

# Características químicas y nutricionales de variedades de maicillo: desarrollo de productos alimentarios basados en mezcla de cereales, leguminosas y verduras autóctonas

Ricardo Bressani, Brenda Rodas, Elsa Gudiel & Claudia Lezama

Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos (CECTA), Instituto de Investigaciones, Universidad Del Valle de Guatemala

**RESUMEN:** La composición química del grano de sorgo es muy similar a las que son reportados en la literatura por otros autores. Esto sugiere que la combinación del sorgo y maíz, no dañaría la calidad individual de ninguno de los dos. Por lo tanto, las mezclas de granos simples, como el maíz, el sorgo y el frijol, se pueden utilizar para el desarrollo de un alimento complementario de alta calidad. Las encuestas de alimentos consumidos muestra que en Guatemala la dieta diaria es principalmente el consumo de tortilla, consumo de frijoles y el consumo de otros vegetales. La proporción hoy en día de maíz y frijol es aproximadamente de 80 - 20% respectivamente. La calidad proteica de esta mezcla 80-20 no es la ideal debido a que la disponibilidad del frijol no es alta. Para el incremento del contenido total y calidad proteica, se sugiere el uso de un 5% de vegetales cocidos, tal como: la chaya, el chipilín, la hierbamora, el bledo y muchos otros. Este trabajo incluye la caracterización de los cereales y la forma de incorporar el 5% de vegetales dentro de una mezcla de 75% de cereal y 20% de frijol. Luego se sometieron las muestras a un estudio biológico, y asimismo, se evaluó la aceptabilidad de las mezclas.

**PALABRAS CLAVE:** verduras, cereales, granos, sorgo dulce, verduras autóctonas, *Sorghum bicolor* M.

## Chemical characteristics and nutritional variety of maicillo: development of food products based on mixed cereals, pulses and indigenous vegetables

**ABSTRACT:** The chemical composition of grain sweet sorghum is very similar to that commonly reported by others for sorghum. This suggests that the combination of sorghum and corn will not damage the individual quality of each one. Therefore mixtures of grains, such as corn, sorghum and beans, could be employed for the development of high quality complementary foods. The food consumption surveys conducted in Guatemala have shown that the daily diet is mainly made of tortilla, beans and other vegetables. The present ratio of corn and beans is about 80 to 20%. The protein quality of this blend 80 -20 is not ideal because the availability from beans is not that high. In order to increase the total protein content and the protein quality we suggest the use of 5% cooked vegetables such as: chaya, chipilín, hierbamora, bledo and many others. In this work the characterization of the

cereal grains and the way to incorporate the 5% vegetables into mixture of 75% cereal grains and 20% beans is presented and the results discussed. The mixtures were biologically evaluated using experimental animals and acceptability trials were done.

**KEYWORDS:** vegetables, grains, beans, sweet sorghum, native vegetables, *Sorghum bicolor* M.

## Introducción

La desnutrición que prevalece en Centroamérica en los niños pre-escolares y adultos de bajo recursos, no es solamente debida a la poca disponibilidad económica de proteínas de origen animal, sino que también a la falta de un mejor aprovechamiento de los recursos existentes, a la de un buen programa de educación nutricional, y a una buena orientación agrícola a nivel nacional (Flores et al, 1961).

Entre los alimentos vegetales, las semillas leguminosas, representan una fuente rica en proteínas, y se ha demostrado por medio de encuestas dietéticas llevadas por el Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá (INCAP), en los países de Centroamérica y Panamá, que el maíz y los frijoles son las dos fuentes más importantes de proteína en la dieta rural de la población (Flores et al, 1961). Según investigaciones realizadas en el INCAP, las proporciones para mezclar maíz y frijol deben de ser 80:20. En estudios anteriores a este trabajo y la literatura ha comprobado la similitud que existe en la composición química del grano del sorgo al maíz e indica que el grano de sorgo puede reemplazar al maíz sin cambiar el valor nutritivo de la dieta.

Una de las ventajas del uso del sorgo sobre el maíz, es que sobrevive en condiciones de sequía por lo que se puede cultivar en lugares donde la lluvia es escasa e impredecible (Cosentino et al, 2012).

La calidad de las proteínas de los cereales se mejora al combinarse con leguminosas, como es el frijol y la soya, pero debido a la disponibilidad de estos granos, hay que buscar otros ingredientes que suplan la proteína adecuada y los aminoácidos esenciales para obtener un alimento de alta calidad nutritiva. Debido a que las verduras son alimento de consumo diario en Guatemala, se procedió a evaluar su composición química enfocándose en

el contenido de proteína (Flores et al 1961, Bressani y Gonzaga 1962).

Las verduras, como la hoja blanca, el chipilín, la acelga, el quilete, el bleado, el quixtan, la moringa, la chaya y el berro, son de gran importancia no solamente por su calidad nutritiva sino también por su disponibilidad de consumo ya que crecen de forma silvestre en bosques y campos abiertos (De Poll 1984).

En general, la composición química y el valor nutritivo de las hortalizas (INCAP 2007), contienen un gran porcentaje de agua, del 70 al 95 por ciento. A pesar de ello, siguen en importancia a los cereales como fuente de hidratos de carbono. Estos suelen presentarse en forma de almidón, azúcar, celulosa, pectinas y otras sustancias. Las grasas están almacenadas en muy pequeña cantidad. Sin embargo, el valor alimenticio de las hortalizas aumenta por la presencia de sales minerales y vitaminas. Con respecto a la fibra se consideran que es una buena fuente, y que es un componente esencial de la dieta normal y parece tener importancia tanto en la prevención como en el tratamiento de ciertas enfermedades. Hoy día se acepta la importancia de la dieta rica en fibra como parte de la terapia para pacientes con estreñimiento y divertículos. Además, puede desempeñar un papel importante en el tratamiento de la hipercolesterolemia y la diabetes; y puede reducir el riesgo de desarrollar ciertos tipos de cáncer (Campos 2003).

## Materiales y métodos

### Materiales

- Se utilizó una mezcla de todas las variedades de sorgo rojo y blanco provenientes de la región de Patulul, también se utilizó el sorgo criollo proveniente de Jalapa para complementarlo con verduras autóctonas.
- Las verduras seleccionadas fueron la moringa, el bleado, el chipilín, el quixtán, el quilete, la hoja blanca, la acelga, la chaya y el berro. Estas verduras fueron adquiridas en el CENMA (Central de Mayoreo, ciudad de Guatemala).
- Harinas de maíz marca MASECA
- Se utilizaron 17 variedades de frijol, de las cuales 5 variedades eran muestras control de venta comercial (Albay, Parramos, Campana, El Bodegón e Ipala) y 12 variedades procedentes de la unidad experimental Campo Sur de la Universidad del Valle de Guatemala.

## Métodos

### • Análisis químico proximal

Las muestras provenientes de cada variedad y de cada localidad, fueron molidas con un molino de martillos, para que pasaran en una malla de 60 para fines del análisis químico proximal que incluye humedad, proteína, extracto etéreo, cenizas, fibra dietética, carbohidratos por diferencia, por los métodos oficiales (AOAC, 1984).

### • Análisis físicos del frijol

Se realizaron a las 17 variedades de frijol métodos físicos para la caracterización tecnológica. Los métodos físicos evaluados fueron peso de grano, tamaño de grano, porcentaje de cáscara, absorción de agua, índice de tiempo de cocción e índice de espesor de caldo según la metodología presentada por el INCAP (Elias et al 1986).

### • Evaluación biológica

Para estos propósitos, las mezclas formuladas fueron analizadas por su contenido de nitrógeno y usadas para preparar dieta. Cada dieta fue suplementada con una mezcla de minerales (4%), una mezcla vitamínica completa (1%) y aceite vegetal (5%). El experimento se llevó a cabo con 8 ratas de raza WISTAR por grupo (4 hembras y 4 machos). Las ratas contaban con 22 a 24 días de edad y el experimento duró 28 días. Durante este tiempo se llevó un control de alimento ingerido y aumento de peso para evaluar el índice de eficiencia proteica (PER).

En el curso de la tercera semana, se recolectó la materia fecal de cada animal macho por un período de cinco días las cuales fueron analizadas por su contenido de nitrógeno, el método usado fue el de la AOAC.

## Resultados y discusión

El objetivo de este estudio es incrementar el nivel proteico de un alimento que tiene como base una mezcla de granos (maíz y frijol; sorgo y frijol), para ello se evaluó las características fisicoquímicas de verduras autóctonas como la hoja blanca, el chipilín, la acelga, el quilete, el bleado, el quixtán, la moringa, la chaya y el berro, enfocándose en su contenido y calidad proteica. En el Cuadro 1, se encuentra los resultados del análisis proximal de estas verduras, y muestra que todas tienen un alto porcentaje de proteína (en base seca), el valor más bajo es el de la moringa, 23.50%, y el más alto es del berro, 40.46%.

**Cuadro 1.** Análisis proximal de verduras autóctonas, en base seca.

Verdura	Proteína (%)	Humedad (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Fibra cruda (%)
Hoja blanca	33.35 ± 0.75	0.75 ± 0.04	6.19 ± 0.10	10.64 ± 0.52	13.63 ± 0.17
Chipilín	38.78 ± 0.36	4.21 ± 0.03	3.50 ± 0.03	6.12 ± 0.00	12.17 ± 0.44
Acelga	24.30 ± 0.25	7.61 ± 0.02	5.19 ± 2.24	13.17 ± 0.03	7.80 ± 0.03
Quilete	38.81 ± 0.02	6.75 ± 0.36	6.50 ± 1.16	7.69 ± 0.13	10.29 ± 0.77
Bledo	30.66 ± 0.14	4.29 ± 0.01	4.55 ± 1.16	15.27 ± 0.32	9.47 ± 0.10
Quixtán	35.96 ± 1.30	5.11 ± 0.26	6.63 ± 0.19	10.81 ± 0.33	12.36 ± 0.59
Moringa	23.50 ± 0.28	4.49 ± 0.07	7.09 ± 0.23	12.01 ± 0.12	7.40 ± 0.44
Chaya	28.96 ± 0.35	2.62 ± 0.13	7.64 ± 0.14	9.60 ± 0.13	9.40 ± 0.45
Berro	40.46 ± 0.27	6.78 ± 0.21	5.42 ± 1.63	10.35 ± 0.01	7.90 ± 0.81

**Cuadro 2.** Análisis físicos de las 17 variedades del frijol.

Variedad	Peso promedio de grano <sup>*1</sup>	Tamaño de grano <sup>*2</sup>	Absorción de Agua <sup>*3</sup>	Cáscara (%) <sup>*4</sup>
Hunapu	0.234 ± 0.003	0.307 ± 0.011	50.24 ± 4.14	9.38 ± 0.42
Hunapu precoz	0.237 ± 0.005	0.294 ± 0.011	68.74 ± 1.55	10.90 ± 0.12
Super Chiva	0.184 ± 0.003	0.240 ± 0.000	40.94 ± 3.63	11.00 ± 0.27
Altense	0.242 ± 0.005	0.290 ± 0.010	33.37 ± 4.80	8.84 ± 0.59
Altense precoz	0.256 ± 0.004	0.330 ± 0.000	34.20 ± 6.73	9.22 ± 0.30
EPR - 9	0.258 ± 0.002	0.330 ± 0.000	53.69 ± 2.43	10.06 ± 0.28
Soyaxche	0.177 ± 0.005	0.230 ± 0.010	8.49 ± 4.12	10.34 ± 0.81
Texel	0.236 ± 0.002	0.300 ± 0.000	44.40 ± 15.84	9.16 ± 0.04
ICTA ligero	0.196 ± 0.008	0.267 ± 0.015	26.54 ± 15.18	10.54 ± 0.30
Trepador El Tablón Sololá	0.326 ± 0.002	0.397 ± 0.006	47.70 ± 6.93	9.26 ± 0.19
Frijol Arbustivo Ojo de Agua	0.231 ± 0.005	0.287 ± 0.006	87.86 ± 1.23	9.84 ± 0.20
Parramos	0.221 ± 0.007	0.263 ± 0.006	81.89 ± 1.50	9.35 ± 0.18
El Bodegón	0.214 ± 0.007	0.257 ± 0.012	80.18 ± 2.79	9.77 ± 0.18
La Campana	0.200 ± 0.002	0.220 ± 0.000	83.74 ± 6.11	9.88 ± 0.50
Ipala	0.206 ± 0.004	0.243 ± 0.006	86.59 ± 0.80	9.16 ± 0.13
Frijol Albay	0.213 ± 0.002	0.260 ± 0.000	89.17 ± 2.17	9.93 ± 0.17
Frijol Agricultor Ojo de Agua	0.276 ± 0.006	0.343 ± 0.012	65.25 ± 4.43	9.09 ± 0.15

Valores de referencia\*

1. Menor de 0.193g = grano pequeño, de 0.193 a 0.217g = grano mediano, mayor de 0.217 = grano grande.
2. Menor de 0.1919mL = grano pequeño, de 0.1919 a 0.2010mL = intermedio, mayor de 0.2010mL = grano grande
3. Menos de 80% de absorción = cáscara dura, mayor de 81% de absorción = cáscara suave. (Eliás et al 1986)
4. Menor de 8.0 % = contenido de cáscara bajo, de 8.0 a 10.0% = intermedio, mayor de 10.0% = cáscara alto.

**Cuadro 3.** Índice de cocción y de espesor de caldo de las 17 variedades del frijol.

Variedad	Índice de cocción (%) <sup>*1</sup>	Índice de espesor de caldo (%) <sup>*2</sup>
Hunapu	76	0.32
Hunapu precoz	64	0.41
Super Chiva	56	0.22
Altense	64	0.43
Altense precoz	72	0.42
EPR - 9	48	0.38
Soyaxche	44	0.10
Texel	60	0.29
ICTA ligero	40	0.15
Trepador El Tablón Sololá	68	0.36
Frijol Arbustivo Ojo de Agua	48	0.37
Parramos	72	0.48
El Bodegón	48	0.40
La Campana	52	0.48
Ipala	60	0.44
Frijol Albay	68	0.37
Frijol Agricultor Ojo de Agua	88	0.53

<sup>1.</sup> Más de 47% de granos reventados = frijol recién cosechado, menos del 34% granos reventados = con 6 meses de almacenamiento bajo condiciones de agricultor.

<sup>2.</sup> Menor de 0.4% = sugiere caldo ralo, entre 0.4 a 0.5% = caldo intermedio, mayor de 0.5% = caldo espeso. (14)

En los Cuadros 2 y 3, se puede observar la caracterización tecnológica de 17 muestras de frijol. Para dicha caracterización se realizaron métodos físicos (peso y tamaño de grano, porcentaje de cáscara, absorción de agua, índice de tiempo de cocción e índice de espesor de caldo). En general, según los valores de referencias del peso de grano y tamaño de grano (Eliás et al 1986), diez de las variedades fueron considerados granos grandes (peso promedio mayor de 0.217g), para la variedad de *superchivas* y *soyaxche*, que entraron en la categoría de granos pequeños (peso promedio menor de 0.193g) y en la categoría de granos medianos estuvieron las variedades de ICTA ligero, El Bodegón, La Campana, Ipala y el frijol Albay (peso promedio entre 0.193 a 0.217g). Ahora según las referencias del método físico del tamaño del grano, todas las variedades del frijol fueron consideradas granos grandes (valores mayores de 0.2010).

Además, se puede observar que por el método de porcentaje de cáscara y absorción de agua, se pudo determinar para cada variedad si eran de contenido bajo, intermedio y alto de cáscara y si se trataba de una cáscara dura o suave. Existe una marcada diferencia entre la dureza de la cáscara de las variedades estudiadas y las de venta comercial, éstas últimas reportan valores más bajos de dureza, sin embargo este parámetro no fue decisivo para establecer la dureza de cocción del frijol, por el contrario, el índice de cocción resultó ser inversamente proporcional a la dureza de la cáscara. (Eliás et al 1986). Según el Cuadro 3, existe poca diferencia del índice de espesor de caldo entre las variedades, y la diferencia se puede observar que en las variedades de venta comercial, el índice de espesor

**Cuadro 4.** Análisis químico proximal de las 17 variedades del frijol

Variedad	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasas (%)	Fibra (%)
Hunapu	10.06 ± 0.37	19.04 ± 0.51	2.29 ± 0.36	3.43 ± 0.50
Hunapu precoz	10.11 ± 0.44	18.20 ± 2.38	1.62 ± 0.02	5.24 ± 0.21
Super Chiva	11.84 ± 0.50	14.34 ± 2.21	1.66 ± 0.01	4.95 ± 0.17
Altense	8.98 ± 0.36	18.52 ± 0.04	1.85 ± 0.03	4.52 ± 0.27
Altense precoz	8.12 ± 0.61	21.41 ± 0.37	1.75 ± 0.00	3.70 ± 0.03
EPR - 9	10.94 ± 0.34	19.13 ± 0.55	1.91 ± 0.07	4.26 ± 0.60
Soyaxche	8.18 ± 0.21	20.34 ± 0.00	1.51 ± 0.22	4.99 ± 0.07
Texel	12.41 ± 0.29	18.30 ± 0.03	1.66 ± 0.05	4.39 ± 0.02
ICTA ligero	10.83 ± 0.28	29.79 ± 0.21	0.94 ± 0.00	4.68 ± 0.70
Trepador El Tablón Sololá	14.66 ± 0.02	18.24 ± 1.71	1.37 ± 0.04	3.93 ± 0.06
Arbustivo Ojo de Agua	18.82 ± 0.13	17.97 ± 0.29	1.73 ± 0.05	3.54 ± 0.16
Parramos	10.50 ± 0.31	19.15 ± 0.59	1.39 ± 0.07	3.87 ± 0.91
El Bodegón	11.20 ± 0.39	21.46 ± 0.63	1.41 ± 0.00	4.00 ± 0.99
La Campana	8.40 ± 0.38	21.18 ± 0.57	1.52 ± 0.00	3.30 ± 0.08
Ipala	9.42 ± 0.33	21.72 ± 0.84	1.37 ± 0.09	4.45 ± 0.18
Frijol Albay	15.82 ± 0.02	21.20 ± 1.13	1.64 ± 0.06	4.68 ± 0.04
Agricultor Ojo de Agua	11.70 ± 0.34	25.44 ± 0.18	1.03 ± 0.01	3.77 ± 0.18

**Cuadro 5.** Calidad proteica del sorgo combinado con soya a distintas proporciones.

INGREDIENTES	DIETAS						
	1	2	3	4	5	6	7
Maicillo Dulce	83	67	50	35	17	0	0
Harina de Soya	0	4	8	12	16	20	0
Leche Descremada	0	0	0	0	0	0	31
Minerales	4	4	4	4	4	4	4
Aceite	5	5	5	5	5	5	5
Vitamina	1	1	1	1	1	1	1
Almidón	7	19	32	43	57	70	59
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>RESULTADOS</b>							
Proteína en Dieta (%)	12.64 ± 0.21	12.75 ± 0.47	12.25 ± 0.19	12.14 ± 0.21	12.71 ± 0.30	12.07 ± 0.17	13.19 ± 0.26
Aumento peso (g)	32.5 ± 6.5	56.12 ± 10.13	84.1 ± 13.7	93.75 ± 11.5	102.00 ± 19.81	100.50 ± 14.37	130 ± 23.47
Alimento consumido (g)	257.37 ± 29.08	323.62 ± 46.65	408.87 ± 56.61	393.12 ± 20.42	431.75 ± 41.26	443.5 ± 31.71	402.85 ± 38.82
PER	1.0 ± 0.22	1.35 ± 0.09	1.68 ± 0.18	1.96 ± 0.18	1.85 ± 0.22	1.88 ± 0.25	2.44 ± 0.27
Digestibilidad (%)	58.92 ± 5.28	60.91 ± 6.58	67.37 ± 3.48	65.98 ± 3.39	78.46 ± 1.37	85.56 ± 1.02	89.44 ± 0.62

sugiere que es un caldo intermedio al igual que la variedad de Hunapú precoz, Altense, Altense precoz y las demás sugieren que son caldo ralo excepto el frijol Agricultor Ojo de Agua que sugiere un caldo espeso.

Con estas 17 muestras de frijol también se realizó un análisis proximal y los resultados se presentan en el Cuadro 4. Los resultados del porcentaje de proteína, en base seca, entre las variedades se establecen entre 14.34% para la muestra

Superchiva y 29.79% para la muestra ICTA ligero. Estos análisis ayudaron a elegir la variedad más adecuada de frijol para realizar el estudio biológico. La decisión más acertada fue realizar una mezcla de las dos variedades del frijol Agricultor Ojo de Agua y el Frijol Arbustivo Ojo de Agua. Las variedades de Ojo de Agua se eligieron no solo por su caracterización tecnológica sino también por el contenido alto proteico y su contenido bajo de fibra a comparación de las demás variedades.

**Cuadro 6.** Calidad proteica del sorgo blanco, rojo y soya.

INGREDIENTES	DIETAS					
	1	2	3	4	5	6
Maicillo blanco	35	25	15	5	0	0
Maicillo rojo	0	10	20	30	35	0
Harina de soya	12	12	12	12	12	0
Control	0	0	0	0	0	31.2
Minerales	4	4	4	4	4	4
Vitaminas	1	1	1	1	1	1
Aceite	5	5	5	5	5	5
Almidón	43	43	43	43	43	58.8
Total	100	100	100	100	100	100
<b>RESULTADOS</b>						
Proteína en dietas (%)	10.36 ± 0.1	10.15 ± 0.6	10.76 ± 0.1	10.30 ± 0.5	10.85 ± 0.1	11.23 ± 0.6
Aumento en peso (g)	103.375 ± 13.2	105.75 ± 11.23	105.5 ± 14.89	108.25 ± 13.80	107.5 ± 8.32	130.88 ± 29.26
Alimento consumido (g)	401.875 ± 31.06	414.5 ± 27.34	416.75 ± 31.81	433.5 ± 18.81	420.88 ± 20.73	412.75 ± 45.08
PER	2.48 ± 0.18	2.51 ± 0.16	2.34 ± 0.23	2.42 ± 0.23	2.36 ± 0.21	2.90 ± 0.39

**Cuadro 7.** Calidad proteica de la mezcla de harina de sorgo o maíz con distintos niveles de adición; 5, 10 y 15% de moringa.

INGREDIENTES	DIETAS						
	1	2	3	4	5	6	7
Harina de maíz nixtamalizada	85	80	0	0	0	90	0
Harina de sorgo criollo crudo	0	0	85	80	75	0	0
Harina de moringa	5	10	5	10	15	0	0
Leche descremada	0	0	0	0	0	0	33
Minerales	4	4	4	4	4	4	4
Vitaminas	1	1	1	1	1	1	1
Aceite	5	5	5	5	5	5	5
Almidón	0	0	0	0	0	0	57
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>RESULTADOS</b>							
Proteína en dietas (%)	8.96 ± 0.01	9.59 ± 0.19	10.34 ± 0.24	8.24 ± 0.08	8.05 ± 0.27	8.29 ± 0.04	13.29 ± 0.17
Aumento en peso (g)	31.5 ± 5.9	41.4 ± 5.7	54.3 ± 6.7	47.8 ± 7.0	65.3 ± 11.8	27.37 ± 4.4	120.25 ± 21.1
Alimento consumido (g)	236.1 ± 34.4	246.9 ± 32.7	286.6 ± 28.6	277.5 ± 30.4	334.6 ± 41.5	226.75 ± 30.2	388.87 ± 36.1
PER	1.5 ± 0.2	1.8 ± 0.1	1.8 ± 0.2	2.1 ± 0.1	2.4 ± 0.2	0.87 ± 0.08	2.23 ± 0.22
Digestibilidad (%)	81.90 ± 4.89	79.34 ± 1.11	79.59 ± 1.59	79.06 ± 4.55	76.50 ± 4.49	83.83 ± 1.06	88.64 ± 1.37

Antes de realizar este tipo de mezclas de granos fue necesario evaluar biológicamente el comportamiento de la mezcla sorgo dulce con soya, mezcla de sorgo blanco y rojo con soya, maíz-moringa, sorgo - moringa. Los resultados de estos tres estudios biológicos se representan en los Cuadros 5, 6 y 7. Analizando el Cuadro 5, podemos concluir lo que se ha comprobado en estudios biológicos anteriores, que el sorgo por sí sólo tiene una digestibilidad de la proteína sumamente baja y que el valor proteico representado como el índice de eficiencia proteica (PER) también es bajo; esto es debido al contenido de taninos que contiene el sorgo. Sin embargo en este estudio se comprobó lo que indica la literatura, que al hacerse mezclas de sorgo con una leguminosa, en este caso soya, se puede ir mejorando la digestibilidad proteica y el PER del alimento. En este caso se puede llegar hasta una mezcla de sorgo-leguminosa 50-50% respectivamente para tener resultados similares de PER a un alimento 100% soya.

Los resultados de los ensayos biológicos de la una mezcla de sorgo blanco y rojo con soya, Cuadro 6, muestra también que existe un mejoramiento de la calidad proteica en el alimento, y que los PER son similares entre las diferentes composiciones de mezcla de maicillo rojo y blanco dejando como una variable fija la cantidad de soya en estas mezclas, por lo que una vez más se prueba que en una mezcla (sorgo blanco y rojo) con leguminosa mejora la calidad proteica en el alimento.

En el Cuadro 7, se muestra la interacción de una verdura, moringa, con un alimento a base de maíz y con un alimento a base de sorgo. Se escogió moringa para este estudio debido a que fue la verdura que contiene porcentaje de proteína más bajo a comparación de las otras verduras evaluadas (ver Cuadro 1). En este estudio biológico se evaluó diferentes porcentajes de adición de moringa (5%, 10% y 15%) en una mezcla de maíz-verdura y sorgo-verdura. Lo anterior se hizo para determinar la cantidad óptima de verdura a utilizar en la mezcla.

Según los resultados obtenidos en este estudio, Cuadro 7, se muestra que si existe una leve diferencia en digestibilidad entre la verdura-maíz y verdura-sorgo, siendo mejor la mezcla de verdura-maíz; sin embargo el PER es más alto en las mezclas que tienen verdura-sorgo, y éste va aumentando junto con el porcentaje de verdura utilizado. Con estos resultados, se tomó la decisión de realizar los siguientes estudios biológicos con un porcentaje de 5% de verdura, con el objeto de aumentar demasiado el contenido de fibra debido a que afecta la digestibilidad proteica. Con la adición del 5% de verdura se puede observar que la digestibilidad fue superior que con una adición del 10 o 15%, lo que sugiere que debe buscarse un equilibrio entre este parámetro y el PER.

Se puede resaltar como algo importante que las verduras utilizadas en este estudio son de crecimiento silvestre junto con el cultivo de maíz y frijol, por lo que este subproducto agrícola puede aprovecharse nutricionalmente como suplemento en un alimento a base de estos granos. Además puede considerarse como una fuente de sustitución de proteína de alta calidad como las de la leche y carne.

## Conclusiones

1. Las verduras autóctonas se consideran una buena fuente de proteína y de fibra, por lo que pueden utilizarse para incrementar el nivel proteico de un alimento a base de una mezcla de granos.
2. El índice de eficiencia proteica (PER) y la digestibilidad, de un producto alimenticio a base de sorgo, se puede mejorar agregándole una leguminosa, como soya o frijol.
3. En el estudio biológico, el PER, incrementa junto con el aumento de porcentaje de moringa agregado en el alimento a base de maíz y en el alimento a base de sorgo.
4. Se obtiene una mejor digestibilidad con el 5% de moringa que con el 10% y 15% en los alimentos mencionados anteriormente y esto es debido a que la verdura contiene un alto porcentaje de fibra.

## Agradecimientos

Al Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) quien por medio del programa *Food for Progress* 2010 (FFP10) financió la ejecución del presente estudio (Contrato OGS: FCC-520-2010/026-00).

## Bibliografía

- AOAC (1984). *Official Methods of Analysis* 14 th Ed
- Cosentino SL, Mantineo M, Testa G (2012) *Water and nitrogen balance of sweet sorghum (Sorghum bicolor moench (L.)) cv. Keller under semi-arid conditions* *Ind Crops Prod* **36**: 329-342
- Bressani R, Gonzaga L (1962) *Mezclas de Proteínas Vegetales para Consumo Humano* Archivos Latinoamericanos de Nutrición. **XII** (2): 345-47
- Campos J (2003) Tesis: *Contenido de macronutrientes, minerales y carotenos en plantas comestibles autóctonas de Guatemala* Universidad De San Carlos De Guatemala, Facultad De Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala
- De Poll E (1984) *Plantas Comestibles y Tóxicas de Guatemala* 2a. ed. Guatemala: CECON
- Elías LG, García A, Bressani R (1986) *Métodos para Establecer la Calidad Tecnológica y Nutricional del Frijol*. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Publicación L-33 Guatemala
- Flores M (1961) *Food Pattern in Central American and Panamá* In: *Tradition Science and Practice in Dietetics* Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Congress of Dietetics London
- INCAP (2007) *Tabla de Composición de Alimentos de Centro América*. Menchú, MT (Ed) INCAP/OPS, 2<sup>a</sup> edición. Guatemala