ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE PROTEÍNA EN HARINA DE AMARANTO DE LA VARIEDAD ALEGRÍA TRAS EL PROCESAMIENTO POR CINCO MÉTODOS

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO

ELABORADO POR:

CARLOS RODRIGO LANDÁZURI GONZÁLEZ

SANGOLQUÍ, 1 de Julio del 2008

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR

CARLOS RODRIGO LANDÁZURI GONZÁLEZ

CORDINADORA DE LA CARRERA

MARBEL TORRES

SECRETARIA ACADÉMICA

Dr. Zabala

SANGOLQUÍ, 1 de Julio del 2008

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Carlos Landázuri como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniero en Biotecnología.

1 de julio del 2008

Ing. Patricia Moreira M.Sc. Alma Koch

REVISADO POR

……

DEDICATORIA

Este trabajo lo realizo como culminación de de mis estudios universitarios y quiero dedicarlo no a mis profesores, no a mis compañeros no a mis amigos o familiares, sino a todas y cada una de las personas que pasaron por mi vida durante este periodo, ya que de una u otra forma aportaron para mi desarrollo como persona. A todos ellos gracias, por haber formado parte de mi vida.

Carlos Landázuri

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a una o varias personas sería dejar de lado o desmerecer a muchos familiares, amigos y profesores, que estuvieron conmigo a lo largo de este periodo de mi vida, por ello quiero agradecer a todos quienes de una forma directa o indirecta me ayudaron a culminar mis estudios, a crecer como persona y a encontrar un espacio en el cual yo pude desarrollarme.

Carlos Landázuri

INDICE DE CONTENIDOS

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS II
CERTIFICACIÓN III
DEDICATORIA IV
AGRADECIMIENTO V
ÍNDICE DE CONTENIDOS VI
GLOSARIO DE TÉRMINOS VIII
LISTADO DE CUADROS IX
LISTADO DE FOTOS XI
LISTADO DE GRÁFICOS XII
LISTADO DE ANEXOS XIII
RESUMEN XIV
ABSTRACT XV
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN. 1
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 1
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 1
1.3. OBJETIVOS 4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL 4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
1.4. MARCO TEÓRICO 4
1.4.1. AMARANTO (VARIEDAD ALEGRÍA) 4
1.4.1.1. ORIGEN Y GENERALIDADES 4
1.4.1.2. CARACTERÍSTICAS 6
1.4.1.2.1. CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA 8
1.4.1.2.2. COMPOSICIÓN DE AMARANTO 8
1.4.1.3. IMPORTANCIA DEL CULTIVO 11
1.4.1.4. COMPARACIÓN CON OTROS CEREALES 11
1.5. HIPÓTESIS 12
CAPITULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS 13
2.1. PARTICIPANTES 13
2.2 ZONA DE ESTUDIO 13
2.3. PERÍODO DE INVESTIGACIÓN 13
2.4. DISEÑO 14
2.5. PROCEDIMIENTOS 15
2.5.1. MATERIALES PARA LABORATORIO 15
2.5.2. REACTIVOS 15
2.5.3. INSUMOS 16
2.6. METODOLOGÍA 16
2.6.1. ELABORACIÓN DE HARINAS 16
2.6.2. MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE PROTEÍNA CONTENIDOS EN LA MUESTRA.. 23

2.6.2.1. DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL POR EL MÉTODO DE KJELDAHL 23
2.6.2.1.1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA …….....….....23
2.6.2.1.2. DIGESTIÓN 23
2.6.2.1.3. DESTILACIÓN 23
2.6.2.1.4. TITULACIÓN 24
2.6.2.1.5. CÁLCULOS 24
2.7. ANÁLISIS DE DATOS 26
CAPÍTULO 3: RESULTADOS 27
CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN 45
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES 50
CAPÍTULO 6: RECOMENDACIONES 53
CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA 54
ANEXOS 57

GLOSARIO DE TÉRMINOS

LISINA……. Aminoácido esencial.

METIONINA……... Aminoácido esencial.

GLOMERULO……. Inflorescencia formada por una masa globosa de hojas.

RAMIFICACIÓN DICASIAL……. (Dicasio) Inflorescencia cimosa en que por debajo del ápice caulinar, que termina en una flor se desarrollan dos ramas laterales también floríferas.

PIXIDIO UNILOCULAR…… Fruto seco en forma de cápsula.

OPÉRCULO……. Órgano a modo de tapa que se desprende en un capullo o fruto.

DEHISCENTE…….. Que se abre después de la madurez.

SPSS…….. Programa estadístico de Microsoft.

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1.1 Clasificación científica del Amaranto……...8

Cuadro 1.2. Rango de valores en las especies más comunes de amaranto, porcentajes hechos en base seca (Nx5.85)……9

Cuadro 1.3. Contenido de minerales del grano de amaranto (*A. hypochondriacu*)…… ……...……...10

Cuadro 1.4. Valores de la composición de aminoácidos esenciales (mg/g) presentes en la semilla de amaranto…….10

Cuadro 1.5. Cuadro comparativo de los porcentajes de proteína del amaranto con relación a otros cereales. Amaranto (Nx5.85), maíz y arroz (Nx6.25), trigo (Nx5.7)…11

Cuadro 1.6. Cuadro nutritivo comparativo de los porcentajes de diferentes cereales con el amaranto. Amaranto (Nx5.85), maíz y arroz (Nx6.25), trigo (Nx5.7)……12

Cuadro 1.7. Cuadro nutritivo comparativo de minerales de diferentes cereales con el amaranto, descrito en mg del mineral con relación a 100g de cereal……..12

Cuadro 2.1. Diseño estadístico para del proceso……..14

Cuadro 2.2. Factores determinados para el procesamiento de semilla de amaranto por los respectivos tratamientos…….17

Cuadro 3.1. Descriptivos para el ANOVA de peso final, porcentaje de proteína en 100 g de harina y proteína total obtenida……27

Cuadro 3.2. ANOVA de: peso final, porcentaje de proteína en 100 g de harina y proteína total obtenida…….28

Cuadro 3.3. Pruebas de comparaciones múltiples para el peso final del procesamiento de semilla de amaranto de la variedad alegría por cinco métodos……..29

Cuadro 3.4. Pruebas de comparaciones múltiples para el porcentaje de proteína en 100 g de muestra para el procesamiento de semilla de amaranto de la variedad alegría por cinco métodos……30

Cuadro 3.5. Pruebas de comparaciones múltiples para la proteína total obtenida, para el procesamiento de semilla de amaranto de la variedad alegría por cinco métodos…..31

Cuadro 3.6. Distribución de los pesos posteriores al procesamiento de la semilla de amaranto de la variedad alegría por cinco tratamientos en tres rangos……...33

Cuadro 3.7. Distribución de los niveles de proteína posteriores al procesamiento de la semilla por los cinco tratamientos en 100 g de harina, en tres rangos, bajo, medio, alto……...……....35

Cuadro 3.8. Distribución de los porcentajes de proteína obtenidos posteriores al procesamiento de la semilla por los cinco tratamientos con relación a los pesos obtenidos de harina, en tres rangos, bajo, medio, alto…….37

Cuadro 3.9. Peso inicial, final y porcentaje de perdida de peso durante el procesamiento por cinco métodos de la semilla de Amaranto de la variedad alegría….39

Cuadro 3.10. Porcentaje de proteína en 100 gramos de harina de acuerdo a los respectivos tratamientos……..41

Cuadro 3.11. Cantidad total de proteína encontrada con relación a los pesos de las muestras de harina……...43

LISTADO DE FOTOS

Foto 2.1. Procesos de germinado al cual fueron sometidas las muestras de las semilla de amaranto……..18

Foto 2.2. Procesos de tostado al cual fueron sometidas las muestras de las semillas de amaranto……..19

Foto 2.3. Procesos de cocido al cual fueron sometidas las muestras de las semillas de amaranto……..20

Foto 2.4. Procesos de horneado al cual fueron sometidas las muestras de las semillas de amaranto……..21

Foto 2.5. Proceso de molido de las muestras de semilla de amaranto de la variedad alegría……..22

Foto 2.6. Pasos de preparación de muestras, digestión y destilación de muestras del grano de amaranto……...25

Foto 2.7. Titulación de las muestras del grano de amaranto……26

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1. Distribución de los pesos posteriores al procesamiento de la semilla de amaranto de la variedad alegría por cinco tratamientos en tres rangos……...32

Gráfico 3.2 Distribución de los niveles de proteína posteriores al procesamiento de la semilla por los cinco tratamientos en 100 g de harina, en tres rangos……34

Gráfico 3.3. Distribución de los porcentajes de proteína obtenidos posteriores al procesamiento de la semilla por los cinco tratamientos con relación a los pesos obtenidos de harina, en tres rangos……..36

Gráfico 3.4. Mapa Perceptual. Análisis de correspondencias múltiples…….38

Gráfico 3.5. Peso posterior al procesamiento por cinco métodos de la semilla de Amaranto, de la variedad alegría…….40

Gráfico 3.6. Porcentaje de proteína en 100 gramos de harina de acuerdo a los respectivos tratamientos……..42

Gráfico 3.7. Cantidad total de proteína encontrada con relación a los pesos de las muestras de harina……...44

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A. Fotografías de las diferentes harinas obtenidas, posteriores a los cinco tratamientos aplicados.

Anexo B. Características organolépticas de las harinas de semilla de amaranto de la variedad alegría, procesadas con cinco tratamientos.

Anexo C. Gráficos del promedio de las repeticiones por tratamiento de, peso final, proteína en cien gramos y proteína obtenida en la muestra, del procesamiento de amaranto para elaboración de harinas.

Anexo D. Gráfico de los rangos en los cuales se encontraron las diferentes repeticiones para peso final, proteína en 100 g y proteína total obtenida.

RESUMEN

Se está dando un auge en el cultivo de amaranto por las características nutritivas que presenta y por los beneficios que puede brindar para solucionar los problemas de desnutrición, siendo importante procesarlo para obtener las mejores características en harinas que deriven de este cereal.

Se evaluó el porcentaje de proteína posterior al procesamiento de semilla de amaranto de la variedad alegría, para la obtención de harina por cinco métodos, los métodos usados fueron: tostado, cocido, horneado, germinado y cruda, las muestras fueron pesadas y molidas, para posteriormente ser sometidas a los diferentes tratamientos y obtener polvo de este grano, encontrándose que tanto los pesos como los valores de proteína en 100 g de cada tipo; y el total de proteína variaban con relación a los tratamientos en cantidades pequeñas sin ser esta diferencias representativas.

Posteriormente para tener una mejor visión se clasificó los resultados en intervalos, dividiendo el rango que se obtenía entre los valores máximo y mínimo de proteína en tres grupos alto (14%-16%), medio (12%-14%) y bajo (10%-12%), encontrando que el tratamiento de tostado presentó tres repeticiones con niveles entre 14% y 16% y dos repeticiones entre 12% y 14%, los tratamientos de horneado, cocido y cruda presentaron en su mayoría niveles medios entre 12% y 14%, mientras que el proceso de germinado arrojó en mayor proporción repeticiones entre 12% y 14%.

La relación fue inversamente proporcional entre el peso y el total de proteína que contenían las muestras, así los tratamientos que perdieron mayor peso se encontraron en los rangos con niveles altos de proteína mientras que los tratamientos que no perdían mayor peso se encontraban en los niveles medios y bajos.

ABSTRACT

Recently their has been a resurgence in the cultivation of AMARANTO due to the nutritive characteristics and the benefits it has for solving problems like malnutrition. For this it is important to process it obtaining the best wheat that derives from this cereal.

The percentage of algeria protein after processing the amaranth seed was evaluated, and for obtaining the wheat five methods where used, which where toasting, cooking, oven, germinated and raw, the samples where then weighed, for latter passed by different treatments to be MOLIDOS to obtain wheat of this grain, finding that in both protein values and weight of 100g of each type of wheat the total relation of protein was very minimal in the different types of process used making it insignificant.

In order to have a better vision, the results were classified in intervals dividing the range between the maximum and minimum values of protein in three groups hight (14%-16%), middle (12%-14%) and lower (10%-12%), This determined that the treatment of “tostado” to give three repetitions with levels between 14% and 16% and two repetitions between 12% and 14%, the treatment of “horneado, cocido, and cruda” present the majority levels middles between 12% and 14%, while as the process of “germinado” daring the majority repetitions proportion between 12% and 14%.

The relationship was inversely proportional between the weight and the total content of protein contained in the samples, as with the treatments that lost more weight, it was found that they contained a higher level of protein, while the treatments that did not loose too much weight the levels of protein were middle and lower.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Formulación del problema

La desnutrición que se presenta en un país como el nuestro, con tierras tan ricas y productivas se debe principalmente a la falta de estrategias de estado y planes de desarrollo comunitario, el Ecuador por ser un país con alta biodiversidad, tiene una amplia gama de plantas, que pueden ser usadas para superar este mal. En la actualidad la dieta de las personas que conforman este país, se reduce a unas pocas especies vegetales, que no aportan la cantidad necesaria de proteína. El amaranto como un pseudocereal, con niveles balanceados de aminoácidos, se presenta como una fuente para elaborar productos que provean principalmente lisina y metionina, escasos en otros alimentos, de tal manera que se permita la mejor nutrición de las personas.

1.2 Justificación del problema

Hoy en día el cultivo de Quínoa y Amaranto ha tomado un gran auge ya que se ha redescubierto sus grandes propiedades. A parte de producirse en países tradicionales como México, Perú o Bolivia ya hay otros que se han puesto manos a la obra como China, Estados Unidos y la India (Pantanelli A, 2008).

Si bien la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) reconoce el mejoramiento continuo de los cultivos principales, como el arroz, el trigo y el maíz, también considera importante explorar un rango mayor de especies no tradicionales. En la década de 1970 la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos realizó una investigación a fin de determinar los mejores cultivos para desarrollar y difundir con el objetivo de diversificar esta base alimentaria. Así fueron seleccionados los 36 cultivos más prometedores del mundo, entre los que se incluía al amaranto.

Según esta misma organización la FAO (1986), el amaranto es un grano muy versátil para la transformación e industrialización, puede transformarse y

utilizarse como cualquier cereal; lógicamente con mayores ventajas nutricionales.

El grupo Nutrisol (2005), recogió criterios de la FAO y la Organización Mundial de la Salud que publicó estándares cuantitativos para evaluar el puntaje químico de un alimento en base a la cantidad y calidad de los aminoácidos presentes. En base a estos patrones, el amaranto obtiene una elevada calificación por lo que es considerado como un alimento de alto valor para la alimentación del ser humano.

Según la Asociación Mexicana del Amaranto (2003), la diabetes es una enfermedad metabólica hereditaria que ataca a un gran número de personas. Los diabéticos tienen que someterse a rigurosas dietas para elevar su calidad de vida. Por sus altas propiedades nutritivas, el amaranto ha sido recomendado ampliamente para estabilizar los niveles de glucosa de estos pacientes.

El amaranto por presentar un contenido proteico balanceado se presenta como una alternativa económica para reemplazar parcialmente cereales, carnes y lácteos. Debido a esto se crea un mercado amplio que permite el ingreso de nuevos productos con base en dicha planta, la cual presenta además otras características como contenido de ciertos minerales en sus hojas recomendables para mujeres embarazadas y niños en etapa de crecimiento.

La desnutrición es el motivo por el cual se debe tender a la elaboración de productos con mejores condiciones nutritivas, al igual que la desertización debido al monocultivo de cereales tradicionales y otros factores presentes en nuestra sociedad, que crean la necesidad de proponer alternativas de cultivos y procesamiento de alimentos, que mejoren las condiciones de vida de las personas, el hecho de implementar un cultivo implica la creación de nuevas tecnologías para procesarlo, que permitan obtener productos con mayor valor agregado y que puedan ser exportados, creando mayor rentabilidad para la economía de nuestro país.

El valor agregado que se brinda a un producto permite obtener mayor rentabilidad de este, dicho valor agregado depende en parte de las tecnologías, y

procesos que se apliquen para hacerlos, así al evaluar métodos que permitan tener mayores rendimientos y mejores condiciones de los productos elaborados, se puede satisfacer mercados exigentes, además de generar mayores producciones, motivo por el cual se debe evaluar las mejores condiciones y técnicas para procesar el grano de amaranto, cultivado en nuestro país.

Existen formas diversas de procesar la semilla de amaranto, en cada una de ellas se pierde ciertas proporciones de proteína, y se intenta mejorar la asimilación de las semillas de este cereal para las dietas de las personas, evaluar el método que presente menor pérdida de proteína es importante ya que a través de un procesamiento adecuado se puede obtener harina de este cereal con mejores condiciones nutritivas, que beneficien la nutrición de todos los sectores sociales del país.

Según Avanza, M.V. y Añon, M.C. en su trabajo Efecto del tratamiento térmico en las propiedades fisicoquímicas de albúminas y globulinas de *Amaranthus Hypochondriacus* "Es sabido que existe una relación entre la estructura y las propiedades funcionales de una proteína dada (Damadoran, 1989), y que la conformación proteica es afectada por los tratamientos térmicos, el cual es un proceso usado con asiduidad en la industria de alimentos. La intensidad y las consecuencias de la desnaturalización de las proteínas por calor dependen de numerosos factores como la naturaleza de la proteína, la concentración de la misma, la actividad de agua, el pH, la fuerza iónica y el tiempo y temperatura de tratamiento (kinsella, 1976)", demostrando que los procesos térmicos y los factores de germinación a los cuales pueden ser sometidas las semillas ocasionan variabilidad en las concentraciones de proteína y sobre la asimilación de la misma por quienes la consumen.

La industrialización de esta planta se hace de vital importancia debido a que en otros países como México y Perú, se esta dando un auge de la misma, y el Ecuador podría presentarse como productor de alimentos de alta calidad.

Los costos de producción de un cereal tradicional, comparados con los costos de producción de amaranto son relativamente iguales, ya que implican

tareas similares de labranza de tierra, la diferencia radica en el beneficio de las cosechas debido a que la planta de amaranto puede ser procesada y consumida en su totalidad, además de que la venta de su grano implica mayores ganancias por el simple hecho de que el costo de un quintal de este grano es casi tres veces mayor al de un quintal de maíz, trigo o arroz y casi dos veces superior al de un quintal de quinua.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Obtener harina de alta calidad proteica, evaluando diferentes métodos a partir de semilla de amaranto de la variedad alegría, para su introducción en la dieta ecuatoriana.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Obtener semilla de amaranto de la variedad alegría.
- ✓ Procesar la semilla de amaranto, con el fin de obtener harina por cuatro métodos artesanales usados.
- ✓ Evaluar el nivel de proteína de la harina, después de ser procesada la semilla por los cuatro métodos artesanales.
- ✓ Definir el o los métodos de procesamiento de semilla de amaranto que permitan obtener harina con la mayor cantidad de proteína.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Amaranto (Variedad Alegría)

1.4.1.1 Origen y Generalidades

El cultivo del Amaranto en América se remonta a más de siete mil años. Algunos autores afirman que los Mayas serían los primeros en cultivarlo y que

luego poco a poco lo fueron haciendo Aztecas e Incas. Se encontraron semillas de amaranto al lado de tumbas andinas de más de cuatro mil años de antigüedad. Aunque es considerado un cultivo rústico, se estima que ha sido totalmente domesticada desde tiempos prehispánicos.

El Amaranto, la Quínoa y el maíz eran consideradas plantas sagradas. Los españoles prohibieron su cultivo ya que veían con malos ojos que las utilizaran en rituales (Espín, 1993). Estudios publicados hace más de dos décadas por la Academia Nacional de Ciencias de los EE.UU. revelan que esta planta de orígenes prehispánicos constituye "el mejor alimento de origen vegetal para consumo humano".

Según el país y la ciudad de origen recibe diferentes nombres: Amaranto, Amaranth Kiwicha, Coimi, Grano inca, Sangorache, Ataco, Quinua de Castilla, Alegría y Huautli, Bledo o Chaclión.

Las mezclas de harinas de maíz y amaranto son adecuadas para la elaboración de tortillas y productos semejantes, y conservan las características originales de textura, sabor, color y flexibilidad. La necesidad de enriquecer la harina de maíz se debe a su escaso valor nutritivo y un consumo elevado.

Para 1984 el doctor Sánchez Marroquín, importante científico mexicano, entusiasta promotor del cultivo e industrialización de plantas arraigadas en el gusto y consumo populares con gran potencial nutricional como el amaranto y el agave, el director técnico de Proyectos Agropecuarios de San Miguel hasta el 2000 escribía que el amaranto es un grano extraordinario, con un rol importante en el enriquecimiento de los nutrientes básicos de la dieta mexicana, con un buen balance de aminoácidos y una harina de buena calidad y altas posibilidades de preparación. A partir de sus estudios se han abierto opciones de industrialización del amaranto en tres ámbitos importantes: desarrollo de productos comestibles, generación de alimentos que se procesan en el hogar y productos para animales.

1.4.1.2 Características

Resulta difícil clasificar al amaranto en uno solo de los tres grandes grupos de alimentos vegetales:

a) cereales y tubérculos ricos en hidratos de carbono.
b) leguminosas, fuentes de proteína vegetal.
c) frutas y verduras ricas en minerales y vitaminas.

Debido a que los amarantos participan de los tres, pues además de ser aprovechados por sus hojas, el principal interés del cultivo está en sus semillas, que además de hidratos de carbono contienen un valor proteico importante en cantidad y calidad.

La familia Amaranthaceae se compone de 60 géneros y alrededor de 800 especies, 60 de estas especies son cosmopolitas y crecen particularmente en donde se les considera como malezas. Existe una amplia variabilidad en las especies del género. Solo tres de ellas son cultivadas:

Amaranthus hipochondriacus, originario de México,

Amaranthus cruentus, originario de Guatemala y el sureste de México y *Amaranthus caudatus,* cuyo origen es América del Sur.

El amaranto es una especie anual, herbácea o arbustiva con colores que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias. La raíz es pivotante con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después que el tallo comienza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes (Tapia, 1997).

El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0.4 a 3 m de longitud, cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas, aunque a veces se observa estrías de diferentes colores, presenta ramificaciones que en muchos casos empiezan desde

la base o a media altura y que se originan de las axilas de las hojas (Tapia, 1997).

Las hojas son pecioladas, sin estípulas de forma oval, elíptica, opuesta o alterna con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base al ápice, presentando borde entero, de tamaño variable de 6.5-15 cm. (Tapia, 1997).

La inflorescencia del amaranto corresponde a panojas amarantiformes o glomeruladas muy vistosas, terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas hasta decumbentes, con colores que van del amarillo, anaranjado, café, rojo, rosado, hasta el púrpura; el tamaño varía de 0.5-0.9 m.

Las plantas por el tipo de polinización son predominantemente autógamas, variando el porcentaje de polinización cruzada con los cultivares (Tapia, 1997).

El amaranto presenta flores unisexuales pequeñas, estaminadas y pistiladas, estando las estaminadas en el ápice del glomérulo y las pistiladas completan el glomérulo, el androceo está formado por cinco estambres de color morado que sostienen a las anteras por un punto cercano a la base, el gineceo presenta ovario esférico, súpero coronado por tres estigmas filiformes y pilosos, que aloja a una sola semilla (Tapia, 1997).

El glomérulo es una ramificación dicasial cuya primera flor es terminal y siempre masculina, en cuya base nacen dos flores laterales femeninas, cada una de las cuales origina otras dos flores laterales femeninas y así sucesivamente. Un glomérulo puede contener 250 flores femeninas, la flor masculina luego de expulsar el polen se seca y cae (Tapia, 1997).

El fruto es una cápsula pequeña que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular, la que a la madurez se abre transversalmente, dejando caer la parte superior llamada opérculo, para poner al descubierto la inferior llamada urna, donde se encuentra la semilla. Siendo dehiscente por lo que deja caer fácilmente la semilla. Existen algunas especies de amaranto que tienen pixidios

indehiscentes, característica que puede ser transferida a cultivares comerciales de amaranto.

La semilla es pequeña, lisa, brillante de 1-1,5 mm de diámetro, ligeramente aplanada, de color blanco, aunque existen de colores amarillentos, dorados, rojos, rosados, púrpuras y negros; el número de semillas varía de 1000 a 3000 por gramo (Nieto, 1990), las especies silvestres presentan granos de color negro con el episperma muy duro. En el grano se distinguen cuatro partes importantes: episperma que viene a ser la cubierta seminal, constituida por una capa de células muy finas, endospermo que viene a ser la segunda capa, embrión formado por los cotiledones que es la más rica en proteínas y una interna llamada perisperma rica en almidones (Tapia, 1997).

1.4.1.2.1 Clasificación científica

La clasificación científica del Amaranto según Linneo se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro 1.1 Clasificación científica del Amaranto.

Clasificación científica del Amaranto	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Dicotiledoneae
Orden	Caryophyliales
Familia	*Amaranthaceae*
Género	*Amaranthus*
Especie	*caudatus,cruentus e hypochondriacus.*

(Rueda, 2002).

1.4.1.2.2 Composición del Amaranto

El amaranto cuenta con una proteína de excelente calidad, debido a que es el único vegetal que contiene todos los aminoácidos esenciales, básicos para la buena salud del organismo, estos nutrientes se encuentran en mayor

proporción en la proteína del amaranto que en la de muchos otros cereales como el trigo, arroz, maíz, avena, etc. De hecho, casi todos los cereales tienen una deficiencia del aminoácido esencial lisina y por lo tanto se constituye en el aminoácido limitante para muchas de las proteínas de origen vegetal. El amaranto, en cambio, contiene el doble de lisina que la proteína del trigo, el triple que la del maíz y es equiparable en contenido a la proteína de la leche de vaca, la cual se considera el "gold standard" de excelencia nutricional (Abreu M., Hernández M., Castillo A., Sampere E., Martín M., 1995).

Sus hojas poseen un alto contenido en calcio, hierro, magnesio, fósforo y vitamina A y C, lo que lo convierte en un buen complemento con los granos. Las hojas son recomendables comerlas tiernas y cocidas para evitar algunos agentes antinutrucionales como los oxalatos y nitritos. En algunos países se come como verdura ocupando el lugar de la acelga y la espinaca.

La Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla (2007) publicó los valores nutritivos que se presentan a continuación, correspondientes a minerales y composición nutricional del amaranto.

Cuadro 1.2. Rango de valores en las especies más comunes de amaranto, porcentajes hechos en base seca (Nx5.85).

	Cantidades (%)	
Composición	**MÍNIMO**	**MÁXIMO**
HUMEDAD	6.2	11.6
PROTEÍNA CRUDA	13.2	18.4
GRASAS	6.3	8.4
FIBRA	2.2	5.8
CENIZAS	2.8	4.4

(Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla 2007).

Cuadro 1.3. Contenido de minerales del grano de amaranto (*A. hypochondriacu*).

Composición	Cantidades (mg/g)
FOSFORO	600
POTASIO	563
CALCIO	303
MAGNESIO	344
HIERRO	5.3

(Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla 2007).

La FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han establecido estándares cuantitativos para evaluar el puntaje químico de un alimento en base a la cantidad y calidad de los aminoácidos presentes. Basándose en estos patrones el amaranto obtiene una elevada calificación (Cuadro 1.4.).

Cuadro 1.4. Valores de la composición de aminoácidos esenciales (mg/g) presentes en la semilla de amaranto.

Aminoácido	Cantidades (mg/g)	FAO/OMS (mg/g)
Isoleucina	250	250
Leucina	388	440
Lisina	401	340
Metionina	131	220
Fenilalanina	328	380
Treonina	268	250
Triptófano	84	60
Valina	304	310

(Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla 2007).

El amaranto también tiene un alto contenido de lípidos al compararlo con otros cereales. Entre los ácidos grasos que contiene el amaranto destaca el ácido linoléico (18:2), también conocido como omega-6 y el ácido linolénico (18:3), el cual se encuentra presente en una proporción pequeña. Aparte de los ácidos grasos esenciales referidos, el amaranto también contiene una gran cantidad de escualeno; el escualeno es un importante intermediario en la síntesis de esteroides en el cuerpo humano.

1.4.1.3 Importancia del Cultivo

Su cultivo se vuelve de vital importancia al contener proteína en mayor cantidad y mejor calidad como se mencionó anteriormente, en comparación con otros cereales de uso común como es el caso del maíz, arroz y trigo. (Cuadro 1.5.). Además de que la mezcla de las harinas de estos cereales produce harinas de mejor contenido nutricional ya que los niveles de aminoácidos se regulan, permitiendo mejorar la nutrición de la comunidad.

Cuadro 1.5. Cuadro comparativo de los porcentajes de proteína del amaranto con relación a otros cereales. Amaranto (Nx5.85), maíz y arroz (Nx6.25), trigo (Nx5.7).

CEREALES	PORCENTAJE DE PROTEÍNA (%)
AMARANTO	17.9
MAIZ	10.3
ARROZ	8.5
TRIGO	14

(Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla 2007).

El desarrollo de la industria se presenta como una alternativa a través del uso de la planta de amaranto ya que esta es aprovechable en su totalidad, además de que su semilla brinda el valor nutritivo mencionado anteriormente.

1.4.1.4 Comparación con otros cereales

El amaranto presenta un sin número de componentes que han sido evaluados y comparados con otros cereales, así tenemos en los siguientes cuadros una descripción de varios de los productos que son más consumidos en el mundo:

Cuadro 1.6. Cuadro nutritivo comparativo de los porcentajes de diferentes cereales con el amaranto. Amaranto (Nx5.85), maíz y arroz (Nx6.25), trigo (Nx5.7).

ANALISIS	AMARANTO (%)	MAIZ (%)	ARROZ (%)	TRIGO (%)
HUMEDAD	11.1	13.8	11.7	12.5
PROTEÍNA CRUDA	17.9	10.3	8.5	14
GRASAS	7.7	4.5	2.1	2.1
FIBRA	2.2	2.3	0.9	2.6
CENIZAS	4.1	1.4	1.4	1.9
CARBOHIDRATOS	57	67.7	75.4	66.9

(Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla 2007).

Cuadro 1.7. Cuadro nutritivo comparativo de minerales de diferentes cereales con el amaranto, descrito en mg del mineral con relación a 100g de cereal.

MINERALES	AMARANTO (mg/100g)	MAIZ (mg/100g)	ARROZ (mg/100g)	TRIGO (mg/100g)
FÓSFORO	600			
POTASIO	563	284	214	370
CALCIO	303	158	32	58
MAGNESIO	344	147	106	160
HIERRO	5.3	2.3	1.4	0.9

(Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla 2007).

1.5 Hipótesis

Es posible obtener harina con el mejor contenido de proteína vegetal a partir de semilla de amaranto al ser sometida al proceso secundario de tostado.

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Participantes

Los análisis de la presente investigación fueron desarrollados en los laboratorios de la facultad de Bioquímica y Farmacia de la Universidad Central del Ecuador, ubicada en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha.

Entre los colaboradores del proyecto se encuentran:

Ing. Patricia Moreira.
M.Sc. Alma Koch.
Ing. Luis Castillo.

2.2. Zona de Estudio

El amaranto utilizado para los estudios fue tomado de una reserva de este cereal que se encontraba almacenada bajo condiciones de óptimas en el INIAP desde el año 2004.

Para el logro del objetivo general se realizaron los análisis en los laboratorios de alimentos de la facultad de Bioquímica y Farmacia. Donde se efectuaron las mediciones de los niveles de proteína mediante el método de Kjeldahl

2.3. Período de investigación

El estudio se inició con la revisión bibliográfica en el mes de Enero del 2008, para proseguir con el desarrollo de la parte práctica después de la aprobación del proyecto el 11 de marzo del 2008, finalizando la parte práctica en junio del 2008.

2.4. Diseño

Se usó un DCA. El cual reparte a cada tratamiento cinco repeticiones con pesos iniciales iguales del grano de amaranto obtenido en el INIAP, cantidades de harina obtenida posteriores a los tratamientos realizados y la relación que se obtiene entre proteína medida para cien gramos y la masa de harina posterior al proceso.

Cuadro 2.1. Diseño estadístico para del proceso.

TRATAMIENTOS		REPETICIONES	CANTIDAD	MASA DE DE HARINA	PROTEÍNA/ CANTIDA DE HARINA
T1	HARINA CRUDA	R1	100g	T1xR1	T1xR1/100g
		R2	100g	T1xR2	T1xR2/100g
Temperatura:	Ambiente	R3	100g	T1xR3	T1xR3/100g
		R4	100g	T1xR4	T1xR4/100g
		R5	100g	T1xR5	T1xR5/100g
T2	HARINA TOSTADA	R1	100g	T2xR1	T2xR1/100g
		R2	100g	T2xR2	T2xR2/100g
Temperatura:	160ºC	R3	100g	T2xR3	T2xR3/100g
Tiempo:	8 Segundos	R4	100g	T2xR4	T2xR4/100g
		R5	100g	T2xR5	T2xR5/100g
T3	HARINA HORNADA	R1	100g	T3xR1	T3xR1/100g
		R2	100g	T3xR2	T3xR2/100g
Temperatura:	240ºC	R3	100g	T3xR3	T3xR3/100g
Tiempo:	5 minutos	R4	100g	T3xR4	T3xR4/100g
		R5	100g	T3xR5	T3xR5/100g
T4	HARINA COCIDA	R1	100g	T4xR1	T4xR1/100g
		R2	100g	T4xR2	T4xR2/100g
Temperatura:	70ºC	R3	100g	T4xR3	T4xR3/100g
Tiempo:	15 Minutos	R4	100g	T4xR4	T4xR4/100g
		R5	100g	T4xR5	T4xR5/100g
T5	HARINA GERMINADA	R1	100g	T5xR1	T5xR1/100g
		R2	100g	T5xR2	T5xR2/100g
Temperatura:	18-24ºC	R3	100g	T5xR3	T5xR3/100g
Tiempo:	18-30 HORAS	R4	100g	T5xR4	T5xR4/100g
		R5	100g	T5xR5	T5xR5/100g

2.5. Procedimientos

2.5.1. Materiales de laboratorio

Los equipos y materiales de laboratorio utilizados en el desarrollo del proyecto fueron los siguientes:

- Balanza analítica. Apreciación: 0.001g.
- Sorbona.
- Digestor acoplado con la campana de vacío.
- Equipo de destilación.
- Tubos de kjedahl.
- Licuadora.
- Cocineta.
- Núcleos de ebullición.
- Erlenmeyer de 250 mL.

2.5.2. Reactivos

Los reactivos utilizados para el procesamiento de semilla de amaranto, para convertirla en harina fueron:

- Tabletas de kjldahl.
- Ácido sulfúrico concentrado, (H_2SO_4) de 95 a 97% de pureza.
- Agua oxigenada, (H_2O_2).
- Agua destilada.
- Ácido bórico, (H_3BO_3) al 4% de concentración.
- Rojo de metilo, al 0.1% de concentración.
- Verde de bromocresol al 0.1% de concentración.
- Hidróxido de sodio, (NaOH) al 40% de concentración.
- Ácido clorhídrico (HCl) 0.1 N.

2.5.3. Insumos

Los insumos utilizados durante el desarrollo del proyecto fueron los siguientes: tijeras, guantes de caucho, papel libre de nitrógeno, papel toalla, marcadores.

2.6. Metodología

2.6.1. Elaboración de harina

Se pesaron muestras de 100 gramos de semilla de amaranto de la variedad alegría, obtenida del INIAP, para ser sometidas a cinco tratamientos, cada uno con sus factores ya determinados (Cuadro 2.2.).

Las referencias para definir los factores de cada tratamiento fueron sacadas y analizadas tomando en cuenta varios trabajos realizados con anterioridad, para el tratamiento de cocido se tomaron datos del trabajo realizado en la Universidad Nacional del Nordeste en el año 2006, por Avanza M. y Añón M. con el tema: Efecto del tratamiento térmico en las propiedades fisicoquímicas de albúminas y globulinas de *Amaranthus Hypochondriacus*.

La base para los factores tomados en cuenta para el proceso de germinado fueron tomados de la página web En Buenas Manos según datos publicados por Armando Silerio, pero posteriormente se realizaron pruebas de permanencia de la semilla en agua, en periódos de 24 a 36 horas, determinándose el tiempo más adecuado a las 24 horas de haber colocado la semilla en agua a temperatura ambiente.

Los procesos de horneado y cocido fueron definidos tomando en cuenta maquinaria que se encuentra a la venta para el procesamiento del grano de amaranto en México, país que tiene tecnología desarrollada en cuanto a este grano, la información fue tomada del archivo Mini-reventadores de amaranto para microindustria y proyectos productivos elaborado por San Miguel de Proyectos Agropecuarios, todos los factores están definidos en el cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Factores determinados para el procesamiento de semilla de amaranto por los respectivos tratamientos.

TRATAMIENTO	FACTORES
CRUDA	Condición ambiental
TOSTADA	160ºC
	8seg
HORNEADA	240ºC
	5min
COCIDA	70ºC
	15min
GERMINADA	18-24ºC
	24 horas

El proceso de germinado comprendió un primer paso donde se dejó a la semilla en remojo por 24 horas y posteriormente se la secó a temperatura ambiente durante 2 días (Foto 2.1.).

ESCALA: 1:8

Foto 2.1. Procesos de germinado al cual fueron sometidas las muestras de las semilla de amaranto.

Las semillas sometidas al proceso de tostado (Foto 2.2), fueron tratadas bajo las condiciones expuestas en el cuadro 2.2.

ESCALA: 1:15

Foto 2.2. Procesos de tostado al cual fueron sometidas las muestras de las semillas de amaranto.

El proceso de cocido (Foto 2.3.) al igual que el de germinado, comprendió dos etapas una para procesar la semilla y otra para dejarla secar, tomando este último paso, 2 días.

ESCALA: 1:12

Foto 2.3. Procesos de cocido al cual fueron sometidas las muestras de las semillas de amaranto.

El tratamiento de horneado (Foto 2.4), como el de tostado al no introducir agua en el proceso no requirió de mayor tiempo de procesamiento debido a que no se requirió tiempo para el secado de las muestras, siendo su tiempo de ejecución mucho más corto.

ESCALA: 1:6

Foto 2.4. Procesos de horneado al cual fueron sometidas las muestras de las semillas de amaranto.

Posteriormente se sometieron las muestras a un proceso de molido con ayuda de una licuadora a la cual se le adaptó un procesador de alimentos para facilitar este paso (Foto 2.5.), la harina resultante fue pesada y se verificó la perdida de peso que cada tratamiento produjo en todas sus repeticiones.

ESCALA: 1:10

Foto 2.5. Proceso de molido de las muestras de semilla de amaranto de la variedad alegría.

Las respectivas muestras fueron almacenadas en fundas plásticas, para evitar la humedad del ambiente (Anexo A), y en un paso posterior medir su nivel de proteína, se identificaron características organolépticas como color, olor y sabor (Anexo B).

2.6.2. Medición de los niveles de proteína contenidos en la muestra

2.6.2.1. Determinación de nitrógeno total por el método de Kjeldahl

2.6.2.1.1. Preparación de la muestra

Pesar la muestra homogenizada en papel libre de nitrógeno, aproximadamente 0.5 gramos, colocar dentro de un tubo de Kjeldahl, añadir dos núcleos de ebullición, media tableta de Kjeldahl, colocar dentro de una sorbona, añadir 12 ml de ácido sulfúrico concentrado y por las paredes del tubo colocar 2.5 ml de agua oxigenada (Foto 2.6.).

2.6.2.1.2. Digestión

Colocar la gradilla con los tubos en el digestor y acoplar la campana de vacío, esperar que el digestor alcance los 420ºC y dejar por 30 minutos (Foto 2.6.).

2.6.2.1.3. Destilación

Una vez fríos los tubos que contienen la muestra añadir de 50 a 70 mL de agua destilada por las paredes del tubo debido a la reacción violenta que se produce, acoplar al equipo de destilación.

En un erlenmeyer colocar 25 mL de ácido bórico al 4% con 0.7 mL de rojo de metilo al 0.1% y 1 mL de verde de bromocresol al 0.1% acoplar al equipo de destilación cuidando que la manguera quede dentro del ácido bórico, acoplar la solución de hidróxido de sodio al equipo y dejar destilar (Foto 2.6.).

2.6.2.1.4. Titulación

Titular la muestra con una solución normalizada de ácido clorhídrico 0.1 N, hasta el viraje del color verde a rojo (Foto 2.6.).

2.6.2.1.5. Cálculos

$$\%N = \frac{(mL_{HCl})x(N_{HCl})x(pmeqN_2)}{gmuestra}x100$$

$$\%PROTEÍNA = \%Nxf \qquad f = 6.25$$

$\%N$ = Porcentaje de nitrógeno.

mL_{HCl} = Mililítros de HCl usados en la titulción de la muestra.

N_{HCl} = Normalidad del HCl usado para la titulación de la muestra.

$pmeqN_2$ = Peso miliequivalente del nitrógeno.

$gmuestra$ = Gramos de muestra.

$\%PROTEÍNA$ = Porcentaje de proteína.

f = Constante de los cereales para el cálculo del porcentaje de nitrógeno.

ESCALA: 1:50

Foto 2.6. Pasos de preparación de muestras, digestión y destilación de muestras del grano de amaranto.

ESCALA: 1:50

Foto 2.7. Titulación de las muestras del grano de amaranto.

2.7. Análisis de Datos

Los resultados fueron analizados utilizando el editor de datos SPSS.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

Los resultados fueron analizados utilizando el programa estadístico SPSS, con el cual se realizó un análisis de varianza demostrando que entre los tratamientos no existe significancia en cuanto a peso final, proteína en 100 g de muestra y proteína total obtenida.

Cuadro 3.1. Descriptivos para el ANOVA de peso final, porcentaje de proteína en 100 g de harina y proteína total obtenida.

Descriptivos									
		N	**Media**	**Desviación típica**	**Error típico**	**Intervalo de confianza para la media al 95%**		**Mínimo**	**Máximo**
						Límite inferior	**Límite superior**		
Peso final	Cruda	5	99.456	0.517	0.231	98.815	100.097	98.860	100.000
	Germinada	5	94.388	0.420	0.188	93.867	94.909	93.940	94.920
	Cocida	3	95.687	0.083	0.048	95.480	95.894	95.620	95.780
	Horneada	4	93.895	0.368	0.184	93.310	94.480	93.360	94.190
	Tostada	5	86.884	0.471	0.211	86.300	87.468	86.410	87.410
	Total	22	93.922	4.442	0.947	91.952	95.891	86.410	100.000
Porcentaje de proteina en 100 g de harina	Cruda	5	13.044	1.004	0.449	11.798	14.290	11.580	14.120
	Germinada	5	12.632	1.021	0.456	11.365	13.899	11.470	13.930
	Cocida	3	14.063	0.137	0.079	13.724	14.402	13.970	14.220
	Horneada	4	14.340	0.586	0.293	13.408	15.272	13.660	15.090
	Tostada	5	15.898	0.631	0.282	15.115	16.681	15.000	16.580
	Total	22	13.974	1.435	0.306	13.337	14.610	11.470	16.580
Proteina total obtenida	Cruda	5	12.970	0.957	0.428	11.782	14.159	11.560	13.973
	Germinada	5	11.925	0.990	0.443	10.695	13.154	10.841	13.175
	Cocida	3	13.457	0.142	0.082	13.105	13.809	13.364	13.620
	Horneada	4	13.464	0.541	0.271	12.603	14.325	12.866	14.180
	Tostada	5	13.812	0.520	0.232	13.166	14.457	13.106	14.368
	Total	22	13.080	0.976	0.208	12.647	13.513	10.841	14.368

Cuadro 3.2. ANOVA de: peso final, porcentaje de proteína en 100 g de harina y proteína total obtenida.

ANOVA						
		Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Peso final	Inter-grupos	411.2238	4	102.8060	567.7882	0.0000
	Intra-grupos	3.0781	17	0.1811		
	Total	414.3019	21			
Porcentaje de proteina en 100 g de harina	Inter-grupos	32.3980	4	8.0995	12.6837	0.0001
	Intra-grupos	10.8557	17	0.6386		
	Total	43.2537	21			
Proteina obtenida	Inter-grupos	10.4276	4	2.6069	4.6235	0.0104
	Intra-grupos	9.5852	17	0.5638		
	Total	20.0129	21			

Posterior al análisis de varianza y debido a los resultados hallados se realizaron pruebas de comparaciones múltiples de los tratamientos, tanto para peso final como para porcentaje de proteína en 100 g y proteína total obtenida, determinándose para el peso final que los tratamientos de semillas crudas, cocidas y tostadas son diferentes entre si y a la vez diferentes de los tratamientos de semillas germinadas y horneadas que presentan pesos similares entre si.

Cuadro 3.3. Pruebas de comparaciones múltiples para el peso final del procesamiento de semilla de amaranto de la variedad alegría por cinco métodos.

Comparaciones múltiples Variable dependiente		(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)		Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
								Límite inferior	Límite superior
Peso final	DMS	Cruda	Germinada	5.0680	*	0.2691	0.0000	4.5002	5.6358
			Cocida	3.7693	*	0.3108	0.0000	3.1137	4.4250
			Horneada	5.5610	*	0.2854	0.0000	4.9588	6.1632
			Tostada	12.5720	*	0.2691	0.0000	12.0042	13.1398
		Germinada	Cruda	-5.0680	*	0.2691	0.0000	-5.6358	-4.5002
			Cocida	-1.2987	*	0.3108	0.0006	-1.9543	-0.6430
			Horneada	0.4930		0.2854	0.1023	-0.1092	1.0952
			Tostada	7.5040	*	0.2691	0.0000	6.9362	8.0718
		Cocida	Cruda	-3.7693	*	0.3108	0.0000	-4.4250	-3.1137
			Germinada	1.2987	*	0.3108	0.0006	0.6430	1.9543
			Horneada	1.7917	*	0.3250	0.0000	1.1060	2.4773
			Tostada	8.8027	*	0.3108	0.0000	8.1470	9.4583
		Horneada	Cruda	-5.5610	*	0.2854	0.0000	-6.1632	-4.9588
			Germinada	-0.4930		0.2854	0.1023	-1.0952	0.1092
			Cocida	-1.7917	*	0.3250	0.0000	-2.4773	-1.1060
			Tostada	7.0110	*	0.2854	0.0000	6.4088	7.6132
		Tostada	Cruda	-12.5720	*	0.2691	0.0000	-13.1398	-12.0042
			Germinada	-7.5040	*	0.2691	0.0000	-8.0718	-6.9362
			Cocida	-8.8027	*	0.3108	0.0000	-9.4583	-8.1470
			Horneada	-7.0110	*	0.2854	0.0000	-7.6132	-6.4088

Para proteína en 100 g de muestra se encontró, que el tratamiento de tostado es diferente del resto de tratamiento, mientras que los dos tratamientos térmicos restante horneado y cocido presentan resultados similares entre si, al igual que los tratamientos de germinado y

cruda, siendo un punto medio el tratamiento de semillas crudas donde se encuentran resultados semejantes a los del tratamiento de semillas cocidas, pero que ya presentan una diferencia un tanto mayor con el tratamiento de horneado.

Cuadro 3.4. Pruebas de comparaciones múltiples para el porcentaje de proteína en 100 g de muestra para el procesamiento de semilla de amaranto de la variedad alegría por cinco métodos.

Comparaciones múltiples		**(I) Tratamiento**	**(J) Tratamiento**	**Diferencia de medias (I-J)**		**Error típico**	**Sig.**	**Intervalo de confianza al 95%**	
Variable dependiente								**Límite inferior**	**Límite superior**
Porcentaje de proteina en 100 g de muestra	DMS	Cruda	Germinada	0.4120		0.5054	0.4262	-0.6543	1.4783
			Cocida	-1.0193		0.5836	0.0987	-2.2506	0.2119
			Horneada	-1.2960	*	0.5361	0.0271	-2.4270	-0.1650
			Tostada	-2.8540	*	0.5054	0.0000	-3.9203	-1.7877
		Germinada	Cruda	-0.4120		0.5054	0.4262	-1.4783	0.6543
			Cocida	-1.4313	*	0.5836	0.0253	-2.6626	-0.2001
			Horneada	-1.7080	*	0.5361	0.0054	-2.8390	-0.5770
			Tostada	-3.2660	*	0.5054	0.0000	-4.3323	-2.1997
		Cocida	Cruda	1.0193		0.5836	0.0987	-0.2119	2.2506
			Germinada	1.4313	*	0.5836	0.0253	0.2001	2.6626
			Horneada	-0.2767		0.6103	0.6561	-1.5643	1.0110
			Tostada	-1.8347	*	0.5836	0.0059	-3.0659	-0.6034
		Horneada	Cruda	1.2960	*	0.5361	0.0271	0.1650	2.4270
			Germinada	1.7080	*	0.5361	0.0054	0.5770	2.8390
			Cocida	0.2767		0.6103	0.6561	-1.0110	1.5643
			Tostada	-1.5580	*	0.5361	0.0098	-2.6890	-0.4270
		Tostada	Cruda	2.8540	*	0.5054	0.0000	1.7877	3.9203
			Germinada	3.2660	*	0.5054	0.0000	2.1997	4.3323
			Cocida	1.8347	*	0.5836	0.0059	0.6034	3.0659
			Horneada	1.5580	*	0.5361	0.0098	0.4270	2.6890

Por último para el total de proteína obtenida en 100 g se realizón las mismas prubas de comparaciones múltiples, hallándose que el tratamiento que presentó diferencia con el resto fue el de germinado donde se encontraron niveles inferiores de proteína total obtenida.

Cuadro 3.5. Pruebas de comparaciones múltiples para la proteína total obtenida, para el procesamiento de semilla de amaranto de la variedad alegría por cinco métodos.

Comparaciones múltiples **Variable dependiente**		**(I) Tratamiento**	**(J) Tratamiento**	**Diferencia de medias (I-J)**		**Error típico**	**Sig.**	**Intervalo de confianza al 95%**	
								Límite inferior	**Límite superior**
Proteina obtenida	DMS	Cruda	Germinada	1.0457	*	0.4749	0.0418	0.0437	2.0476
			Cocida	-0.4865		0.5484	0.3874	-1.6434	0.6705
			Horneada	-0.4938		0.5037	0.3407	-1.5566	0.5689
			Tostada	-0.8414		0.4749	0.0944	-1.8434	0.1606
		Germinada	Cruda	-1.0457	*	0.4749	0.0418	-2.0476	-0.0437
			Cocida	-1.5321	*	0.5484	0.0125	-2.6891	-0.3752
			Horneada	-1.5395	*	0.5037	0.0071	-2.6022	-0.4767
			Tostada	-1.8871	*	0.4749	0.0010	-2.8890	-0.8851
		Cocida	Cruda	0.4865		0.5484	0.3874	-0.6705	1.6434
			Germinada	1.5321	*	0.5484	0.0125	0.3752	2.6891
			Horneada	-0.0074		0.5735	0.9899	-1.2173	1.2026
			Tostada	-0.3550		0.5484	0.5261	-1.5119	0.8020
		Horneada	Cruda	0.4938		0.5037	0.3407	-0.5689	1.5566
			Germinada	1.5395	*	0.5037	0.0071	0.4767	2.6022
			Cocida	0.0074		0.5735	0.9899	-1.2026	1.2173
			Tostada	-0.3476		0.5037	0.4995	-1.4103	0.7151
		Tostada	Cruda	0.8414		0.4749	0.0944	-0.1606	1.8434
			Germinada	1.8871	*	0.4749	0.0010	0.8851	2.8890
			Cocida	0.3550		0.5484	0.5261	-0.8020	1.5119
			Horneada	0.3476		0.5037	0.4995	-0.7151	1.4103

Para una visualización simple de los resultados, se realizó una distribución de los datos, dividiéndolos en tres grupos tomando en cuenta el intervalo comprendido entre los puntos mínimo y máximo según los valores obtenidos. Así; en el gráfico 3.1 y el cuadro 3.6. se evalúan los pesos de las harinas después de los tratamientos realizados, clasificándolos en tres grupos, bajo, medio y alto, con diferencias de 5 g por rango, encontrándose que el tratamiento que mayor perdida de peso produce es el de tostado donde se agrupan todas las harinas con pesos bajos, los pesos medios están distribuidos en los tratamientos de germinado y horneado, mientras que los tratamientos de cruda y cocido produjeron menor perdida de peso y es en donde las harinas presentan pesos cercanos a los cuales partieron las muestras.

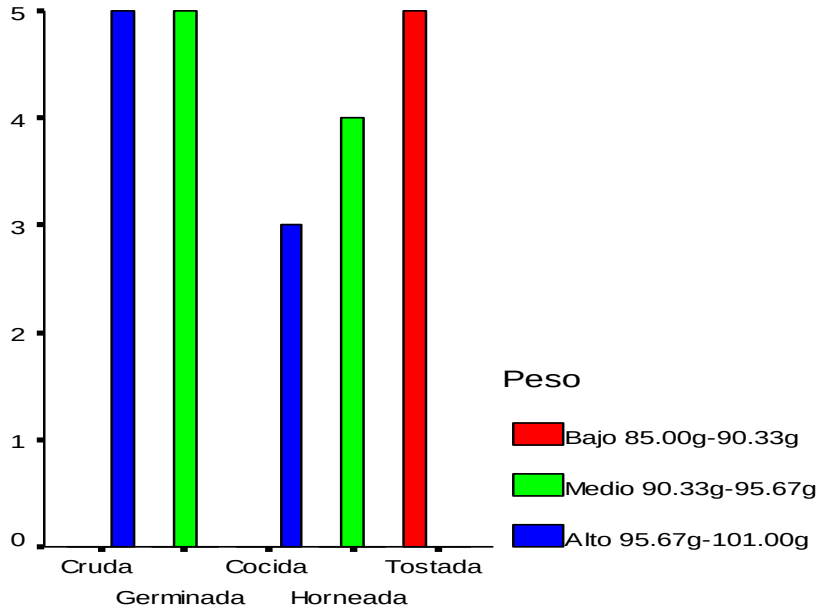


Gráfico 3.1. Distribución de los pesos posteriores al procesamiento de la semilla de amaranto de la variedad alegría por cinco tratamientos en tres rangos.

Se encuentran 5 ensayos que corresponden al 22.73% con pesos bajos dentro del tostado, 9 muestras con pesos medios con un porcentaje de 40.91% correspondientes a los tratamientos de horneado y germinado, por último se visualiza 8 ensayos con peso altos correspondientes al 36.36% que agrupan los tratamientos de cocida y cruda. Las diferencias en pesos corresponden a una deshidratación de la semilla y a la pérdida de varias sustancias entre ellas proteína.

Los porcentajes de las filas representan la cantidad de repeticiones de un tratamiento que se encuentran dentro de un determinado rango, mientras que los porcentajes de columna indican el número de repeticiones de cualquier tratamiento, contenidas dentro de uno de los tres rangos.

Cuadro 3.6. Distribución de los pesos posteriores al procesamiento de la semilla de amaranto de la variedad alegría por cinco tratamientos en tres rangos.

		Peso									Total		
		Bajo			Medio			Alto			Ensayos	% fila	% col.
		Ensayos	% fila	% col.	Ensayos	% fila	% col.	Ensayos	% fila	% col.			
Tratamiento	Cruda							5	100.00	62.50	5	100.00	22.73
	Germinada				5	100.00	55.56				5	100.00	22.73
	Cocida							3	100.00	37.50	3	100.00	13.64
	Horneada				4	100.00	44.44				4	100.00	18.18
	Tostada	5	100.00	100.00							5	100.00	22.73
Total		5	22.73	100.00	9	40.91	100.00	8	36.36	100.00	22	100.00	100.00

Para el gráfico 3.2. y el cuadro 3.7. se identifican los niveles de proteína en 100 g de harina posteriores al procesamiento de la semilla por los cinco tratamientos, se clasifican en tres niveles, bajo, medio y alto utilizando como criterio el dividir el rango comprendido entre los puntos máximo y mínimo. Las muestras con niveles bajos de proteína se encontraron distribuidas en los tratamientos de cruda y germinada, los niveles medios de proteína fueron encontrados en los cuatro tratamientos excepto en el de tostado, que fue junto con el tratamiento de horneado en donde se encontraron las muestras con niveles altos de proteína.

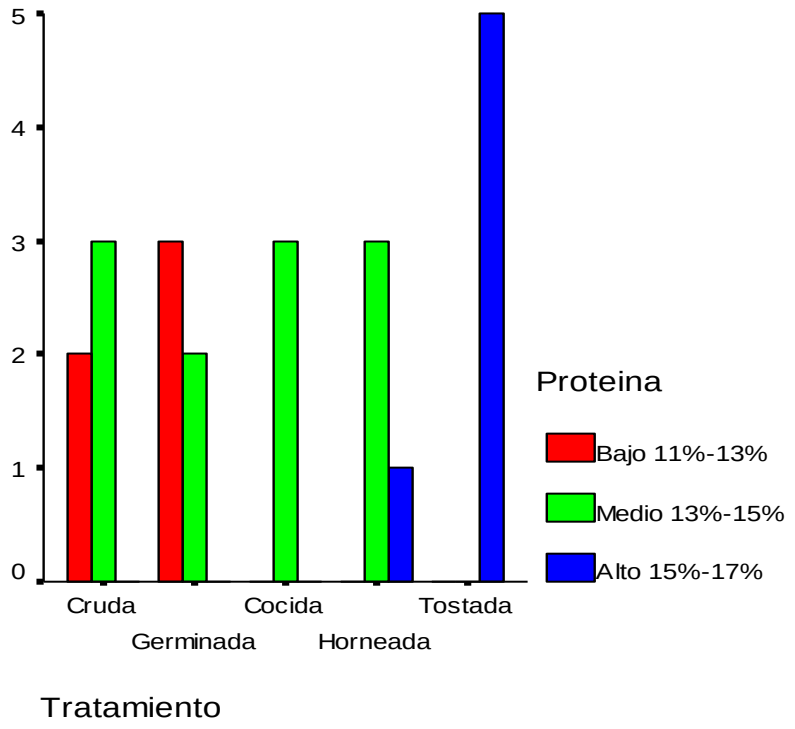


Gráfico 3.2 Distribución de los niveles de proteína posteriores al procesamiento de la semilla por los cinco tratamientos en 100 g de harina, en tres rangos.

Se observan niveles altos de proteína en 6 ensayos que corresponden al 27.27%, 5 pertenecen al tratamiento de tostado y uno a horneado, los niveles medios de proteína están presentes en mayor cantidad con 11 ensayos con un 50% de repeticiones, se encuentran en 4 de los 5 tratamientos exceptuando el tostado, los niveles bajos de proteína en harina de amaranto se encuentran en los tratamientos de cruda y germinada con 5 ensayos que equivale al 22.73%.

Cuadro 3.7. Distribución de los niveles de proteína posteriores al procesamiento de la semilla por los cinco tratamientos en 100 g de harina, en tres rangos, bajo, medio, alto.

		Proteína									Total		
		Bajo			Medio			Alto			Ensayos	% fila	% col.
		Ensayos	% fila	% col.	Ensayos	% fila	% col.	Ensayos	% fila	% col.			
Tratamiento	Cruda	2	40.00	40.00	3	60.00	27.27				5	100.00	22.73
	Germinada	3	60.00	60.00	2	40.00	18.18				5	100.00	22.73
	Cocida				3	100.00	27.27				3	100.00	13.64
	Horneada				3	75.00	27.27	1	25.00	16.67	4	100.00	18.18
	Tostada							5	100.00	83.33	5	100.00	22.73
Total		5	22.73	100.00	11	50.00	100.00	6	27.27	100.00	22	100.00	100.00

En el gráfico 3.3. y el cuadro 3.8. se indica la distribución de los porcentajes de proteína obtenidos posteriores al procesamiento de la semilla por los cinco tratamientos con relación a los pesos finales de harina, se clasifican en tres rangos, bajo, medio y alto las muestras con niveles bajos de proteína total encontrada en la harina se encuentran en los tratamientos en los cuales la semilla fue procesada germinada y cruda, las muestras con niveles medios de proteínas total se encuentran distribuidas en todos los tratamientos, mientras que se encuentran muestras que presentan niveles altos de proteína en los tratamientos donde la semilla fue procesada cruda, horneada y tostada este último proceso de tostado fue en el cual se encontraron mayores repeticiones con niveles altos de proteína.

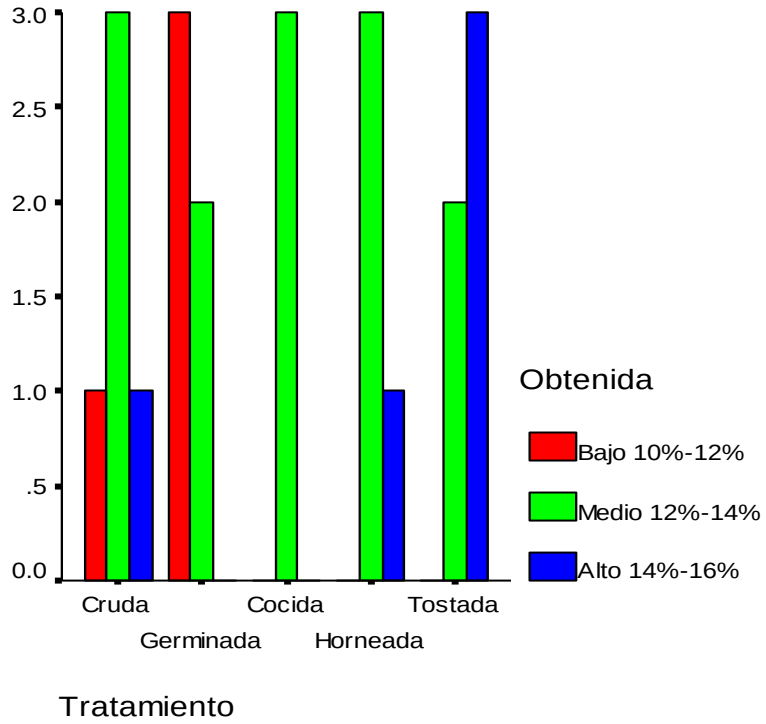


Gráfico 3.3. Distribución de los porcentajes de proteína obtenidos posteriores al procesamiento de la semilla por los cinco tratamientos con relación a los pesos obtenidos de harina, en tres rangos.

Según los datos obtenidos en el cuadro 3.8. el 18.18% de los datos se agrupan dentro de proteína con niveles bajos y corresponde a los tratamientos de cruda y germinada, el 59.09% de las repeticiones se agrupan dentro de porcentajes con niveles medios de proteína y corresponden a trece repeticiones distribuidas dentro de los cinco tratamientos, por último el 22.73% de repeticiones contiene porcentajes altos de proteína y se encuentran en los tratamientos de tostaso y horneado.

Cuadro 3.8. Distribución de los porcentajes de proteína obtenidos posteriores al procesamiento de la semilla por los cinco tratamientos con relación a los pesos obtenidos de harina, en tres rangos, bajo, medio, alto.

		Proteína Obtenida									Total		
		Bajo			Medio			Alto			Ensayos	% fila	% col.
		Ensayos	% fila	% col.	Ensayos	% fila	% col.	Ensayos	% fila	% col.			
Tratamiento	Cruda	1	20.00	25.00	3	60.00	23.08	1	20.00	20.00	5	100.00	22.73
	Germinada	3	60.00	75.00	2	40.00	15.38				5	100.00	22.73
	Cocida				3	100.00	23.08				3	100.00	13.64
	Horneada				3	75.00	23.08	1	25.00	20.00	4	100.00	18.18
	Tostada				2	40.00	15.38	3	60.00	60.00	5	100.00	22.73
Total		4	18.18	100.00	13	59.09	100.00	5	22.73	100.00	22	100.00	100.00

La relación que se da entre los diferentes datos obtenidos en la investigación se muestra a continuación en el gráfico 3.4. a través de un análisis cualitativo, así se observan tres comportamientos para los tratamientos, un primer comportamiento para los tratamientos donde la semilla fue sometida a los procesos de cocida, cruda y horneado, otro para el tratamiento de germinado y un último comportamiento para el tratamiento de tostado, cada uno con sus características particulares.

Se describe la relación presente entre los tratamientos el porcentaje de proteína en 100 g y la proteína total obtenida, diferenciándose tres grupos el primero para los métodos de procesamiento de la semilla de amaranto cocido, horneado y cruda, con pesos

altos, proteína por 100 g media y proteína obtenida media. Un segundo grupo para el tratamiento de semilla germinada con pesos medios, y proteína baja y un tercer grupo para el proceso de semilla tostada donde encontramos pesos bajos, proteína en 100 g alta y proteína obtenida alta.

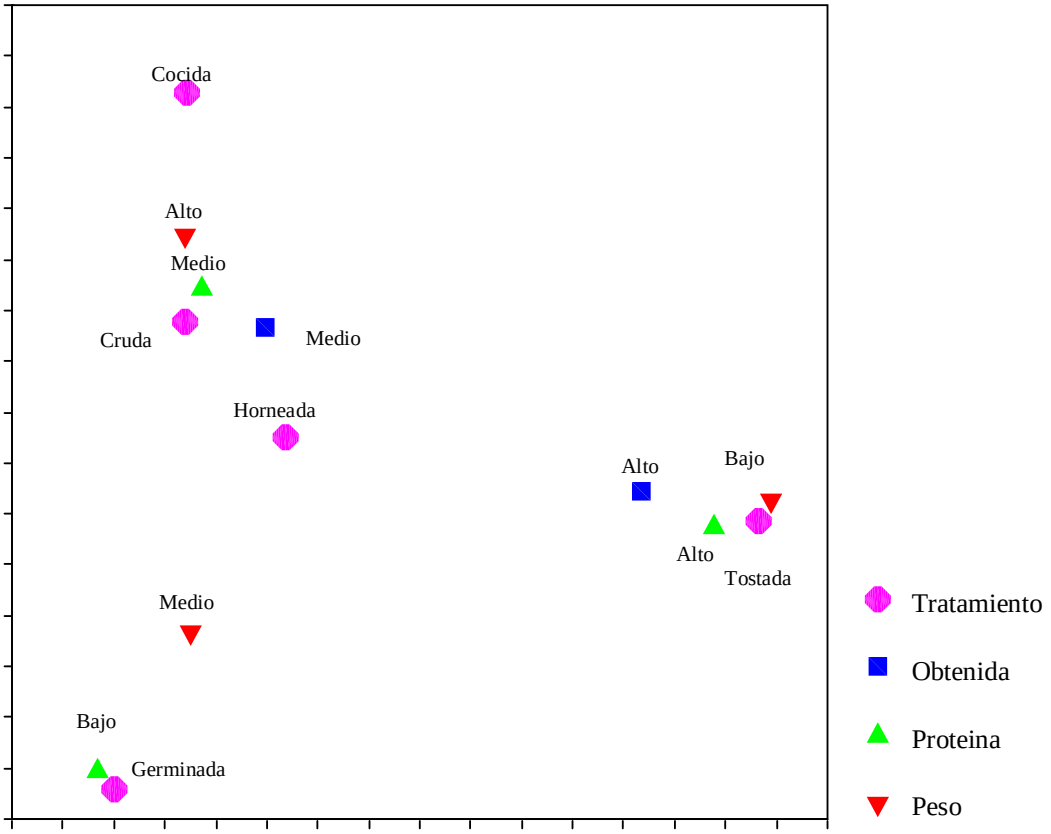


Gráfico 3.4. Mapa Perceptual. Análisis de correspondencias múltiples

En el gráfico 3.5. junto al cuadro 3.9., describen los pesos finales, posteriores al procesamiento y miden el peso perdido durante cada proceso, además del promedio de los pesos finales y las disminuciones de peso durante los tratamientos.

Cuadro 3.9. Peso inicial, final y porcentaje de perdida de peso durante el procesamiento por cinco métodos de la semilla de Amaranto de la variedad alegría.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	PESOS HARINA INICIAL	PESOS HARINA FINAL	PESO PERDIDO DURANTE EL PROCESAMIENTO
		(g)	(g)	(g)
CRUDA	1	100	98.96	1.04
	2	100	99.63	0.37
	3	100	100.00	0.00
	4	100	98.86	1.14
	5	100	99.83	0.17
PROMEDIO			99.46	0.54
GERMINADA	1	100	94.52	5.48
	2	100	93.98	6.02
	3	100	94.32	5.68
	4	100	93.94	6.06
	5	100	94.58	5.42
PROMEDIO			94.27	5.73
COCIDA	1	100	95.78	4.22
	2	100	95.62	4.38
	3	100	95.66	4.34
PROMEDIO			95.33	4.67
HORNEADA	1	100	94.06	5.94
	2	100	93.97	6.03
	3	100	94.19	5.81
	4	100	93.36	6.64
PROMEDIO			93.90	6.11
TOSTADA	1	100	87.41	12.59
	2	100	86.66	13.34
	3	100	87.37	12.63
	4	100	86.41	13.59
	5	100	86.57	13.43
PROMEDIO			86.88	13.12

Se observa que los pesos con promedio más alto son los de las semillas que fueron procesadas crudas, en un rango intermedio se encuentran las semillas que fueron sometidas a los procesos de germinado, cocido y horneado, por último con mayor pérdida de peso se encontraron las harinas de

las semillas que fueron sometidas al proceso de tostado. No existe mayor variabilidad entre los pesos finales posteriores al procesamiento de la semilla.

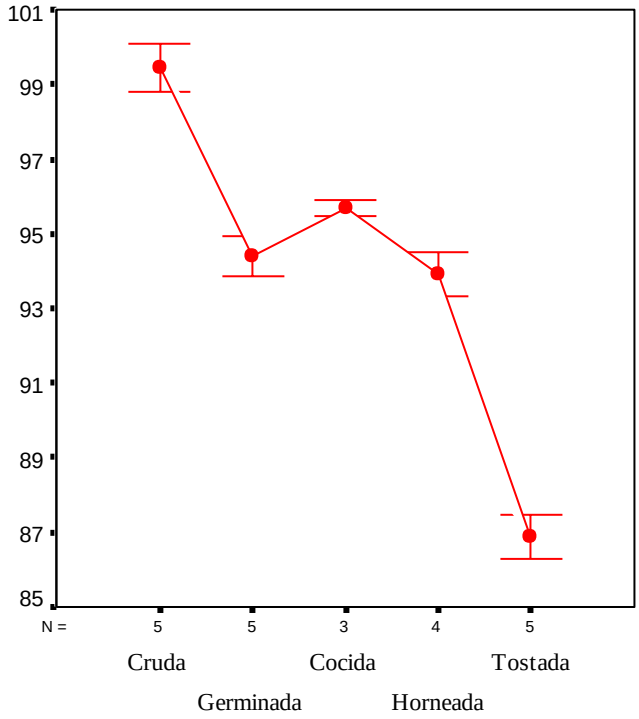


Gráfico 3.5. Peso posterior al procesamiento por cinco métodos de la semilla de Amaranto, de la variedad alegría

En el cuadro 3.10., junto al gráfico 3.6. se describen los niveles de proteína que se encontraron en 100 g de las respectivas harinas, posteriores a los cinco tratamientos, además de los promedios por tratamiento.

Cuadro 3.10. Porcentaje de proteína en 100 gramos de harina de acuerdo a los respectivos tratamientos.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	PORCENTAJE DE PROTEÍNA POR 100 g DE MUESTRA
CRUDA	1	14.12
	2	13.72
	3	12.56
	4	13.24
	5	11.58
PROMEDIO		13.044
GERMINADA	1	11.47
	2	12.69
	3	13.28
	4	11.79
	5	13.93
PROMEDIO		12.632
COCIDA	1	14.22
	2	14
	3	13.97
PROMEDIO		14.063
HORNEADA	1	14.28
	2	15.09
	3	13.66
	4	14.33
PROMEDIO		14.34
TOSTADA	1	15.99
	2	16.58
	3	15
	4	15.57
	5	16.35
PROMEDIO		15.898

Se observa además un rango de al menos 2% de proteína dentro de los tratamientos, el proceso que mayor nivel de proteína obtuvo fue el de tostado y el de menor el de germinado. Se ve que el tratamiento con menor variabilidad en su ejecución fue el de cocido mientras que los demás presentan un mayor rango.

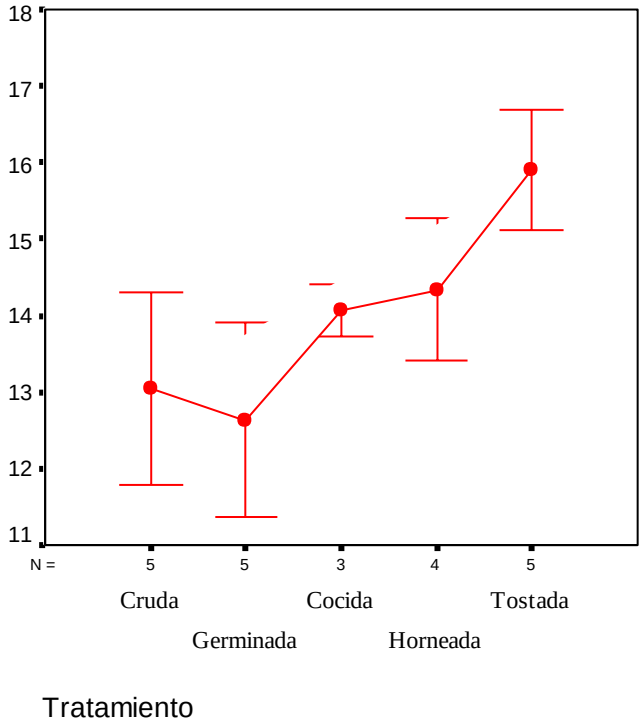


Gráfico 3.6. Porcentaje de proteína en 100 gramos de harina de acuerdo a los respectivos tratamientos

En el gráfico 3.7. y el cuadro 3.7., se describen las cantidades totales de proteína que se obtuvieron en la muestra, relacionando el peso final de las harinas con la cantidad de proteína que se obtuvo en los análisis de laboratorio para cien gramos de harina, además tanto en el gráfico 3.7 como en el cuadro 3.7 se observan los promedios de la cantidad de proteína obtenida tras los cinco tratamientos.

Cuadro 3.11. Cantidad total de proteína encontrada con relación a los pesos de las muestras de harina

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	RELACIÓN PROTEÍNA vs PESO DE HARINA
CRUDA	1	13.97
	2	13.67
	3	12.56
	4	13.09
	5	11.56
PROMEDIO		12.97
GERMINADA	1	10.84
	2	11.93
	3	12.53
	4	11.08
	5	13.17
PROMEDIO		11.91
COCIDA	1	13.62
	2	13.39
	3	13.36
PROMEDIO		13.46
HORNEADA	1	13.43
	2	14.18
	3	12.87
	4	13.38
PROMEDIO		13.46
TOSTADA	1	13.98
	2	14.37
	3	13.11
	4	13.45
	5	14.15
PROMEDIO		13.81

Se observa la distribución del total de proteína obtenida tras los tratamientos, encontrándose que el tratamiento donde la semilla fue germinada obtiene los niveles más bajos de proteína, mientras que el tratamiento de tostado brinda los niveles más altos de proteína, el resto de tratamientos se encuentran intermedios, no muy alejados entre si y muy aproximados al tratamiento donde la semilla fue tostada.

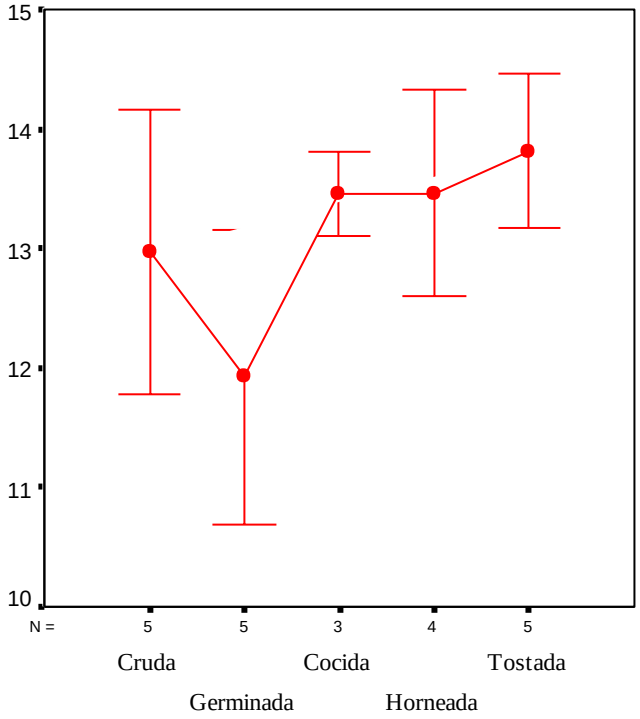


Gráfico 3.7. Cantidad total de proteína encontrada con relación a los pesos de las muestras de harina.

CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN

Los tratamientos no presentaban mayor variabilidad en cuanto al total de proteína obtenida, ya que en aquellos donde más proteína se encontró también se verificaron menores pesos lo que produjo que entre los tratamientos no exista mayor diferencia.

Según las tablas halladas referentes a la cantidad de proteína contenida en los cereales y harinas de uso común, como trigo, arroz y maíz se demostró que la harina de amaranto presenta mayor contenido en proteína con cualquiera de los tratamientos a los cuales fuera sometida la semilla (Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla 2007).

De la harina procesada por el grupo FORTIORI con sede en Riobamba, se obtuvieron cuadros del análisis nutricional de la misma; que presentaron valores variables de 12% a 19% en su contenido de proteína, encontrándose dentro de este rango los valores obtenidos para las muestras de harina que fueron sometidas al mismo proceso de tostado en la investigación (FORTIORI, 2008).

El INIAP en su búsqueda por desarrollar productos en base a amaranto determinó contenidos de proteína en granos de amaranto crudo y tostado para porciones de 60 g, determinando para el primer caso un contenido de 14.6% y para el segundo caso un contenido de 14.71%, en la presente investigación en el desarrollo de harinas de amaranto con contenidos de calidad y cantidad proteíca se determinaron valores de proteína en harina cruda un promedio de 13.044% y en harina tostada de 15.898%, hallándose que tanto en grano de amaranto procesado crudo o tostado y en harina tratada con los mismos procesos se mantiene el nivel proteico de 12% a 19% mencionado en el párrafo anterior (Lara, N. Rubio, A. Espín, S. Nieto, C. 1997).

La mayoría de investigaciones hacen referencia a harinas o granos de amaranto donde se utilizan dos métodos tostado y procesamiento de la semilla

cruda, hallándose que el proceso de tostado muestra un leve nivel más alto en cuanto al porcentaje de proteína contenida dentro de estos productos.

Se debe señalar que los pesos de cada repetición dentro de los respectivos tratamientos se mostraron semejantes, encontrándose en pequeñas variaciones, esto se observa fácilmente en el gráfico 3.5 junto a su respectivo cuadro, lo que no ocurrio con los porcentajes de proteína que contenian las harinas con los diferentes tratamientos.

El tratamiento cruda en el cual las semillas se procesaron directamente, la perdida de peso se debió a que parte de la harina se disipaba durante el procesamiento observándose que el peso tiene una variación máxima de 1.14 gramos, la harina generada por este método fue de consistencia gruesa debido a que el grano de amaranto es duro y su centro contiene fibra difícil de moler.

Para el proceso de cocido se verificó que la temperatura se mantuviese a 70ºC durante los 15 minutos que duró el tratamiento tomando como referencia los estudios realizados por Imeri Ana, Flores Rafael, Elías Luís G y Bressani, Ricardo (1987), con el propósito de evaluar el efecto del procesamiento térmico en la calidad de la proteína del amaranto, estas condiciones no muestran desnaturalización, esto se comprueba al medir los valores de absrovancia estas condiciones no fueron en exceso extremas y lo que ocasionaron fue una cocción leve de los granos sin desnaturalizar las albúminas ni las globulinas que son las principales fracciones de proteína que contiene el grano de amaranto.

En el tratamiento de tostado las semillas se encontraban en contacto directo con la capa caliente, trasportándose el calor por conducción, siendo expuestas en una menor proporción, lo que ocasionó que el grano reviente provocando una especie de rosetas la cual era fácilmente molida, generando harina de color oscuro diferente del resto producidas por los otros tratamientos.

El proceso de germinado fue el que presentó mayores problemas, esto debido a que las semillas al mantenerse demasiado tiempo en el agua se fermentaban, el tiempo establecido en bibliografía se comprendía entre 24 a 36 horas, pero por pruebas realizadas se verificó que al dejar las semilla por un período superior a las 24 horas, estas tendían a fermentarse lo cual no producía harina de calidad ya que el olor generado era penetrante y desagradable, el tratamiento se estableció con 24 horas de remojo de la semilla, a temperatura ambiente esta fue medida y tubo un mínimo de 18ºC y un máximo de 24ºC, posteriormente se realizó un proceso de secado que duró 3 días debido a que la semilla tendió a absorber toda el agua que se colocó, esta fue proporcional al peso, por cada gramo de semilla de amaranto que se colocó se agregó igual cantidad de agua.

El proceso de molido de este tratamiento fue menos difícil que el de los tratamientos de cruda y cocida, ya que la semilla al permanecer en agua ablandó su estructura y permitió un molido más fácil, originando harinas de consistencia más delgada que el de los tratamientos donde la semilla fue molida cruda o cocida.

Las condiciones del tratamiento de horneado, pretendían ser similares al del proceso de tostado, pero el calor no se distribuyó de la misma manera, lo que ocasionó que el tiempo se alargue a 5 minutos y la temperatura se eleve a 240ºC, las semillas tomaron consistencia seca por la pérdida de la humedad pero no reventaron como en el caso del tratamiento de tostado, la semilla fue fácilmente molida, pero al igual que el resto de harinas excepto las de las semillas que fueron tostadas, dejó en su composición gránulos gruesos que se debieron al embrión que no se molió.

El control de los tratamientos es importante para obtener niveles adecuados de proteína, además de que estos no varíen en un rango amplio, durante el desarrollo de la tesis se encontraron tratamientos en los cuales la regulación de la temperatura fue uno de los factores que afecto los valores obtenidos de proteína, ya que debido a un proceso térmico sobre el grano se

afecta la solubilidad de las proteínas y esta a la vez afecta otras características de estos compuestos (Pilosof, 2000).

Así para las semillas que fueron sometidas a un proceso de cocido se observó una variabilidad inferior que para el resto de procesos en sus niveles de proteína, mientras que para los restantes tratamientos se observó que las variaciones en los valores medidos de proteína eran mayores.

Al medir los niveles de proteína en semilla procesada cruda para la obtención de harina, se observó que al igual que los procesos de tostado, germinado y horneado existía variabilidad, lo cual nos sugiere que los procesos deben ser controlados con mayor eficiencia para alcanzar los mejores niveles de proteína, el principal factor que afecta cualquiera de los procesos es la temperatura y esta debe ser regulada apropiadamente para evitar pérdida de proteína.

El análisis de datos, particulares de cada repetición, y no por tratamientos define que los niveles finales de proteína encontrados en las muestras de harina son variables dentro de los tratamientos, así encontramos que valores bajos de proteína están ubicados en los tratamientos de cruda y germinada, mientras que los valores medios de proteína se ubican en todos los tratamientos, por último los niveles altos de proteína se agrupan dentro de tres tratamientos principalmente en horneada y tostada, demostrando que los procesos térmicos sobre el grano de amaranto ocasionan mejores niveles de proteína debido a la disponibilidad que se da por parte de algunos aminoácidos al sufrir un desdoblamiento de su proteína (Imeri, A. Flores, R. Elías, L. Bressani, R. 1987).

Al determinase niveles variables de proteína en las muestra de harina, se identifica una gran variabilidad de los valores proteicos de los granos de amaranto, comparando estos resultados con los valores encontrados en Riobamba en la elaboración de harina tostada de amaranto se encuentra que los datos se coinciden dentro del rango propuesto por la empresa que lo procesa de 12 a 19% (Grupo Fortiori, 2008).

Si bien la significancia no muestra diferencias representativas en los análisis realizados después de observar los resultados se observa una leve superioridad del tratamiento de tostado frente al resto de tratamientos, esto se comprueba con trabajos similares donde se procesa el grano y se encuentran niveles superiores con el proceso de tostado ante el proceso de cruda (INIAP, 1997).

El tratamiento con menor eficiencia en la obtención de harina con alta calidad y cantidad de proteína fue el de germinado donde encontramos datos inferiores al 11% de proteína, además de ser el proceso con el cual se encontraron más repeticiones de muestras con niveles bajos de proteína y tan solo dos muestras con niveles medios de proteína total, no se encontraron estudios que puedan ser comparados con este tratamiento.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

- Los niveles de proteína entre los diferentes tratamientos, después de los análisis estadísticos no fueron significativos, al hallarse en los promedios de las medias de la proteína total obtenida de tostado un 13.81%, en los tratamientos de horneado y cocido un nivel de proteína total en ambos casos de 13.46% mientras que para cruda el nivel es de 12.97% y para el proceso de germinado de 11.91%.
- Se encontró que el proceso de tostado presenta un sin número de ventajas con respecto al resto de tratamientos lo que lo hace el más idóneo para la transformación de este grano en harina, así los tiempos de tratamiento del grano que fue sometido al proceso de tostado frente al resto de tratamientos es menor, lo que lo hace un proceso más eficiente en cuanto a producción. Tras el tostado de los granos los volúmenes de producto que se obtienen son mayores a los del resto de tratamientos al formarse una especie de roseta, la cual es una característica aplicable dentro de la industria alimentaria para el desarrollo de nuevos procesos. La molienda del grano procesado tras el tratamiento de tostado presenta menos complicaciones y es rápida debido a la formación de las rosetas mencionadas que permiten su fácil pulverización.
- La semilla de amaranto de la variedad alegría es de una constitución en extremo dura, con un tratamiento de molienda común no se puede alcanzar partículas pulverizadas, fue por ello importante encontrar el método adecuado con el cual se hallen los mejores niveles de proteína, y que permitan disminuir el tamaño de la partícula para ser consumido como harina, concluyendo después de la investigación que el método, más simple para molienda fue el tratamiento donde las semillas fueron sometidas a tostado.
- Las partículas que se obtuvieron como resultado de los procesos de molienda por los diferentes tratamientos fueron demasiado grandes y en ciertos casos como el de la harina cruda y germinada el embrión se presentaba casi entero, a diferencia del tratamiento de tostado donde las partículas fueron homogéneas y de un tamaño adecuado para harina.

- Producir harina de amaranto con ayuda de procesos térmicos aplicados sobre la semilla, ocasionan mejores niveles de proteína total en la harina pero con volúmenes menores en comparación con harinas que sean producidas por molida del grano sin tratar.
- Los tratamientos que implican el aumento de temperatura arrojan mejores niveles de proteína total obtenida, así el tostado, horneado y cocido de las semillas de amaranto generaron mejores resultados que los tratamientos en los cuales la semilla no fue sometida a proceso alguno o fue sometida a un tratamiento de germinación, la concentración de la proteína se dio entre algunos factores seguramente por deshidratación de las semillas, además de que el efecto de la temperatura ocasiona desdoblamiento de las proteínas y esta a su vez produce agregados de proteínas y expone ciertos aminoácidos por efectos de la desnaturalización de la estructura secundaria que se produce.
- Dentro de los procesos térmicos de tostado, horneado y cocido, el de mayor efectividad en busca de harina con mejores niveles de proteína aunque los datos en el análisis estadístico no muestren significancia fue: el tostado, proceso en el cual a la semilla se le suministra calor por conducción ocasionando granos en forma de rocetas libres de la capa que recubre a la semilla, mientras que en los procesos de cocido y horneado el calor suministrado a la semilla se dio a través de convección lo cual alargó el tiempo de exposición y no arrojo los mismos resultados, aunque mostrando datos de niveles de proteína en promedio cercanos a los obtenidos con tostado.
- Los pesos fueron homogéneos para cada tratamiento, manteniéndose dentro de rangos mínimos para las repeticiones, lo que indica que las condiciones de proceso a las que se sometieron las semillas en los distintos tratamientos fueron similares.
- Los tratamientos que produjeron pesos altos fueron aquellos donde la semilla fue sometida a cocción o fue procesada directamente cruda, en estos procesos la pérdida de peso fue inferior a 5 gramos, mientras que para las semillas germinadas y horneadas el rango de pérdida de peso se comprendió entre 5 y 7 gramos, por último para las semillas que fueron

sometidas a un proceso de tostado la perdida se mantuvo entre 12 a 14 gramos.

- No existe significancia entre los tratamientos, sin embargo el tratamiento más eficiente en la búsqueda de harina de calidad y cantidad de proteína, constituye el tratamiento de tostado en donde se logra tener valores de casi un 16% de proteína en cien gramos, concentrando en mayor grado esta sustancia y obteniendo en los valores de proteína total alcanzada un nivel de 13.81%, superior al resto de los tratamientos evaluados, pero cercano al valor de 13.46% cantidad promedió de la proteína obtenida con el tratamiento de horneado y cocido.

CAPÍTULO 6: RECOMENDACIONES

- La capacidad de reventado del grano de la Variedad Alegría es excelente. Se recomienda aprovechar esta característica para la elaboración de productos de amaranto como futuras investigaciones.

- Estudios sobre el amaranto desarrollados en la Universidad Regional de Rosario donde se llevó a cabo un ensayo de desarrollo de un sistema de molienda a escala piloto para obtención de harinas hiperproteicas de amaranto, obtuvieron harina con un valor de 40% a 45% de proteínas y otra rica en almidón, esto debido a la separación de las partes que conforman la harina integral que se obtiene de la semilla de amaranto, esto abre una puerta a la investigación para el mejor aprovechamiento de esta planta.

- La bibliografía encontrada nos indica el gran potencial del amaranto, y la investigación realizada nos hace ver que es necesario desarrollar maquinaria y tecnología entorno a esta planta, para lograr métodos eficientes de obtención de las mejores condiciones de productos derivados de esta planta, optimizando un proceso de molienda que nos permita aprovechar todas las ventajas de este grano.

- Se debe capacitar en cuanto a preparación de suelos, cultivo y procesamiento de estas siembras, con la finalidad de obtener siembras y productos con mayor rentabilidad. La biotecnología se aplica además al mejoramiento genético permitiéndonos desarrollar variedades con características adecuadas, que puedan ser procesadas de mejor manera.

- Se debe realizar investigaciones sobre el resto de componentes de la planta de amaranto, ya que poseen un alto valor nutritivo y pueden ser consumidas procesadas, como por ejemplo las hojas que contienen calcio y hierro en mayor proporción incluso que la espinaca y que serían una fuente de alimento para el ser humano.

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Mexicana del Amaranto. (2003). Nuevos Tratamientos Contra la Diabetes. México, D.F. http://web.unne.edu.ar/cyt/2001/8-Exactas/E-045.pdf. Extraído el 10 de enero del 2008.
- Avanza, M.V., Añón, M.C., (2001). Laboratorio de Bromatología, Facultad de Ciencias Exactas Naturales y Agrimensura UNNE. http://web.unne.edu.ar/cyt/2001/8-Exactas/E-045.pdf. Extraído el 10 de enero del 2008.
- Gulliver, A., J.C., de Grande, C. Spehar., & G. Majella, (FAO 2001). Estudio Global sobre Sistemas Agrícolas, Desafíos hacia 2030, Análisis regional América Latina y el Caribe. Extraído el 10 de enero del 2008.
- Grupo Nutrisol, S.A. (2005) Amaranto: proteína de alta calidad nutricional, http://www.amarantum.com/amaranto-salud/amaranto.htm Extraído el 10 de enero del 2008.
- Imeri, A., Flores, R. Bressani, R. (1987), Efecto del procesamiento y de la suplementación con aminoácidos sobre la calidad proteínica del amaranto (Amaranthus caudatus), (Versión Electrónica en español). Extraído el 10 de enero del 2008.
- Kochen, E., Sandhu, R., & Axtell, B., (1995). Procesamiento de Cereales. Perú
- Reino, R. (1993). Botánica Sistemática, Quito, Ecuador
- Pantanelli, A (2008). Revista Alimentos Argentinos, Edición Nº 18, Argentina, (Versión Electrónica en español). Extraído el 10 de junio del 2008. alimentos@mecon.gov.ar
- Chávez, S. Hernández, M. (1997) Servicios de Salud de San Luís Potosí, México, El amaranto en la disminución de la desnutrición, Extraído el en junio del 2008, http://www.sanmiguel.com.mx/component/option,com_docman/task,cat_view/gid,25/Itemid,49/
- Lara, N. Rubio, A. Espín, S. Nieto, C. (1997), INEAP Evaluación del grado de aceptabilidad de productos elaborados a base de amaranto, Extraído en junio del 2008, http://archive.idrc.ca/library/document/100162/chap14_s.html
- Monteros C., Nieto C., Caicedo C., Rivera M., & Vimos C. "INIAP-ALEGRIA". Primera variedad mejorada de amaranto para la sierra Ecuatoriana. Boletin

divulgativo No. 246. Estación experimental "Santa Catalina", INIAP. Quito 1994. 24p.

- Subsecretaria de Promoción de la Industria y el Comercio, (1996), México, Estrataegias para la promoción de la producción y las exportaciones de amaranto y sus productos. Extraído en junio del 2008, http://www.sanmiguel.com.mx/component/option,com_docman/task,cat_view/gid,24/Itemid,49/.
- Cervantes, R. (2007), Secretaria de desarrollo rural del Estado de Puebla, Catálogo de propiedades nutrimentales, nutracéuticas y medicinales del amaranto, Extraído en mayo del 2008, cadenasproductivas@sdr.gob.mx
- Hernández, R. Herrerías, G. (1998), Historia del Amaranto, Publicado en Amaranto Historias y Promesa, pag 64-83. Extraído en mayo del 2008 www.alternativas.org.mx
- Rueda, D. (2002), Botánica Sistemática curso interactivo, tercera edición, pag 136. Sangolquí, Ecuador.
- Beran, C. (1996), Elaboración de una mezcla para bebida instantánea a base de mango y amaranto, Huncayo, Perú, UNCP - Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.
- San Miguel de proyectos agropecuarios, Minireventadores de amaranto para Microindustria y proyectos productivos. Extraído en mayo del 2008 www.sanmiguel.com.mx/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,3/Itemid,49/ -
- Arcila, N. Mendoza, Y. (2006), Elaboración de una bebida instantánea a base de semillas de amaranto (Amaranthus cruentus) y su uso potencial en la alimentación humana, Revista de la Facultad de Agronomía ISSN 0378-7818 *versión impresa*, Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. Núcleo Canoabo. Ingeniería de Alimentos. Extraído en mayo del 2008 rev_agronomia@luz.edu.ve
- Lema, A. Pontin, M. Adaro, j. Barral, J. (2005), Análisis del efecto de variables de diseño en el comportamiento de una secadora de grano de amaranto, Información Tecnológica-Vol. 16 N°5-2005, págs.: 43-48 versión eléctrónica online ISSN 0718-0764, Chile Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ingeniería, Grupo de Energía Solar, extraído en mayo del 2008

http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071807642005000500008&script=sci_arttext

- Abreu, M. Hernández, M. Castillo, A. Sampere, E. Martín, M. (1995), Evaluación nutricional y toxicológica de dos variedades de amaranto de semilla de color negro (*A. uranguesis* y *A. Maurensis*), Revista cubana Aliment Nutr, Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. Extraído en mayo del 2008 http://bvs.sld.cu/revistas/ali/vol9_2_95/ali02295.htm
- FAO, Cultivos Andinos Origen y botánica de la especie, extraído en junio del 2008 http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/Cap2.htm#Taxo

ANEXOS

Anexo A

Fotografías de las diferentes harinas obtenidas, posteriores a los cinco tratamientos aplicados.

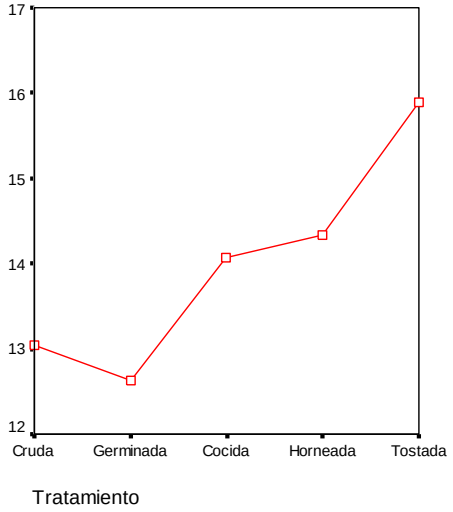
Anexo B

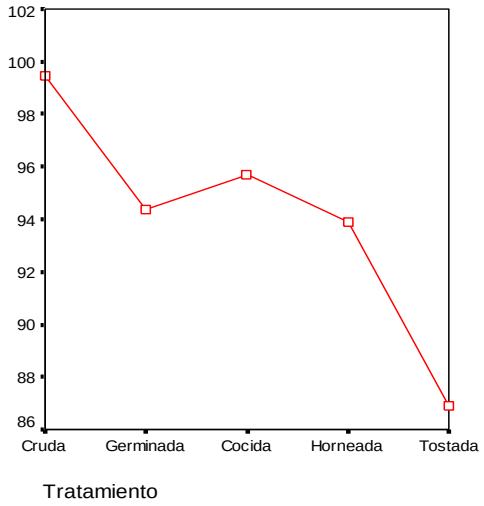
Características organolépticas de las harinas de semilla de amaranto de la variedad alegría, procesadas con cinco tratamientos.

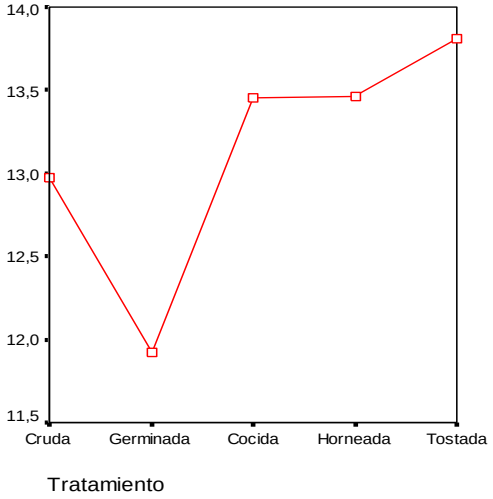
HARINA	CARACTERÍSTICAS		
	COLOR	OLOR	SABOR
CRUDA	Claro	Característico a harina	Agradable
TOSTADA	Oscuro	Característico a harina tostada	Agradable
GERMINADA	Claro	Característico a harina	Agradable
COCIDA	Claro	Característico a harina	Agradable
HORNEADA	Oscuro	Característico a harina	Agradable

Anexo C

Gráficos del promedio de las repeticiones por tratamiento de, peso final, proteína en cien gramos y proteína obtenida en la muestra, del procesamiento de amaranto para elaboración de harinas.

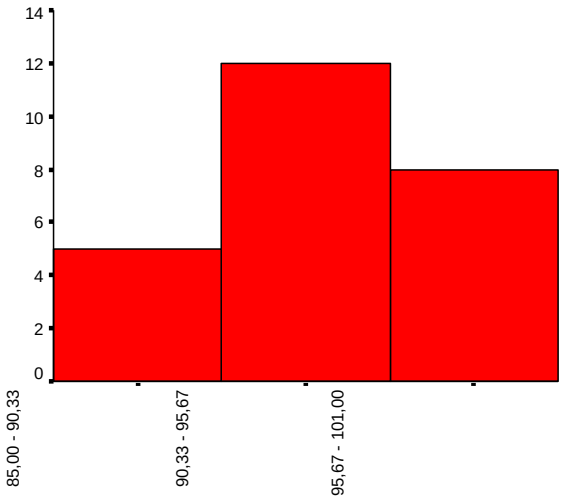




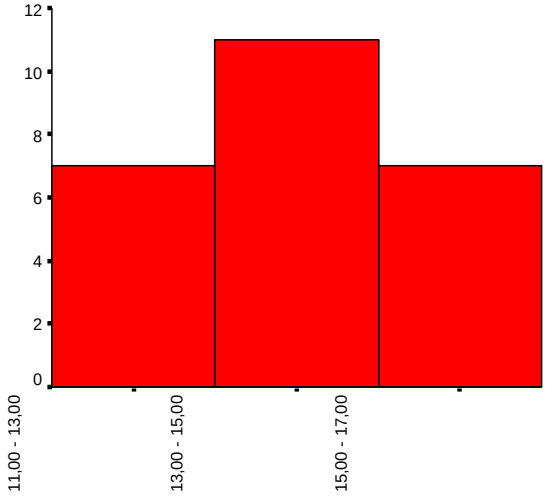


Anexo D

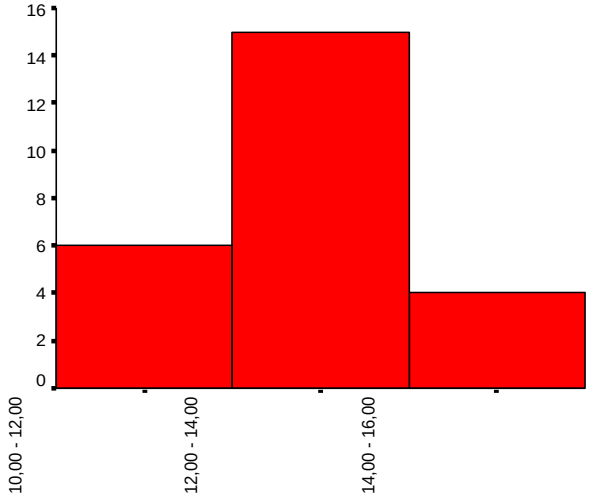
Gráfico de los rangos en los cuales se encontraron las diferentes repeticiones para peso final, proteína en 100 g y proteína total obtenida.



Peso final



Porcentaje de proteina en 100 g de harina



Proteina obtenida