

# EFEECTO DE LA GERMINACIÓN SOBRE EL CONTENIDO Y DIGESTIBILIDAD DE PROTEÍNA EN SEMILLAS DE AMARANTO, QUINUA, SOYA Y GUANDUL

## EFFECT OF THE GERMINATION ON THE PROTEIN CONTENT AND DIGESTIBILITY IN AMARANTH, QUINUA, SOY BEAN AND GUANDUL SEEDS

### EFEITO DA GERMINAÇÃO SOBRE O CONTEÚDO E DIGESTIBILIDADE DE PROTEÍNAS EM SEMENTES DE AMARANTO, QUINUA, SOJA E GUANDUL:

CHAPARRO ROJAS, D.C.<sup>1</sup>; PISMAG PORTILLA., R. Y.<sup>2</sup>; ELIZALDE CORREA, A. <sup>3</sup>;  
VIVAS QUILA, N. J.<sup>4</sup> Y ERAZO CAICEDO., C.A.<sup>5</sup>

#### Palabras clave:

Semillas, germinación, proteína, digestibilidad, granos andinos.

#### Key words:

Seeds, germination, protein, digestibility, Andean grains.

#### Palavras chaves:

Digestibilidade (digestão); quinua; guandul.

#### RESUMEN

*Se evaluaron los cambios en la concentración y digestibilidad de proteína durante la germinación en semillas de amaranto (*Amaranthus sp*), quinua (*Chenopodium quinoa w.*), soya (*Glycine max*) y guandul (*Cajanus cajan*). Las semillas utilizadas fueron suministradas por agricultores del Departamento del Cauca, seleccionadas asegurando calidad grado uno y porcentaje de germinación mayor al 90 %.*

*Se estandarizó el método para la obtención de semillas germinadas, mediante la definición de variables como uso o no de desinfectante, tipo de sustrato, tiempo de germinación y temperatura. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar con tres réplicas por día de germinación, para los días cero, uno, dos y tres; para cuantificación de proteína se utilizó Kjeldhal y para digestibilidad in-vitro de la proteína, se utilizó digestibilidad en pepsina.*

*Los hallazgos permitieron concluir que la germinación induce cambios en la concentración y digestibilidad de la proteína de forma particular en cada tipo de semillas; en amaranto y soya, la germinación generó un incremento significativo en el contenido de proteína a partir del segundo día de germinación y en guandul a partir del primer día; en la quinua generó un descenso en el contenido de proteína en el segundo día, siendo*

---

**Fecha de recibido para evaluación:** 8 de noviembre 2009 . **Aprobado para publicación:** Febrero 19 de 2010

- 1 Ingeniero agroindustrial. Grupo de Investigación Innovaciones Agroindustriales con Proyección Social, Popayán, Colombia.
- 2 Bióloga-Química, MSc. Ciencias de los Alimentos y Nutrición. Grupo de Investigación Innovaciones Agroindustriales con Proyección Social, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.
- 3 Autor correspondiente: Universidad del Cauca Facultad de Ciencias Agropecuarias. Programa Ingeniería Agroindustrial aelizalde@unicauca.edu.co
- 4 Zootecnista, Especialista en Nutrición Animal Sostenible, M.Sc. Ciencias Agrarias-Producción Animal Tropical. Grupo de Investigación Nutrición Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.
- 5 Médico, Especialista en Medicina Familiar y en Desarrollo Comunitario. Grupo de Investigación Innovaciones Agroindustriales con Proyección Social, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.

**Correspondencia:**

*estadísticamente igual en los días cero, uno y tres de germinación. La germinación mejora la digestibilidad de la proteína, en semillas de quinua, guandul y soya, no genero cambios en semillas de amaranto.*

## SUMMARY

The changes in protein concentration and digestibility were evaluated during the germination in seeds of amaranth (*Amaranthus sp.*), quinoa (*Chenopodium quinoa w.*), soy bean (*Glycine max*) and guandul (*Cajanus cajan*). The seeds used were supplied by Cauca department farmers, assuring the degree one quality and germination percentage over 90 %.

The method for the obtaining of germinated seeds, was standardized by defining variables such as using or not using disinfectant, substratum type, germination time and temperature

There was applied a complete blocks design at random with three replies for germination day, for the zeros, one, two and three days. There was used Kjeldhal for protein quantification and digestibility in pepsin for digestibility in-vitro.

The findings concluded that germination induces changes in protein concentration and digestibility in a particular way in each type of seeds; in amaranth and soy bean germination generated a significant increase in protein content from the second day of germination and in guandul from the first day; in quinua, it generated a decrease in protein content on the second day, being statistically equal on zero, one and three germination days.

The germination improved the digestibility of protein in quinoa seeds, guandul and soybeans; it did not generate changes in amaranth seeds.

## RESUMO

Se avaliaram as mudanças na concentração e digestibilidade de proteína durante a germinação em sementes de amaranto (*Amaranthus sp.*), quinua (*Chenopodium quinoa w.*), soja (*Glycine max*) e guandul (*Cajanus cajan*). As sementes empregadas foram fornecidas por agricultores do Departamento do Cauca, selecionando-as para garantir a qualidade grau um e a porcentagem de germinação maior ao 90%. Padronizou-se o método para a obtenção de sementes germinadas, mediante a definição de variáveis como uso ou não de desinfetante, tipo de substrato, tempo de germinação e temperatura. Aplicaram-se um desenho de blocos completos ao azar com três réplicas por dia de germinação, para os dias zero, um, dois e três; para quantificação de proteínas se empregou Kjeldhal e para digestibilidade in-vitro da proteína, empregou-se digestibilidade de pepsina. O achado permitiu concluir que a germinação induz câmbios na concentração e digestibilidade da proteína dum jeito particular em cada tipo de sementes; no amaranto e na soja, a germinação gerou um acréscimo significativo no conteúdo de proteína a partir do segundo dia, sendo estatisticamente igual nos dias zero, um e três de germinação. A germinação melhorou a digestibilidade da proteína, em sementes de quinua, guandul e soja, não gerou mudanças nas sementes de amaranto.

## INTRODUCCIÓN

La Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia "ESIN, 2005" [1], reporta que el departamento del Cauca posee índices de desnutrición crónica infantil de 24,5 %, valor superior al promedio nacional, el cual es del 13,6 %; éste problema afecta principalmente a niños menores de cinco años, madres gestantes y lactantes; con los consecuentes altos índices de anemia,

problemas de crecimiento y bajo rendimiento cognitivo.

La misma encuesta reporta deficiencias en la ingesta de proteínas del 36 %; siendo Vaupés, Cauca y Chocó, los departamentos con mayor prevalencia de deficiencia en la ingesta de proteínas, registrando porcentajes de deficiencia mayores al 50 % (Vaupés con 65,3 %, Cauca con 58,4 % y Chocó con 57,1 %).

En respuesta a este diagnóstico, surgió el planteamiento y desarrollo de la investigación, bajo la hipótesis que la germinación incrementa la concentración y digestibilidad de la proteína en semillas cultivadas en el depar-

tamento del cauca: amaranto y quinua (autóctonos de la región andina), guandul y soya; granos cultivados en el departamento del Cauca, y sobre los cuales se adelantan programas de recuperación, revaloración y uso; por cuanto constituyen una alternativa viable para mejorar los niveles de desnutrición proteica, ya que se destacan por su excelente valor nutricional.

Durante la germinación de las semillas se presentan muchos cambios en su composición, debido a la utilización de sus reservas (carbohidratos, lípidos y proteínas), para el desarrollo de su eje embrionario. Así, la investigación estuvo encaminada a determinar el momento exacto de la germinación, en el que las semillas de amaranto, quinua, guandul y soya alcanzaban el mayor incremento de proteína y su mayor digestibilidad para lograr un mejor aprovechamiento al ser suministrados como fuente de proteína, en la alimentación humana.

Para el desarrollo de la investigación, se utilizaron semillas de producción regional, las cuales fueron suministradas por agricultores del departamento del Cauca; las semillas de las cuatro especies fueron seleccionadas para asegurar un grado uno en su calidad y un porcentaje de germinación mayor del 90 %. Inicialmente, fue necesario estandarizar el método más apropiado para la germinación de las semillas objeto de estudio; para ello se evaluaron los métodos para la producción de germinados propuestos por algunos autores [2, 3], de tal forma que permitiera la estandarización de un proceso práctico, de fácil aplicación y bajo costo.

Durante el proceso de germinación se proporcionó a las semillas las condiciones adecuadas para la germinación y se controlaron las variables que tienen mayor influencia dentro del proceso (humedad y temperatura), además se realizó un seguimiento en las diferentes etapas del proceso germinativo deteniendo la germinación a diferentes tiempos (días uno, dos y tres) para la obtención de muestras, en las cuales se evaluó la concentración y digestibilidad de la proteína

## MATERIALES Y MÉTODOS

### SEMILLAS

Se utilizaron 12 kg de semilla por especie, amaranto (*Amaranthus* sp.), quinua (*Chenopodium quinoa*), soya

(*Glycine max*) y guandul (*Cajanus cajan*), semillas de producción regional, suministradas por agricultores rurales del Departamento del Cauca; las semillas de las cuatro especies fueron seleccionadas para asegurar un porcentaje germinación mayor del 90 % y un grado uno en su calidad física, aplicando la metodología descrita por Elizalde A. [4], y de acuerdo con las respectivas Normas Técnicas Colombianas: NTC 604, trigo para consumo adaptada para amaranto [5], NTC 484, 1129 soya [6, 7], NTC 871 frijol adaptada para guandul [8] y la norma ITINTEC 205.024 para quinua [9].

### DISEÑO EXPERIMENTAL

Una vez validado el método más apropiado para la producción de semillas germinadas, se realizó un diseño experimental completamente al azar, realizando mediciones en tres días diferentes del proceso germinativo (tratamientos) y un tratamiento testigo correspondiente a semilla sin germinar, cada tratamiento con tres repeticiones (tres bandejas con un peso de 500 g de semilla seca por bandeja), utilizando en total 6000 g de semilla en cada especie objeto de investigación (soya, guandul, quinua y amaranto), la distribución de cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones se localizaron completamente al azar dentro de un estante diseñado para el desarrollo de la investigación, formado por una estructura en PVC dotado de bandejas plásticas Ref.A-BB01 (55 cm x 29 cm), colocado al interior de un cuarto, en condiciones de oscuridad total, con una humedad relativa que oscilo entre 55 % - 83 % y con una temperatura entre 19 °C - 28 °C.

### ADECUACIÓN DE LAS SEMILLAS

Previo al montaje, cada submuestra fue lavada en agua potable y posteriormente puesta en remojo (1500 mL de agua potable por 500 g de semilla), por un tiempo y a una temperatura específica a cada semilla como se muestra en el Cuadro 1. Luego del remojo, las semillas fueron lavadas con agua potable y escurridas, para ser ubicadas sobre bandejas plásticas acanaladas, previamente limpias y desinfectadas.

Durante la fase de germinación, se practicó humectación de las semillas conforme al requerimiento particular de cada especie, según se indica en el Cuadro 2.

**Cuadro 1.** Tiempo y temperatura de remojo

Semilla	Tiempo total de remojo	Temperatura del agua de remojo (°C)	Frecuencia de recambio del agua de remojo
Amaranto	25 minutos	18	Sin cambio
Quinua	6 horas	30	3 horas
Soya	5 horas	30 - 34	2,5 horas
Guandul	48 horas	34	8 horas

**Cuadro 2.** Manejo de semillas durante el tiempo de germinación

Semilla	Método utilizado	Temperatura agua, para humectación y lavado de semillas (°C)
Amaranto	Lavado por inmersión de semillas en agua potable y aspersión de agua potable cada 6 horas.	18 – 22
Quinua	Lavado por inmersión en agua potable hasta el día uno postemergencia y aspersión de agua potable a partir del día dos postemergencia, cada 12 horas.	30
Soya	Lavado por inmersión en agua potable cada 24 horas.	30 – 34
Guandul	Lavado por inmersión en agua potable cada 12 horas.	34

Cumplido el tiempo planeado, de acuerdo con el diseño experimental (día uno, dos, tres postemergencia), se detuvo el proceso y se procedió a deshidratar las semillas hasta una humedad final del 12 %, para ello se utilizó un deshidratador construido en acero inoxidable marca COMEK estabilizado a temperatura de  $37 \pm 0.5$  °C; las muestras secas se empacaron al vacío en bolsas de polietileno de alta densidad recubiertas con bolsas de papel kraft, posteriormente fueron sometidas a análisis de proteína y digestibilidad.

#### DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA TOTAL Y DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA.

Los análisis de las 48 muestras obtenidas de las diferentes replicas, fueron practicados con la aplicación del método Kjeldhal para la determinación de proteína (Nx6.25) según norma ISO1871 [10] y la aplicación de la norma NTC 719 para determinar digestibilidad de proteína *in-vitro* [11].

#### MÉTODO ESTADÍSTICO.

El estudio estadístico se realizó mediante el análisis de varianza de una vía "ANOVA", para las variables de proteína cruda, digestibilidad de proteína cruda. Las medias de los diferentes tratamientos fueron comparadas por

el método de los rangos múltiples de Duncan. El nivel de significancia fijado

Para estos análisis fue del 5%. Además estos métodos estadísticos fueron modelados en el programa SPSS Versión 11.5.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para cada especie, se tomó como día cero, las muestras de semillas secas sin germinar; como día uno cuando las semillas presentaron un porcentaje de germinación superior al 70 %, como día dos cuando las semillas presentaron un porcentaje de germinación entre 80 % - 90 %. En el día tres se registro un porcentaje de germinación superior al 90 %, en cada una de las especies.

### PROTEÍNA CRUDA

Los resultados para contenido de proteína cruda (N x 6,25; humedad base 12 %), se muestran en el Cuadro 3.

De acuerdo con la información registrada en el Cuadro 3, se encontró que la concentración de proteína presente en las semillas sin germinar fue de:  $12,52 \pm 0,10$  en el amaranto,  $14,76 \pm 0,09$  en la quinua,  $37,71 \pm 0,17$  en soya y  $18,83 \pm 0,15$  en guandul.

**Cuadro 3.** Contenido de proteína cruda en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul, en diferentes estados de germinación, expresado en porcentaje (gramos de proteína en 100 gramos de semilla).

Tiempo de germinación (días)	Amaranto ( <i>Amaranthus sp.</i> )	Quinua ( <i>Chenopodium quinoa w.</i> )	Soya ( <i>Glycine max</i> )	Guandul ( <i>Cajanus cajan</i> )
0	12,52 ± 0,10 <sup>a</sup>	14,76 ± 0,09 <sup>a</sup>	37,71 ± 0,17 <sup>a</sup>	18,83 ± 0,15 <sup>a</sup>
1	12,76 ± 0,13 <sup>a</sup>	14,15 ± 0,03 <sup>b</sup>	38,82 ± 1,07 <sup>ab</sup>	20,30 ± 0,39 <sup>b</sup>
2	13,61 ± 0,21 <sup>b</sup>	14,77 ± 0,07 <sup>a</sup>	39,97 ± 0,51 <sup>b</sup>	21,31 ± 0,30 <sup>c</sup>
3	14,25 ± 0,35 <sup>c</sup>	14,68 ± 0,44 <sup>a</sup>	38,73 ± 0,97 <sup>ab</sup>	20,83 ± 0,15 <sup>c</sup>

Los resultados tabulados son las medias de tres observaciones, (±) Desviación típica, letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas  $P \leq 0,05$ .

Igualmente, se encontró que el proceso de germinación generó un incremento significativo en la concentración de proteína cruda en las semillas de amaranto, soya y guandul, mientras que en la quinua se observó un  $18,83 \pm 0,15$  ligero descenso en la concentración de proteína el primer día de germinación.

Al analizar los cambios en la concentración de proteína durante la emergencia de las semillas de amaranto, se encontró que la concentración de proteína no varió de forma significativa el primer día de germinación; sin embargo, fue significativo el incremento durante el segundo y tercer día de emergencia con respecto a la concentración de proteína de las semillas sin germinar (día cero) y a la de las semillas del día uno, registrándose el mayor incremento el tercer día de la germinación, lo anterior sugiere que al tercer día de germinación es posible conseguir 17,3 kg más de proteína cruda por tonelada de semilla de amaranto. En las semillas de quinua la germinación no mejoró la concentración de proteína, la proteína encontrada en las semillas con dos y tres días de germinación, fue estadísticamente igual a la proteína de las semillas sin germinar (día cero); por el contrario, en el primer día de germinación se presentó un descenso significativo en el contenido de proteína, con respecto a la proteína de las semillas sin germinar (día cero), encontrándose una diferencia de 0,61 %. En las semillas de soya y guandul, se observó un incremento significativo en la concentración de proteína durante los dos primeros días de germinación, con relación a las semillas sin germinar (día cero), estabilizándose en el tercer día de emergencia de las semillas, día en el cual se observa un ligero descenso en la concentración de proteína, con respecto al día dos de germinación. Mediante la emergencia se logra obtener 2,26 % más de proteína total en soya, lo que representa 22,6 kg más

de proteína cruda por cada tonelada de semillas de soya y 2,48% más de proteína en guandul lo que representa 24,8 kg más de proteína por tonelada de semilla.

Los valores encontrados para la concentración de proteína en las semillas sin germinar de amaranto, soya, quinua y guandul, se hallan dentro de los rangos reportados por otros autores [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19].

La tendencia al incremento de la concentración de proteína cruda observada en las semillas de amaranto, guandul y soya, concuerda con los hallazgos encontrados por otros investigadores: Donangelo, M., et al [20], experimentando con semillas de soya, lupino y frijoles negros, encontraron un incremento en la concentración de proteína de estas semillas, cuando fueron sometidas al proceso de germinación; Moueium et al. [21], en sus investigaciones con diferentes variedades de maíz, observaron el máximo incremento de la proteína luego de 72 horas de germinación; Jiménez M. et al. [22], investigando los efectos de la germinación en semillas de soya, durante cinco días, encontraron un incremento del contenido de proteína de la semilla a lo largo del periodo de germinación.

Sin embargo, los anteriores hallazgos son discordantes con los resultados reportados por otros investigadores: Oloyo R. [18], quien estudió el efecto de la germinación en semillas de guandul, encontrando que la concentración de proteína disminuía con el proceso de germinación; Ahmed M.B. et al. [23], indicaron que tras tres días de germinación el contenido de proteína de las semillas disminuía; Nielsen S. y Liener I. [24], quienes experimentando con frijol común, encontraron una tendencia a la disminución del

contenido de proteína cruda a medida que aumentaba el tiempo de germinación; igualmente, Urbano G. et al. [25], estudiaron el proceso germinativo de arvejas, y encontraron disminución en el contenido de proteína cruda a partir del día dos de la germinación.

Entretanto, Colmenares de Ruíz A. y Bressani R. [26], reportan que no registraron cambios significativos en la concentración de proteína cruda, entre las semillas sin germinar, de diferentes variedades de amaranto, con respecto al tercer día de germinación; estas observaciones presentan cierta similitud con el comportamiento de la concentración de proteína cruda, durante el proceso germinativo de semillas de quinua, encontrado en el presente estudio.

## DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA

Tal como se muestra en el Cuadro 4, la digestibilidad *in vitro* de la proteína de las semillas de las especies estudiadas, se vio afectada indistintamente con el proceso germinativo.

De acuerdo con la información reportada en el Cuadro 4, la digestibilidad de la proteína en semillas de amaranto permaneció estable durante la germinación, observándose una ligera tendencia a disminuir en el día tres con respecto a la digestibilidad de la proteína de las semillas sin germinar; en las semillas de quinua y soya, el proceso de germinación generó un comportamiento irregular en la digestibilidad de la proteína, observándose un incremento en el día uno de germinación, un posterior descenso en el día dos de germinación, para finalmente repuntar en el día tres de germinación; en semillas de guandul el incremento en la digestibilidad de la proteína fue progresiva con el paso del tiempo de germinación. Los resultados tabulados son las medias de tres ob-

servaciones, ( $\pm$ ) Desviación típica, letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas  $P \leq 0,05$ .

Los datos de digestibilidad *in vitro* de la proteína para semillas de amaranto, mostraron una tendencia a la disminución lo que corrobora la información presentada por Harmuth – Hoene A. [27] quien encontró que la digestibilidad de la proteína en semillas de frijol mungo disminuyó de 82 % a 79 % durante un periodo de germinación de cuatro días.

Por otra parte, la germinación en las semillas de leguminosas, soya y guandul, generó un incremento en el porcentaje de digestibilidad de la proteína; estos hallazgos confirman lo reportado en investigaciones desarrolladas por otros autores como Makokha A.O. et al. [28], quienes encontraron un incremento en la digestibilidad de la proteína de diversas variedades de soya entre las 72 y 144 horas del periodo germinativo; Khalil A. et al. [29], registraron un pequeño incremento en la digestibilidad de semillas germinadas de soya y lupino con respecto a las semillas sin germinar; Jiménez M. et al. [22], reportan en su estudio que la digestibilidad aparente de las semillas de soya durante un periodo de germinación de cinco días incrementó con una relación directamente proporcional al tiempo; Jirapa P. et al. [30] y Khattak, A.; Zeb, A. y Bibi, N. [31], encontraron incrementos de digestibilidad de la proteína en semillas de mijo y garbanzo, respectivamente con el paso de los días de la germinación; Donangelo M. et al. [20], encontraron que la digestibilidad de la proteína en semillas de lupino incrementó con la germinación; Sangronis E. y Machado C. [32], observaron que la digestibilidad *in vitro* de guandul y frijoles blancos se incrementó, según ellos, debido a la reducción de factores antinutricionales como ácido fítico y taninos, los cuales según Alonso, R., Aguirre, A. y Marzo, F. [33], son los responsables

**Cuadro 4.** Digestibilidad de proteína cruda en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul, en diferentes estados de germinación, expresado en porcentaje.

Tiempo de germinación (días)	Amaranto ( <i>Amaranthus sp.</i> )	Quinua ( <i>Chenopodium quinoa w.</i> )	Soya ( <i>Glycine max</i> )	Guandul ( <i>Cajanus cajan</i> )
0	79,22 $\pm$ 5,79 <sup>a</sup>	79,40 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	80,23 $\pm$ 1,28 <sup>a</sup>	79,80 $\pm$ 0,53 <sup>a</sup>
1	80,97 $\pm$ 2,11 <sup>a</sup>	90,35 $\pm$ 0,48 <sup>b</sup>	85,99 $\pm$ 1,08 <sup>b</sup>	82,55 $\pm$ 0,55 <sup>ab</sup>
2	79,28 $\pm$ 5,58 <sup>a</sup>	74,57 $\pm$ 5,57 <sup>a</sup>	84,66 $\pm$ 0,40 <sup>ab</sup>	90,25 $\pm$ 1,89 <sup>c</sup>
3	72,60 $\pm$ 3,51 <sup>a</sup>	82,53 $\pm$ 6,67 <sup>ab</sup>	85,03 $\pm$ 4,55 <sup>b</sup>	84,03 $\pm$ 2,31 <sup>b</sup>



de la unión con proteínas para formar complejos que evitan el ataque enzimático para la degradación proteica.

Sin embargo, respecto a variaciones de la digestibilidad de la proteína cruda entre semillas germinadas y sin germinar, otros autores han reportado resultados discordantes con los resultados encontrados en la presente investigación, y a los hallazgos presentados por los investigadores anteriormente citados; Urbano G. et al. [25] y Donangelo M. [20], demostraron en sus respectivas investigaciones, que la digestibilidad de la proteína varió muy poco o permaneció constante durante el proceso germinativo de las semillas.

## CONCLUSIONES

La concentración de proteína cruda encontrado en semillas de producción regional fue de:  $12,52 \pm 0,10$  para amaranto;  $14,76 \pm 0,09$  para quinua;  $18,83 \pm 0,15$  para guandul y  $37,71 \pm 0,17$  para soya.

Con el proceso de germinación se logro un incremento en la concentración de proteína cruda en semillas de amaranto (1,73 %), soya (2,26 %) y guandul (2,48 %), con respecto a las semillas de las mismas especies sin germinar.

La germinación genero un incremento significativo de la digestibilidad *in Vitro* en la proteína de las semillas de quinua soya y guandul, pasando de 79,40% a 90,35% en quinua, de 80,23 % a 85,99% en soya y de 79,80 % a 90,25 % en guandul; registrándose el mayor incremento el día uno de la germinación en el caso de semillas de quinua y soya y el día dos de germinación en las semillas de guandul.

Se pudo establecer que la cantidad de proteína realmente asimilable (Proteína digestible), se encuentra entre el 70 % y el 90 % de lo ofrecido por las semillas en sus diferentes estados de germinación.

## REFERENCIAS

- [1] Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia: ENSIN 2005. [serial online] 2005 [citado 19 abr 2008]. Disponible en: URL: [http://www.icbf.gov.co/ESPANOL/ENSIN\\_PAGINA%20WEB%202005pdf](http://www.icbf.gov.co/ESPANOL/ENSIN_PAGINA%20WEB%202005pdf).
- [2] HOYOS OCAMPO, Lucy. Los germinados: comida viva, fuente de vida, belleza y longevidad feliz. Bogotá: Grupo empresarial naturaleza y vida, s.f. 83 p.
- [3] RIVIÉRE, J. La alimentación viviente: una huerta en su hogar. Bogotá: D´Solaroma, s.f. 108 p.
- [4] ELIZALDE C., Ana de Dios. Manual de prácticas: Tecnología de granos y semillas. Popayán, Colombia: Universidad del Cauca, Facultad de ciencias agropecuarias, s.f. 102 p. ISBN 958 – 9475 – 58 – 2.
- [5] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Trigo para consumo. Bogotá: ICONTEC; 1970 (NTC 604).
- [6] \_\_\_\_\_. Soya para consumo. Bogotá: ICONTEC; 1975. (NTC 484).
- [7] \_\_\_\_\_. Soya para consumo: métodos de ensayo. Bogotá: ICONTEC; 1976. (NTC 1129).
- [8] \_\_\_\_\_. Frijol para consumo. Bogotá: ICONTEC; 2006. (NTC 871)
- [9] INSTITUTO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS. Especificaciones técnicas: Quinoa entera limpia. Lima, Perú: ITINTEC; 1992.
- [10] Instituto Internacional de Normalización ISO. Agricultural Food Products-General Directions for the Determination of Nitrogen by the Kjeldahl Method. ISO 1871 First Edition 1975 -12-15.
- [11] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Alimento para animales: determinación de la digestibilidad con pepsina de la proteína de origen animal. Bogotá: ICONTEC; 2003. (NTC 719).
- [12] CHAGARAY, Analía. Estudio de factibilidad del cultivo del amaranto. Provincia de Catamarca: Perú, 2.005, 28p. Estudio de factibilidad. Dirección Provincial de Programación del Desarrollo. Ministerio de Producción y Desarrollo. Gobierno de la Provincia de Catamarca.
- [13] DE GUARDIA DE PONTE, José et. al. Informe de economía y producción: una completa visión de lo que ofrece la provincia de Salta en materia económica. [En línea] Cámara de diputados provincia de Salta. Argentina. 2.007. [Fecha de cita: 3 enero, 2.008]. Disponible desde Internet en: < <http://www.camdipsalta.gov.ar/INFSALTA/economia/quienes.htm> > .
- [14] IESN – CHILE (Instituto de Estudios Salud Natural de Chile). Todo sobre la soya. [En línea]. Valparaíso:Chile. Abril de 2.001. [Fecha de cita: 11 febrero, 2.008]. Disponible desde Internet

- en: < <http://www.geocities.com/iesnchile/soya.html> >.
- [15] INDUSTRIA ALIMENTICIA. Ingredientes al día: agregando soya a su salud. En: Industria alimenticia: para los productores de alimentos latinoamericanos. Vol. 17, No. 4 (abr, 2.006); p. 26,28.
- [16] AYALA, G., ORTEGA, L. y MORON, C. Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro: Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.): Valor nutritivo y usos de la quinoa [en línea], Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [Chile, Santiago], 2001 [citado 13 Junio, 2008] disponible desde Internet URL: <http://www.ric.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/home03.htm>
- [17] VELEZ, Juan. Formulación de un paquete tecnológico para utilización agroindustrial del guandul (*Cajanus cajan* L. Millsp). Cali, 1996., 195p. Proyecto de grado (Ingeniero Agrícola). Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- [18] OLOYO, R. A. Chemical and nutritional quality changes in germinating seeds of *Cajanus cajan* L. *Science Direct: Food Chemistry*. 2002; 85: 497 – 502.
- [19] LE HOUÉROU, Leguminosae: *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2007. p. 5-6
- [20] DONANGELO, M., et al. Effect of germination of legume seeds on chemical composition and on protein and energy utilization in rats. *Food chemistry*. 1995; 53: 23 – 27.
- [21] MOUEIUM, et al. Effect of germination on protein fractions of corn cultivars. *Food Chemistry*. 1996; 57(3): 381 – 384.
- [22] JIMÉNEZ M. J., et al. Biochemical and nutritional studies of germinated soybean seeds. [summary] ALAN – Archivos latinoamericanos de nutrición: Órgano oficial de la sociedad latinoamericana de nutrición. 1985; 35(3): 480 – 490.
- [23] AHMED, M. et al. Proximate composition, antinutritional factors and protein fraction of guar gum seeds as influenced by processing treatments (Pakistan). *Journal of Nutrition*. 2006; 5(5): 481 – 484.
- [24] NIELSEN, S. y LIENER, I. Degradation of the major storage proteins of *Phaseolus vulgaris* during germination. Role of endogenous proteases and protease inhibitors. *Plant physiology*. 1984; 74: 494 – 502. Citado por: OLOYO, R. A. Chemical and nutritional quality changes in germinating seeds of *Cajanus cajan* L. *Science Direct: Food Chemistry*. 2002; 85: 497 – 502.
- [25] URBANO, G. et al. Effects of germination on the composition and nutritive value of proteins in *Pisum sativum* L. *Food Chemistry*. 2005; 93: 671 – 679.
- [26] COLMENARES DE RUIZ, A.S. y BRESSANI, R. Effect of germination on the Chemical composition and nutritive value of amaranth grain. *Cereal chemistry*. 1990; 67(6): 519 – 522.
- [27] HARMUTH – HOENE, A. E. Effect of germination on protein quality of wheat and mung beans – studies of nitrogen balance in growing rats. *Z. Ernährungswiss*. 1988; 27(1): 40 – 47.
- [28] MAKOKHA A. O. et al. Effect of malting on protein digestibility of some sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties grown in Kenya. J. Kenyatta University of Agriculture and Technology, Department of Food Science and Post – harvest Technology, s.f.
- [29] KHALIL, A. et al. Production of functional protein hydrolysates from egyptian breeds of soybean and lupin seeds. *African Journal of Biotechnology*. 2006; 5(10): 907 – 916.
- [30] JIRAPA, P. et al. Nutritional quality of germinated cowpea flour (*Vigna unguiculata*) and its application in home prepared powdered weaning foods. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2001; 3(56): 203 – 216. Citado por: KHATTAK, A., ZEB, A. y BIBI, N. Impact of germination time and type of illumination on carotenoid content, protein solubility and in vitro protein digestibility of chickpea (*Cicer arietium* L.) sprouts. *Food Chemistry*. 2007: 1 – 5.
- [31] KHATTAK, A.; ZEB, A. y BIBI, N. Impact of germination time and type of illumination on carotenoid content, protein solubility and in vitro protein digestibility of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food chemistry*. 2007: 1 – 5.
- [32] SANGRONIS, E. y MACHADO, C. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *Food science and technology*. 2007; 40: 116 – 120.
- [33] ALONSO, R., AGUIRRE, A. y MARZO, F. Effect of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in Vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chemistry*. 2000; 59(1): 121 – 125. Citado por: SANGRONIS, E. y MACHADO, C. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *Science Direct: LWT*. 2005; 40: 116-120