food Technology*, 7, 113-122.

Kwapata, M. B. & Hall, A. E. (1985). Effects of moisture regime and phosphorus on mycorrhizal infection, nutrient uptake, and growth of cowpeas (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*). *Field Crops Research*, 12, 241-250.

Lastra Valdés, H., Rodríguez Leyes, E., Ponce de León Rego, H., & González Sanabia, M. L. (2000). Método analítico para la cuantificación de taninos en el extracto acuoso de romerillo. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 5, 17-22.

Lim, Y. Y., Lim, T. T., & Tee, J. J. (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food Chemistry*, 103, 1003-1008.

Lima, L. M., Araújo, A. H., Oliveira, A. S., Pereira, R. A., Miranda, M. R. A., & Sales, M. P. (2004). Comparative digestibility and the inhibition of mammalian digestive enzymes from mature and immature cowpea (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*) seeds. *Food Control*, 15, 107-110.

López Córdoba, Á., Trujillo Navarro, Y., & Penagos Vélez, L. (2010). Efecto de las condiciones de empaqueo y el tiempo de almacenamiento en el color del grano del frijol seco cargamanto blanco (*Phaseolus vulgaris L.*). *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 8, 73-82.

Maia, F. M. M., Oliveira, J. T. A., Matos, M. R. T., Moreira, R. A., & Vasconcelos, I. M. (2000). Proximate composition, amino acid content and

haemagglutinating and trypsin-inhibiting activities of some Brazilian *Vigna unguiculata* (L) Walp cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 453-458.

Mallillin, A. C., Trinidad, T. P., Raterta, R., Dagbay, K., & Loyola, A. S. (2008). Dietary fibre and fermentability characteristics of root crops and legumes. *British Journal of Nutrition*, 100, 485-488.

Marathe, S. A., Rajalakshmi, V., Jamdar, S. N., & Sharma, A. (2011). Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. *Food and Chemical Toxicology*, 49, 2005-2012.

Martín-Cabrejas, M. A., Aguilera, Y., Pedrosa, M. M., Cuadrado, C., Hernández, T., Díaz, S. et al. (2009). The impact of dehydration process on antinutrients and protein digestibility of some legume flours. *Food Chemistry*, 114, 1063-1068.

Martín-Cabrejas, M. A., Esteban, R. M., Perez, P., Maina, G., & Waldron, K. W. (1997). Changes in Physicochemical Properties of Dry Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during Long-Term Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3223-3227.

Mau, J. L., Chao, G. R., & Wu, K. T. (2001). Antioxidant Properties of Methanolic Extracts from Several Ear Mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5461-5467.

Mbagwu, F. N., Okafor, V. U., & Ekeanyanwu, J. (2011). Phytochemical screening on four edible legumes (*Vigna subterranean*, *Glycine max*, *Arachis hypogea*, and *Vigna unguiculata*) found in eastern Nigeria. *African Journal of Plant Science*, 5, 370-372.

Mune Mune, M. A., Minka, S. R., & Mbome, I. L. (2008). Response surface methodology for optimisation of protein concentrate preparation from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. *Food Chemistry*, 110, 735-741.

Murillo Perea, E. & Mendez Arteaga, J. J. (2011). Guia Metodologica Para La Detección Rápida De Algunos Núcleos Secundarios y Caracterización De Una Droga Cruda.

Ref Type: Unpublished Work

Nassar, A. G., Mubarak, A. E., & El-Beltagy, A. E. (2008). Nutritional potential and functional properties of tempe produced from mixture of different legumes. 1: Chemical composition and nitrogenous constituent. *International Journal of Food Science & Technology*, 43, 1754-1758.

Nikolopoulou, D., Grigorakis, K., Stasini, M., Alexis, M. N., & Iliadis, K. (2007). Differences in chemical composition of field pea (*Pisum sativum*) cultivars: Effects of cultivation area and year. *Food Chemistry*, 103, 847-852.

Oboh, G. (2006). Nutrient and Antinutrient composition of condiments produced from some fermented underutilized legumes. *Journal of Food Biochemistry*, 30, 579-588.

Odedeji, J. O. & Oyeleke, W. A. (2011). Proximate, Physicochemical and Organoleptic Properties of Whole and Dehulled Cowpea Seed Flour (*Vigna unguiculata*). *Pakistan Journal of Nutrition*, 10, 1175-1178.

Okwu, D. E. & Orji, B. O. (2007). Phytochemical Composition and Nutritional Quality of Glycine max and *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *American Journal of Food Technology*, 6, 512-520.

Oluwatosin, O. B. (1998). Genetic and environmental variability in starch, fatty acids and mineral nutrients composition in cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78, 1-11.

Oluwatosin, O. B. (1999). Genotype x environment influence on cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp) antinutritional factors: 1 . Trypsin inhibitors, tannins, phytic acid and haemagglutinin. *Journal of science of Food and Agriculture*, 79, 265-272.

Onwuliri, V. A. & Obu, J. A. (2002). Lipids and other constituents of *Vigna unguiculata* and *Phaseolus vulgaris* grown in northern Nigeria. *Food Chemistry*, 78, 1-7.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2011). El Estado de la Inseguridad Alimentaria en el Mundo. <http://www.fao.org/docrep/014/i2330s/i2330s.pdf>

Ortega, D. A., Vinay, J. C., & López, E. (1996). Caracterización de la calidad tecnológica y nutricional, de variedades mejoradas y criollas de frijol negro tropical (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 7, 20-25.

Otten, J. J., Hellwig, J. P., & Meyers, L. D. (2006). *DRI, dietary reference intakes: The essential guide to nutrient requirements*. Washington, D.C: National Academies Press.

Phillips, R. D., McWatters, K. H., Chinnan, M. S., Hung, Y. C., Beuchat, L. R., Sefa-Dedeh, S. et al. (2003). Utilization of cowpeas for human food. *Field Crops Research*, 82, 193-213.

Pinheiro, C., Baeta, J. P., Pereira, A. M., Domingues, H., & Ricardo, C. P. (2003). Diversity of seed mineral composition of *Phaseolus vulgaris* L. germplasm. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 319-325.

Punia, K. P. (2000). Proximate composition, phytic acid, polyphenols and digestibility (in vitro) of four brown cowpea varieties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 51, 189-193.

Rangel, A., Saraiva, K., Schwengber, P., Narciso, M. S., Domont, G. B., Ferreira, S. T. et al. (2004). Biological evaluation of a protein isolate from cowpea (*Vigna unguiculata*) seeds. *Food Chemistry*, 87, 491-499.

Rani, V., Grewal, R. B., & Khetarpaul, N. (2008). Physical characteristics, proximate and mineral composition of some new varieties of soybean (*Glycine Max* L.). *Legume Res.*, 31, 31-35.

Rasaki, A. S. & Abimbola, E. A. (2009). beta carotene content of commonly consumed foods and soups in nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8, 1512-1516.

Rehinan, Z. u., Rashid, M., & Shah, W. H. (2004). Insoluble dietary fibre components of food legumes as affected by soaking and cooking processes. *Food Chemistry*, 85, 245-249.

Rehman, Z. u. & Shah, W. H. (2005). Thermal heat processing effects on antinutrients, protein and starch digestibility of food legumes. *Food Chemistry*, 91, 327-331.

Rivas-Vega, M. E., Goytortúa-Bores, E., Ezquerro-Brauer, J. M., Salazar-García, M. G., Cruz-Suárez, L. E., Nolasco, H. et al. (2006). Nutritional value of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) meals as ingredients in diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone). *Food Chemistry*, 97, 41-49.

Sánchez Santana, Nora (2001). El Cultivo de Frijol Caupí: Producción Almacenamiento y Utilización. Retrieved 25-7-2012, from http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006718102532_El%20cultivo%20de%20frijol%20caupi.pdf

Segev, A., Badani, H., Kapulnik, Y., Shomer, I., Oren-Shamir, M., & Galili, S. (2010). Determination of Polyphenols, Flavonoids, and Antioxidant Capacity in Colored Chickpea (*Cicer arietinum* GÇÉL.). *Journal of Food Science*, 75, S115-S119.

Siddhuraju, P. & Becker, K. (2007). The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food Chemistry*, 101, 10-19.

Siddiq, M., Ravi, R., Harte, J. B., & Dolan, K. D. (2010). Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. *LWT - Food Science and Technology*, *43*, 232-237.

Sreerama, Y. N., Sashikala, V. B., Pratape, V. M., & Singh, V. (2012). Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality. *Food Chemistry*, *131*, 462-468.

Tabe, L., Hagan, N., & Higgins, T. J. V. (2002). Plasticity of seed protein composition in response to nitrogen and sulfur availability. *Current Opinion in Plant Biology*, *5*, 212-217.

Tharanathan, R. N. & Mahadevamma, S. (2003). Grain legumes: A boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*, *14*, 507-518.

Tropical Forages (2008). *Vigna Unguiculata*. Retrieved 25-4-2012, from http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Vigna_unguiculata.htm

Tshovhote, N. J., Nesamvuni, A. E., Raphulu, T., & Gous, R. M. (2003). The chemical composition, energy and aminoacid digestibility of cowpeas used in poultry nutrition. *South African Journal of Animal Science*, *33*, 65-69.

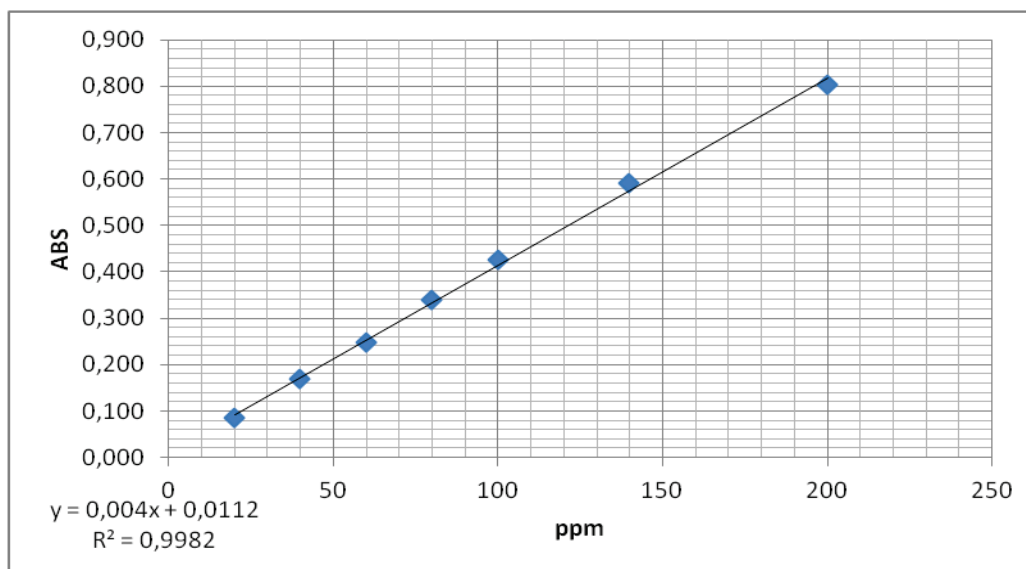
Van Soest, P. J., Roberttson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstach polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, *74*, 3583-3597.

Wu, X., Beecher, G. R., Holden, J. M., Haytowitz, D. B., Gebhardt, S. E., & Prior, R. L. (2004). Lipophilic and Hydrophilic Antioxidant Capacities of Common Foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*, 4026-4037.

Zia-Ul-Haq, M., Iqbal, S., Ahmad, S., Imran, M., Niaz, A., & Bhangar, M. I. (2007). Nutritional and compositional study of Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Punjab, Pakistan. *Food Chemistry*, *105*, 1357-1363.

ANEXOS

Anexo A Curva patrón y cálculos del contenido de vitamina C



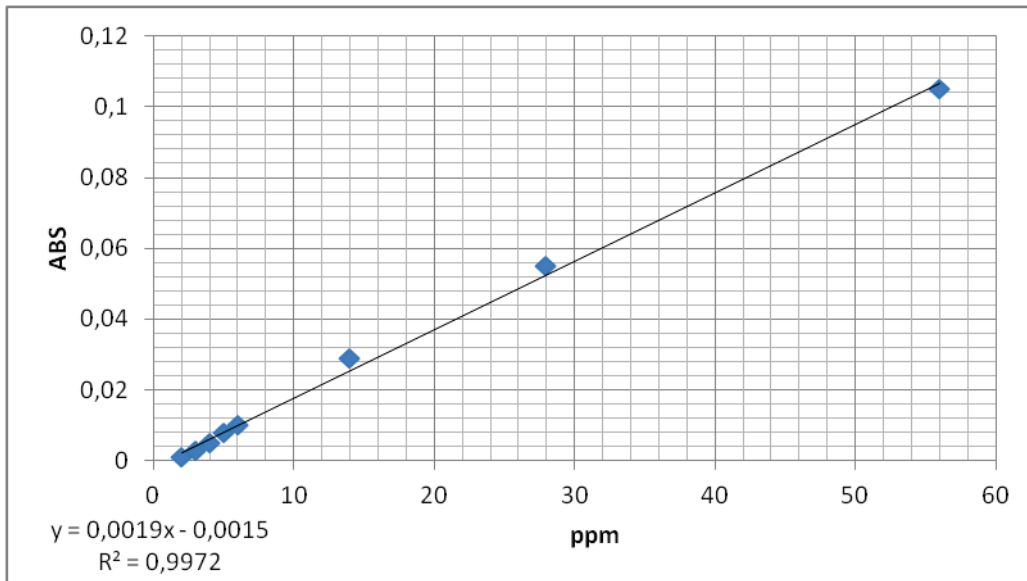
Valores de la curva patrón (Ácido ascórbico)

ppm	Absorbancia
20	0,085
40	0,169
60	0,248
80	0,340
100	0,425
140	0,591
200	0,803

Absorbancia de la muestra y contenido de vitamina C

Absorbancia Muestra	Contenido (mg eqacido ascórbico /100g)	Media	Desviación Estándar
0,2805	524,61	527,86	0,03
0,2825	528,51		
0,2835	530,45		

Anexo B Curva patrón y cálculos del contenido de pro-vitamina A



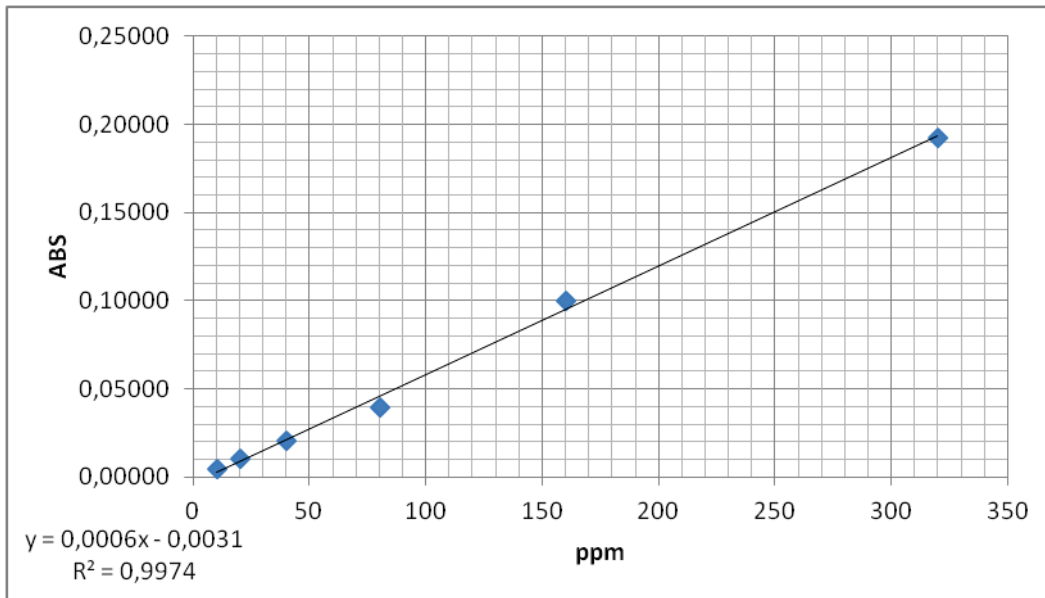
Valores de la curva patrón (β -caroteno)

ppm	Absorbancia
2	0,001
3	0,003
4	0,005
5	0,008
6	0,010
14	0,029
28	0,055
56	0,105

Absorbancia de la muestra y contenido de pro-vitamina A

Absorbancia Muestra	Contenido de pro-vitamina A ($\mu\text{geq}\beta$ -caroteno/100g MS)	Media	Desviación Estándar
0,011	65,79	64,03	0,80
0,012	71,05		
0,009	55,26		

Anexo C Curva patrón y cálculos del contenido de fenoles



Valores de la curva patrón (Ácido gálico)

ppm	Absorbancia
10	0,005
20	0,010
40	0,021
80	0,040
160	0,100
320	0,193

Absorbancia de la muestra y contenido de fenoles

Absorbancia Muestra	Contenido de fenoles (mg eqacidogalico/100g MS)	Media	Desviación Estándar
0,142	2418,33	2440,56	0,19
0,144	2451,67		
0,144	2451,67		

Anexo D Curva patrón y cálculos del contenido de compuestos polifenólicos

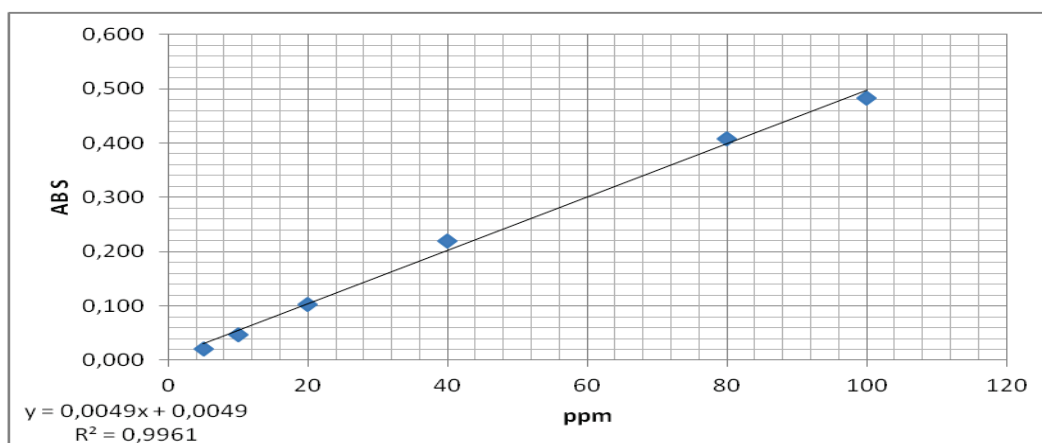


Tabla 15. Valores de la curva patrón (Ácido tánico)

ppm	Absorbancia
5	0,022
10	0,048
20	0,103
40	0,221
80	0,409
100	0,484

Tabla 16. Absorbancia de la muestra y contenido de compuestos polifenólicos

Metabolito	Absorbancia	Contenido (mg eq ácido tánico /100g)	Media	Desviación Estándar
Polifenoles totales	0,038	2109,28	2066,80	0,74
	0,036	1981,83		
	0,038	2109,28		
Polifenoles residuales	0,029	1535,76	1535,76	0,64
	0,028	1472,04		
	0,03	1599,49		
Taninos	-	573,52	531,04	0,37
	-	509,80		
	-	509,80		