



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE
VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE UNA BARRA ENERGÉTICA A BASE DE
AMARANTO COMO FUENTE PROTEICA**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por el bachiller **Iker San Sebastian Guevara** como requisito parcial para optar al título de Licenciado en Biología.

Tutor: Romel Guzmán, Dr.

CARACAS, VENEZUELA

AGOSTO – 2015

Dedicatoria

A mi hermosa madre, fuente infinita de esperanza y firmeza.
A David, por brindarme en todo momento su apoyo desinteresado.

Agradecimientos

A mi querida madre quien siempre me alentó y dio fuerzas para nunca desmayar.

A David Pernía, quien ha sido un gran padre, siempre solidario y optimista.

A Romel Guzmán, por guiarme en este proceso además de brindarme constante apoyo y
compromiso.

A todos mis profesores, quienes fueron parte fundamental de mi aprendizaje.

A nuestra magna casa de estudios, La Universidad Central de Venezuela por abrirme sus
puertas, acogirme y hacerme uno de sus hijos.

Tabla de contenido

Tabla de contenido	4
Lista de cuadros	6
Lista de figuras	7
Lista de ecuaciones.....	7
Resumen.....	8
I. Introducción	9
II. Objetivos.....	11
III. Revisión bibliográfica	12
III.1. Amaranto (<i>Amaranthus spp</i>).....	12
III. 1.1. Composición y valor alimenticio.....	13
III.1.2. Usos del amaranto	15
III.2. Barras energéticas	16
III.2.1. Antecedentes.....	17
III.2.2. Composición y usos	17
IV. Materiales y métodos.....	19
IV. 1. Materiales.....	19
IV. 1. 1. Materia prima	19
IV. 2. Métodos.....	20
IV. 2.1. Obtención de granos de amaranto (ST).....	20
IV.2.2. Tratamiento térmico (TT) (Expandidos)	21
IV.3. Caracterización fisicoquímica de granos ST y TT (expandidos)	22
IV.3.1. Humedad.....	22
IV.3.2. Proteína cruda	23
IV.3.3. Grasa cruda	24
IV.3.4. Cenizas totales	25
IV.3.5. Carbohidratos totales.....	26
IV.3.6. Determinación de actividad de agua (a_w).....	26
IV.3.7. Densidad	27
IV.3.8. Determinación de color.....	27
IV.3.9. Determinación de pH.....	27
IV.3.10. Determinación de Acidez.....	28
IV.3.11. Perfil de Azúcares.....	29

IV.3.12. Determinación de Polifenoles	31
IV.3.13. Perfil de ácidos grasos	32
IV.4. Formulación de barras energéticas	32
IV.4.1. Estudio de preferencia de las barras	33
IV.4.2. Caracterización de barras energéticas.....	34
IV.4.3 Estabilidad fisicoquímica y microbiológica de la barra energética	34
IV.4.4. Determinación del valor calórico, ingesta diaria y rotulado de la barra	34
IV.5. Análisis estadístico de los resultados.....	35
V. Resultados y discusión	36
V.1. Caracterización proximal, química y fisicoquímica de los granos de amaranto ST y TT (expandidos).....	36
V.2. Selección de la barra preferida.....	46
V.3. Caracterización proximal, química y fisicoquímica de la barra preferida	49
V.4. Estudio de estabilidad fisicoquímica, cinética de pérdida de peso y microbiológica de la barra preferida a temperatura ambiente (25°C) y 45°C.....	55
V.5. Valor calórico, ingesta diaria y rotulado de la barra la formulación preferida.....	58
VI. Conclusiones.....	61
VII. Referencias bibliográficas.....	62

Lista de cuadros

Cuadro 1. Formulaciones de barras energéticas.....	33
Cuadro 2. Análisis proximal (g/100 g muestra, base seca), de las muestras de granos de amaranto ST y TT (expandidos)	36
Cuadro 3. Perfil de ácidos grasos del extracto lipídico de granos sin tratamiento (ST) y tratamiento térmico (TT).....	39
Cuadro 4. Porcentaje de polifenoles en granos sin tratamiento y tratamiento térmico	43
Cuadro 5. Análisis fisicoquímicos realizados a las muestras de granos de amaranto sin tratamiento y con tratamiento térmico.....	44
Cuadro 6. Evaluación sensorial 1	46
Cuadro 7. Evaluación sensorial 2	47
Cuadro 8. Valores de aceptación de los atributos apariencia, textura y sabor en la evaluación sensorial 2 en una escala del 1 al 9.	48
Cuadro 9. Análisis proximal (% base seca), de la barra preferida (F3).	49
Cuadro 10. Perfil de ácidos grasos de la barra energética preferida.....	51
Cuadro 11. Porcentajes de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados del extracto lipídico de la barra preferida.	52
Cuadro 12. Contenido de azúcares en barra preferida (determinados por HPLC)	53
Cuadro 13. Contenido de Polifenoles en barra preferida.	54
Cuadro 14. Estudio de estabilidad fisicoquímica de las barras a temperatura ambiente y a 45°C durante 21 días.	55
Cuadro 15. Variación de peso de las barras en almacenamiento a temperatura ambiente y a 45°C por 21 días.....	57
Cuadro 16. Resultados de estudio de estabilidad microbiológica (aerobios mesófilos, mohos y levaduras), en 21 días a temperatura ambiente (25°C) y 45°C.	57
Cuadro 17. Valor calórico para una porción de barra energética de 24 gramos	58
Cuadro 18. Ingesta diaria recomendada (IRD) de una porción de 25 gramos de barra	59

Lista de figuras

Figura 1. Plantación de amaranto ubicada en la localidad de Galipán, sector Manzanares, Parque Nacional El Ávila, estado Vargas.	19
Figura 2. Esquematización de la obtención de granos de amaranto	20
Figura 3. Obtención de granos de amaranto reventados	21
Figura 4. Apariencia de los granos de amaranto sin tratamiento (ST) y con tratamiento térmico (TT o expandidos)	22
Figura 5. Curva patrón de polifenoles (mg ác, tánico/mL)	42
Figura 6. Rotulado nutricional para la barra energética de amaranto.....	60

Lista de ecuaciones

Ecuación 1. Determinación del contenido de humedad	23
Ecuación 2. Determinación del contenido de proteína	24
Ecuación 3. Determinación del contenido de grasa cruda	25
Ecuación 4. Determinación del contenido de cenizas	26
Ecuación 5. Determinación del contenido de carbohidratos totales	26
Ecuación 6. Determinación de la densidad	27
Ecuación 7. Determinación del porcentaje de acidez.....	28

Resumen

El amaranto es una planta con múltiples beneficios nutricionales. Es un pseudocereal cuyos granos presentan un contenido proteínico elevado que varía entre 15 y 20 gramos/100 gramos según la especie, conocimiento que hace interesante su utilización en el desarrollo de productos alimenticios. Basado en esta premisa, el objetivo de este trabajo fue elaborar una barra energética (B.E) a base de granos de amaranto (*Amaranthus caudatus*) como fuente proteica. Para llevar a cabo la elaboración de la B.E, se procedió primeramente a establecer el cultivo de amaranto en la localidad de Galipán, ubicado en el Parque Nacional el Ávila estado Vargas. Seguidamente los granos fueron cosechados (S.T) y modificados con un tratamiento térmico (T.T) de expandido por conducción. Empleando los granos T.T como base se hizo un diseño de formulaciones a la que fue incorporado piña y cambur deshidratados, miel, chocolate oscuro (75%), maltodextrina y estabilizantes para obtener una B.E de 24 gramos. La selección de la B.E preferida se hizo a través de pruebas de evaluación sensorial con un panel no entrenado de 30 personas. Tanto la B.E como los granos S.T y T.T fueron analizados en cuanto a su composición proximal, siguiendo las metodologías oficiales propuesta por la AACC (1990) y AOAC (1990), carbohidratos por diferencia (CHOd) (INN 2000), azúcares (AOAC 1990), perfil de ácidos grasos (Folch y col., 1958) y contenido de polifenoles (Singleton y col. 1999). Los resultados obtenidos para los granos ST, TT y B.E muestran que, ST y TT tienen una excelente proporción de proteína (17,56 y 17,99% respectivamente) expresado como nitrógeno total, lo cual indica que el tratamiento térmico aplicado no generó disminución de dicho contenido, mientras que para el caso de la B.E el contenido proteínico fue de 10,34%, valor aceptable para la categoría de barras energéticas (5 a 20%). En cuanto a los CHOd los granos TT resultaron tener un mayor contenido (70,61%) que ST (59,19%) esto producto de la baja humedad que presentaron una vez tratados los granos TT (1,18%), para el caso de la B.E los CHOd estuvieron por el orden de 69%, lo que representa una importante fuente calórica. El perfil de azúcares de la B.E arrojó contenidos de sacarosa, fructosa y glucosa de 9,92 %; 9,88 % y 11,76 % respectivamente, mientras que los granos ST solo mostraron un bajo contenido de sacarosa. La evaluación de ácidos grasos mostró un contenido superior a 50% para poliinsaturados en los granos TT y valores cercanos a 10% para ST. Por el contrario la B.E presentó un mayor contenido de ácidos grasos saturados (58,61). El contenido de polifenoles para ST, TT y B.E (expresado como equivalentes de ácido tánico) fue de 0,042 %; 0,269 % y 0,407 % respectivamente, lo permite indicar que el consumo de esta B.E tiene un inherente efecto antioxidante. Finalmente, se puede indicar que una B.E de 24 g además de aportar 107,10 Kcal aporta nutrientes esenciales y no esenciales necesarios para satisfacer parte de los requerimientos nutricionales diarios de los individuos que la consuman.

Palabras claves: amaranto, pseudocereal, proteína, barras energéticas

I. Introducción

El amaranto (*Amaranthus* spp) (eterno, perdurable “griego”) es un pseudocereal del cual se conocen poco más de 70 géneros y que desde tiempos muy antiguos ha logrado formar parte de los cultivos básicos empleados en la alimentación humana, logrando persistir como parte de la agricultura tradicional de países como México, Ecuador y Bolivia. En la actualidad, existe un renovado interés en su cultivo debido al potencial que presenta en la elaboración de nuevos productos alimenticios, sus beneficios nutricionales y sus ventajas agrícolas (Sánchez 2000). En la actualidad, se utilizan para la producción de granos principalmente tres especies a saber: *A. cruentus*, *A. caudatus*. y *A. hypochondriacus*.

Caracterizada por ser una especie anual, herbácea o arbustiva de diversos colores (verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias) la planta de amaranto produce una semilla pequeña, lisa y brillante de 1,0-1,5 mm de diámetro, ligeramente aplanada. Las especies silvestres presentan granos de color negro con el episperma muy duro (Chagaray 2005).

Muchas de las especies de amaranto son conocidas popularmente como “bledo”, dado que sus semillas son minúsculas y parecen insignificantes. En las comunidades indígenas del Perú el amaranto es denominado como “Kiwicha” (pequeño gigante), en el Caribe venezolano se le conoce como “Caracas” dando su nombre a la tribu que se asentó en el Valle de Caracas, también se le conoce como “Pira” que significa guisante o legumbre (hortaliza) en voz cumanagoto (Vele, 2000). Existen otras denominaciones y nombres vulgares como: Amaranto (Español); Amaranth (Inglés), Achita (Ayacucho, Perú), Coyo (Cajamarca, Perú), Achis (Huaraz, Perú), Coimi, Millmi e Inca pachaqui o grano inca (Bolivia), Sangorache, Ataco, Quinoa de Castilla (Ecuador), Alegría y Huanthi (México), Rejgira, Ramdana, Eerai (India) (Mujica y col., 1997).

Desde el punto de vista nutricional el amaranto posee un alto valor nutritivo destacándose dentro de este, un contenido proteínico que oscila entre 15 y 20 g/100 gramos; cuyo contenido de aminoácidos esenciales es de alto valor biológico, en particular por su contenido en lisina (Bressani, 1994; Betschart y col., 1981).

Basado en el reporte científico tan detallado que se tiene del amaranto, se puede sugerir su utilización para la alimentación humana, bien sea como granos enteros o expandidos (TT), o en forma de harinas, las cuales podrían elaborarse a partir de los granos o de las hojas, o bien de la planta en general; con dichos subproductos se pudieran elaborar desayunos, postres (galletas, panes), barras energéticas, turrone, granola y hasta arepas con base de harinas de maíz precocido. En tal sentido se puede decir que el desarrollo de alimentos con la utilización de amaranto es una opción viable para la población dado que la diseminación del mismo es fácil, sencilla y económica (autosustentable), aunado al excelente aporte nutricional que representa el consumo del mismo.

Tomando en cuenta lo anteriormente planteado se propone en la presente investigación aprovechar una especie de amaranto cultivado en la localidad de Galipán, Parque Nacional El Ávila, estado Vargas en la elaboración de una barra energética dirigida a consumidores tradicionales y con regímenes de alimentación de alto requerimientos calórico-proteicos (p.e deportistas), en función a ello se han propuesto los siguientes objetivos.

II. Objetivos

General:

- Elaborar una barra energética a base de amaranto como fuente proteica

Específicos:

- Cosechar las plantaciones de amaranto establecidas para este estudio en localidad de Galipán, Parque Nacional El Ávila, estado Vargas.
- Obtener granos de amaranto
- Aplicar tratamientos térmicos por conducción para la expansión de los granos de amaranto
- Evaluar la composición proximal y propiedades nutricionales de los granos de amaranto obtenidos para el estudio.
- Formular una barra energética con el uso de granos de amaranto expandidos como fuente proteica y frutos deshidratados (cambur y piña), chocolate oscuro (75%), miel y estabilizantes como ingredientes adicionales.
- Estudiar a través de pruebas sensoriales la preferencia de las barras elaboradas.
- Evaluar la composición proximal y propiedades nutricionales de la barra seleccionada como preferida.
- Establecer el aporte nutricional y etiquetado de la barra energética preferida.
- Determinar la estabilidad en el tiempo (físico-química y microbiológica) de la barra seleccionada como preferida.

III. Revisión bibliográfica

III.1. Amaranto (*Amaranthus spp*)

El amaranto es una planta perteneciente a la clase dicotiledónea, orden Centrospermae y familia Amaranthaceae. La familia de las amarantáceas posee 70 géneros y más de 850 especies (de las cuales la mayoría son nativas de América y sólo 15 especies provienen de Europa, Asia, África y Australia). El género *Amaranthus* tiene más de 60 especies, siendo las más importantes y conocidas, desde el punto de vista nutricional: *Amaranthus caudatus* L.; *Amaranthus hypochondriacus* L.; *Amaranthus cruentus* L.; *Amaranthus hybridus* L.; *Amaranthus tricolor* L.; *Amaranthus blitum* L.; *Amaranthus dubius* L. y *Amaranthus virides* L (Chagaray, 2005). En Venezuela están presentes 12 especies, entre ellas *Amaranthus dubius*, *A. caudatus*, *A. cruentus*, *A. hypochondriacus*, predominantemente (Carmona 2007), las cuales generalmente suelen crecer de forma silvestre.

Es también un cultivo altamente eficiente que puede prosperar en condiciones agroclimáticas adversas, tales como sequía, altas temperaturas y suelos salinos. La semilla presenta una gran versatilidad, siendo un potencial prometedora de aplicación en la formulación, desarrollo y creación de nuevos productos en la industria de alimentos (Paredes y col, 1994).

Según investigaciones arqueológicas el amaranto es originario de Centro y Sur América. Su nombre significa vida eterna debido a que crece en tierra poco fértil y con una mínima cantidad de agua, también porque una sola planta puede producir varios cientos de miles de semillas, y sin ser gramíneas, pueden conservar sus propiedades por más de 40 años (Rivillas y Soriano, 2005).

Investigadores (Hernández y Herrerías, 1998; Tejera y Arenas, 2001) reportan que la razón por la que casi desapareció el Amaranto de Mesoamérica, conservándose solamente en unas cuantas regiones, se debió a los rituales religiosos en los que solía utilizar el amaranto, de allí que pueda existir una ausencia de su uso y de investigaciones científicas durante un largo periodo de tiempo.

A partir de los años 80, aparecen las primeras investigaciones, lideradas por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y prácticamente se produce un redescubrimiento del cultivo, justificado principalmente por su valor nutritivo y potencial agronómico. En Ecuador, el Programa de Cultivos Andinos del INIAP, inició las primeras investigaciones a partir de 1983 con la recolección y evaluación de germoplasma nativo, complementado con la introducción de germoplasma de otros países, especialmente de la Zona Andina. (Nieto 1990). En Venezuela, los primeros estudios en referencia al mejoramiento agronómico del cultivo de amaranto fueron realizados en los años 80 por la Fundación Servicio para el Agricultor FUSAGRI (Cagua), encontrando una serie de ventajas que facilitan su cultivo como lo son la facilidad de adaptación a zonas con bajas precipitaciones y distintos tipos de suelos (ácidos o alcalinos). En 1988, el Instituto Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Facultad de Ciencias de la UCV, realizó la evaluación de las características morfométricas del almidón de tres especies de amaranto graníferas (Rodríguez 1988).

En la actualidad, el amaranto se consume en países como México y Perú, tradicionalmente en forma de dulces denominados “alegría” y otras preparaciones. Su cultivo ha sido retomado e intensificado gracias a los descubrimientos que se han hecho sobre sus propiedades altamente nutritivas para el humano. Aparte de producirse en países en donde su cultivo es tradicional, como México, Perú o Bolivia, también ha comenzado a cultivarse en otros países como China, Estados Unidos o la India (San Miguel, 2006).

Técnicamente el grano de amaranto es considerado como un pseudocereal, ya que tiene características similares a las de los granos de cereales verdaderos de las monocotiledóneas pero el amaranto es una planta dicotiledónea. Al igual que éstos, contiene cantidades importantes de almidón, con la diferencia de que éste se encuentra almacenado en el perispermo y el embrión ocupa gran parte del grano, conformando así una buena fuente de lípidos y de proteínas. Sin embargo, por ser una dicotiledónea, no es considerado como un cereal verdadero (Paredes y col, 1994).

III. 1.1. Composición y valor alimenticio

El amaranto tiene un alto nivel de proteínas, que oscila entre 15 a 20 %. Las principales fracciones proteicas presentes en el amaranto son albúminas (solubles en agua),

globulinas (solubles en soluciones salinas diluidas) y glutelinas (solubles en soluciones acidas o alcalinas) (Avanza, 2009).

En las últimas décadas, se han realizado diferentes estudios referidos al valor nutricional del amaranto, en los cuales el aspecto nutricional más estudiado es la identificación de aminoácidos limitantes presentes en las proteínas del amaranto (Kauffman y Weber, 1990). Las proteínas presentes en el amaranto tienen un buen equilibrio a nivel de aminoácidos, incluyendo la lisina, esencial en la alimentación humana y que no suele encontrarse, o su contenido es bajo a despreciable en la mayoría de los cereales (López, 2008).

Rodríguez (2010) reporta para harina de hojas de amaranto una distribución en cuanto a los contenidos de cada fracción proteica de la siguiente manera: albuminas>globulinas>prolaminas>glutelinas resultados que coinciden con la bibliografía. En cuanto al balance de aminoácidos él mismo reporta que cada una de las fracciones obtenidas demostró contener aminoácidos esenciales y no esenciales acordes a lo necesario para mantener una dieta balanceada.

FAO (1997), reporta que el amaranto presenta ligeras limitaciones en valina, isoleucina y treonina, siendo más deficiente en leucina. Aún con estas limitaciones, las proteínas de amaranto cumplen satisfactoriamente con los requerimientos de aminoácidos indispensables para una óptima nutrición humana, recomendados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Soriano, 2006).

Las reducidas dimensiones del grano de amaranto facilitan su digestión, que resulta de 2 a 5 veces más rápida que la del maíz. Cuando se realizan mezclas de harina de amaranto con harina de cereales como el maíz, se produce una complementación de la proteína ingerida pues los aminoácidos que son deficientes en el amaranto, abundan en el cereal. Otro aspecto resaltante en cuanto al valor nutritivo del amaranto, es que su grano no posee gluten, lo que lo hace apto para celíacos (personas con enfermedad inmunológica causada por la intolerancia al gluten) (López, 2008).

Los lípidos de amaranto están compuestos por un 90 % de triglicéridos de los cuales el 20 % contienen ácidos grasos saturados (Paredes-López 1994). Además contienen un 0,05% de tocoferoles (Qureshi, Lehmann y col. 1996) y un alto contenido de escualeno

(4,2 %) (He y Corke 2003), que tiene la capacidad de disminuir el colesterol y que ha sido estudiado también por su capacidad antioxidante y el efecto anticarcinogénico (Smith 2000).

Los carbohidratos de amaranto se distribuyen en 57,5 % de almidón y 1,5 % de azúcares (USDA SR-21, 2008).

Del amaranto no sólo se consumen las semillas, también las hojas, puesto que son comestibles. Usualmente se consumen como ensalada o hervidas, formando parte de sopas y otras preparaciones; se comparan en textura y sabor con las espinacas. Al igual que el grano, éstas son altamente nutritivas en cuanto al contenido de minerales, proteínas y fibra (López, 2008).

III.1.2. Usos del amaranto

El amaranto es un cultivo que puede ser utilizado en la alimentación humana y animal. Para la alimentación humana se puede utilizar el grano, ya sea entero o en harinas. Con el grano entero, previamente reventado se pueden preparar desayunos, postres, papillas, y otros. Se puede también consumir los granos reventados mezclados con miel de caña, chocolate o miel de abeja. En México son muy comunes los dulces a manera de turrone que no son otra cosa que amaranto reventado mezclado con miel y solidificado en moldes (Monteros y col., 1.994). Con las semillas reventadas se pueden preparar galletas, barras energéticas, turrone, granola, entre otros productos (Herrera y col., 2012).

Luego de tostado o reventado el grano, se puede preparar harina, consumirse mezclada con dulce o preparar cualquier derivado de la industria harinera (panes, galletas, pastas, etc.) si se mezcla con alguna otra harina que contenga gluten en proporción 1:1. También estos productos se pueden preparar con harina de amaranto sin tostar, pues no contienen ningún compuesto antinutricional como es el caso de las saponinas en la quinua o, las que deben ser eliminadas por escarificado o lavado antes del consumo (Monteros y col., 1.994).

Cuando se realizan mezclas de harina de amaranto con harina de maíz, la combinación resulta excelente, llegando a índices proteicos cercanos del 100% porque el aminoácido que es deficiente en uno abunda en el otro. Además, la digestibilidad de su grano es del 93% (Herrera y col., 2012).

Las hojas y tallos tiernos, sobre todo si la planta no ha pasado los 50 días desde la siembra, son de excelente sabor en ensaladas y sopas con la única condición de no consumirlas crudas. Se puede cocinar al vapor por 5 minutos y luego preparar las más variadas ensaladas (Nieto 1989).

En infusión, la planta completa se usa para controlar los nervios y purgar a las personas que tienen muchos granos y espinillas, además limpiar la sangre. Es parte de las llamadas hierbas de purgas que sirven para limpiar el sistema digestivo. Es astringente por lo que sirve para tratar la disentería o diarrea. La infusión de las hojas y panoja sirve para aliviar molestias de riñones y cólicos menstruales (Herrera y col., 2012).

El amaranto de panoja roja (*A. caudatus*) es además, excelente colorante para las mermeladas, y para preparar las conocidas morcillas o embutidos de cerdo (Herrera y col., 2012).

Se ha comprobado que los restos de cosecha podría ser una buena fuente de alimento para el ganado; estos contienen hasta 1,9% de fibra, 11% de cenizas y 7% de proteína. Además la planta entera es un excelente forraje sobre todo para combinar con otras plantas forrajeras y los granos hacen una magnífica combinación con sorgo o maíz para alimentar aves de corral, o preparar cualquier tipo de alimento balanceado de uso animal. (Nieto 1989).

En países como México, Ecuador y otras regiones de nuestro continente se suele utilizar el amaranto (toda la planta), en la preparación de gran cantidad de platos, bebidas, dulces y otros productos en combinación con otros alimentos considerando su gran valor nutricional.

III.2. Barras energéticas

Las barras energéticas son suplementos dietéticos pensados para deportistas, atletas y personas sometidas a un intenso esfuerzo físico que permiten incrementar la energía y nutrientes antes, durante y después de la actividad realizada. Pueden sustituir a galletas, frutas, chocolate y frutos secos; alimentos que tradicionalmente se han ingerido durante o después de los esfuerzos intensos o prolongados. En otras palabras, es una forma rápida y cómoda de proporcionar al organismo una generosa dosis de energía y nutrientes cuando los necesita (Carrasco 2010).

III.2.1. Antecedentes

Pillsbury Company trabajaba junto a la NASA (National Aeronautics and Space Administration) en el desarrollo de alimentos para sus programas espaciales, fue así como en 1960 el Dr. Howard Bauman y otros científicos de la compañía crearon un “palito” energético que podía ser ingerido por los astronautas (Lefcowitz 2006).

Al producto se le describió como un “snack” de energía balanceada, crudo, no congelado, que contenía cantidades balanceadas de carbohidratos grasas y proteínas. Entre sus sabores estaban caramelo, chocolate, malta, naranja y mantequilla de maní. La popularidad alcanzada por las misiones espaciales de la NASA permitió a Pillsbury Company lanzar al mercado estos “palitos” bajo la marca de Space Food Sticks, a mediados de los años setenta, el nombre de “barras energéticas” no fue utilizado. Poco a poco las ventas disminuyeron y el producto fue retirado del mercado (Lefcowitz 2006).

En 1986 sale al mercado el producto “PowerBar”, creando así la categoría de las barras energéticas; su objetivo eran los atletas que necesitaban una fuente de energía efectiva y conveniente. Seis años después, un competidor creó una barra con un sabor y textura superior, fue así como nace “ClifBar”; a su vez, la compañía Balance, introdujo otra barra energética basados en la fórmula de nutrición 40/30/30 (40% de calorías provenientes de carbohidratos, 30% proteína y 30% grasa) (AAKER 2004).

Actualmente la oferta de barras energéticas es amplia, en el mercado se encuentra gran variedad de productos y cada una se enfoca a un nicho en particular, ya sea para deportistas de élite, fisicoculturistas, deportistas ocasionales, hombres o mujeres en general. Hoy en día se pueden encontrar diferentes marcas, además de las primeras que se introdujeron en el mercado (Carrasco 2010).

III.2.2. Composición y usos

La composición nutricional de las barras energéticas es muy diversa: los carbohidratos representan entre el 60 y 77% de las barras comerciales; la grasa va desde un 3% hasta el 24% entre las distintas marcas. El contenido de proteínas se encuentra entre el 4% y el 15%; el aporte energético se encuentra alrededor de 370 a 490 calorías cada cien gramos aproximadamente. Generalmente se encuentran enriquecidas con vitaminas y minerales.

Cada fabricante tiene sus propias formulaciones utilizando ingredientes como nueces, frutas deshidratadas y condimentos para crear sus barras (Carrasco, 2010). Generalmente se estima que las barras energéticas tengan un alto contenido de carbohidratos, puesto que estos son utilizados como fuente de energía de corta duración para actividades de desempeño máximo, mientras que las grasas se utilizan como energía a largo plazo y las proteínas sirven para mantener y reparar tejidos corporales, sin embargo, pueden funcionar como una fuente menos eficiente de energía (Turner, 1999).

Según Placentino (2007), si se consume una barra energética antes de hacer ejercicio, se asegura evitar una disminución de azúcar en el torrente sanguíneo, también nutre la musculatura ya que los músculos almacenan energía en forma de glucógeno; reduce la sensación de hambre y actúa como factor psicológico al tranquilizar la mente sabiendo que el cuerpo va a estar bien alimentado.

Las barras energéticas son muy prácticas, su forma compacta y pequeña hace que sean muy fáciles de llevar y son una opción saludable para cubrir las necesidades de nutrientes. Son una fuente de calorías e hidratos de carbono útiles para aumentar la resistencia física durante actividades deportivas (Placentino, 2007).

IV. Materiales y métodos

IV. 1. Materiales

IV. 1. 1. Materia prima

Las plantas de amaranto a cosechar para este estudio fueron escogidos de acuerdo a un modelo estadístico completamente aleatorizado (COVENIN 612-82). Entre las variables a considerar para la escogencia de los arboles estuvo: edad de la planta (3 a 4 meses), tamaño de la planta (entre 1 a 2 metros de altura), densidad de la panícula (entre 2 y 4 panículas/planta). La plantación (**Figura 1**) escogida para este estudio estuvo ubicada específicamente en la Latitud: 10°33'56"N y Longitud 66°53'31"O o lo que es igual en la localidad de Galipán, sector Manzanares del Parque Nacional El Ávila, estado Vargas, Venezuela.



Figura 1. Plantación de amaranto ubicada en la localidad de Galipán, sector Manzanares, Parque Nacional El Ávila, estado Vargas.

IV. 2. Métodos

IV. 2.1. Obtención de granos de amaranto (ST)

Para la obtención de los granos de amaranto (*A. caudatus*), se utilizó el método descrito por el Programa Nacional de Granos Andinos (Peralta y col., 2011). La separación se realizó a través de una serie de tamices (14, 20, 25, 28 y 30 Mesh). Se retiraron los restos de panoja menos densos aplicando una corriente de aire a la mezcla de impurezas y el grano. El esquema mostrado en la **Figura 2**, esquematiza el proceso.

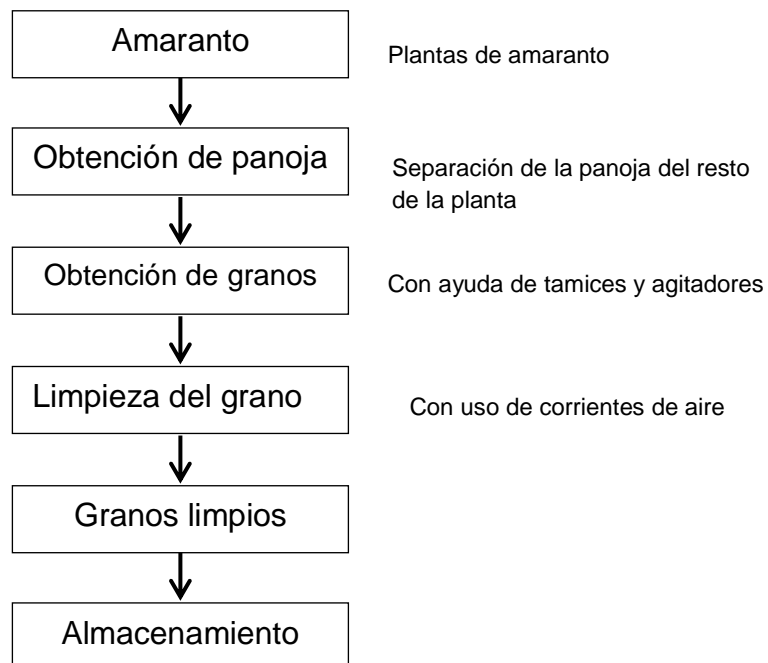


Figura 2. Esquematización de la obtención de granos de amaranto

Fuente: Peralta y col. (2011)

IV.2.2. Tratamiento térmico (TT) (Expandidos)

El expandido del grano se realizó de acuerdo al método descrito por Carpio, (2009) con modificaciones en cuanto a la fase de remojo. Los granos de amaranto se colocaron en contacto directo con una superficie de teflón calentada a 300°C por un tiempo de 5 ó 10 segundos, o hasta observar que la mayor parte de los granos se expandían y no se escuchaba más el ruido del expandido. El esquema mostrado en la **Figura 3**, esquematiza el proceso realizado, mientras la **Figura 4**, presenta la apariencia de los granos.

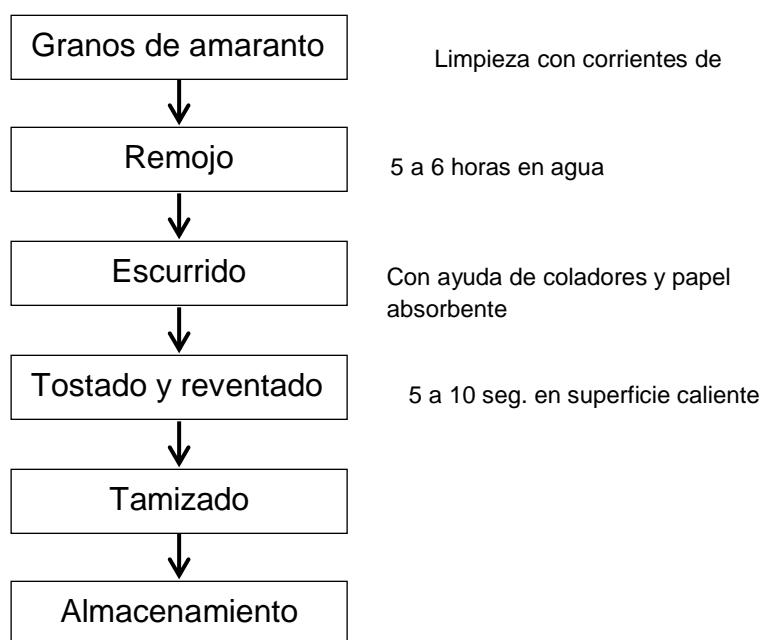


Figura 3. Obtención de granos de amaranto reventados

Fuente: Carpio (2009).



Figura 4. Apariencia de los granos de amaranto sin tratamiento (ST) y con tratamiento térmico (TT o expandidos)

IV.3. Caracterización fisicoquímica de granos ST y TT (expandidos)

IV.3.1. Humedad

Esta determinación se realizó en estufa a $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y presión atmosférica. Siguiendo el método 44-15 A *descrito por la AACC*, (1990).

Para lo cual se procedió de la siguiente manera:

- Se tararon las cápsulas a utilizar (6 cápsulas de aluminio).
- Se pesó 1,0000 gramos aproximadamente de muestra en cada una de las cápsulas previamente taradas.
- Se colocaron las cápsulas en la estufa hasta alcanzar peso constante en las muestras.
- Una vez obtenido el peso constante de las muestras se calculó el porcentaje de humedad de cada una, mediante la fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso de agua evap. (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Ecuación 1. Determinación del contenido de humedad

IV.3.2. Proteína cruda

Esta determinación se realizó a través del método de Kjeldahl con el equipo de digestión y destilación Kjeldahl, siguiendo el método 46-13 descrito por la AACC, (1990). Procediendo de la siguiente manera:

Digestión:

- Se pesó 1,0000 gramo aproximadamente de muestra y se introdujo en el tubo de digestión Kjeldahl (6 réplicas en los 6 tubos de digestión Kjeldahl).
- Se adicionó 0,5000 gramos de catalizador aproximadamente (sulfato de cobre y sulfato de potasio) más 15 mL de ácido sulfúrico concentrado en cada tubo de digestión.
- Se colocaron los tubos de digestión en el aparato de digestión kjeldahl.
- Se calentó a baja temperatura hasta que cesó la formación de espuma (1 hora a 150°C) para luego aumentar la temperatura (4 horas a 400°C) hasta que la muestra se tornó translúcida verdosa.

Destilación:

- Se enfriaron los tubos de digestión.
- Se adicionó cuidadosamente 80 mL de agua destilada en cada tubo.
- Se añadieron 30-45 mL de hidróxido de sodio 50%.
- Se prepararon 6 fiolas de recepción del destilado con 25 ml de ácido bórico 4% y 4-5 gotas de indicador (Rojo de metilo 0,1% y azul de metileno 0,5%).
- Se colocó cada fiola de recepción del destilado en el extremo de la salida del condensador de equipo de destilación kjeldahl.
- Se conectó el tubo de digestión al condensador.

- Se encendió el destilador recogiéndose hasta 150 mL del destilado en cada fiola de recepción.

Titulación:

- Se tituló cada fiola de recepción con ácido clorhídrico (HCl 0,1 N) hasta obtener un cambio de coloración de transparente a violeta.
- Con los volúmenes obtenidos se calculó el porcentaje de proteína a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Proteína Cruda} = \frac{\text{Vol. De HCl} \times [\text{HCl}] \times 14,0007 \times 6,25}{\text{Gramos de muestra}}$$

Ecuación 2. Determinación del contenido de proteína

IV.3.3. Grasa cruda

Esta determinación se realizó a través del método de extracción continua con solvente orgánico (Método Soxhlet), siguiendo el método 30-20 descrito por la AACC, (1990), para lo cual se procedió de la siguiente manera:

Materiales:

- Solvente: éter de petróleo.
- Unidad de extracción: Cada unidad de extracción consta de un cartucho de extracción, un porta cartucho de vidrio y un vaso de extracción.
- Equipo de extracción de grasa Soxhlet.
- Planchas de calentamiento.
- Campanas de extracción.

Procedimiento:

- Los vasos de extracción se lavaron muy bien con agua y jabón para eliminar posibles restos de extractos etéreos remanente de extracciones anteriores. Se secaron en la estufa y llevaron a peso constante.

- Los porta cartuchos también se lavaron con agua y jabón y se enjuagaron con agua destilada. Se secaron en estufa a 100 °C.
- Se pesó 1,0000 gramos de la muestra por triplicado. Se introdujo las muestras en cada cartucho de extracción. Se incorporó cada cartucho dentro del porta cartucho y se colocó el conjunto con cuidado en la unidad de extracción.
- Se añadió en cada vaso de extracción 100 ml de solvente (éter de petróleo). Se ajustó al equipo y se inició la extracción. Se realizó la extracción por un periodo de 4 horas.
- Se evaporó el solvente en baño de maría bajo la campana por 30 minutos aproximadamente en cada vaso de extracción. Se enfriaron en un desecador y se pesaron para luego obtener el porcentaje de grasa cruda promedio de las muestras a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de grasa Cruda} = \frac{\text{Peso de grasa (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Ecuación 3. Determinación del contenido de grasa cruda

IV.3.4. Cenizas totales

Esta determinación se realizó a través del método gravimétrico, siguiendo el método 08-01 descrito por la AACC, (1990). Para lo cual se procedió de la siguiente manera:

Materiales y equipos:

- Balanza analítica.
- Crisoles o cápsulas de porcelana.
- Desecador.
- Mufla regulada entre 500 y 600°C

Procedimiento:

- Se tararon las cápsulas a utilizar (6 cápsulas de porcelana).

- Se pesó 1,0000 gramos aproximadamente de muestra en cada una de las cápsulas previamente taradas.
- Se colocaron las cápsulas con muestra en una plancha de calentamiento en el interior de la campana hasta calcinar la muestra (aproximadamente 2 horas).
- Una vez calcinadas las muestras, se introdujeron en la mufla hasta alcanzar el peso constante.
- Una vez obtenido el peso constante de las muestras se calculó el porcentaje de cenizas de cada una de las réplicas y se obtuvo un porcentaje de cenizas promedio a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{\text{Peso de cenizas (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Ecuación 4. Determinación del contenido de cenizas

IV.3.5. Carbohidratos totales

El cálculo de carbohidratos totales en las distintas muestras de granos de amaranto se realizó por diferencia (INN, 2000), utilizando el resto de los porcentajes del análisis proximal a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ proteína C.} + \% \text{ Grasa C.} + \% \text{ Cenizas})$$

Ecuación 5. Determinación del contenido de carbohidratos totales

IV.3.6. Determinación de actividad de agua (a_w)

La actividad de agua (a_w) de los granos de amaranto, se determinó empleando un equipo psicrométrico marca Decagon serie CX2 previamente calibrado con las diferentes sales a una temperatura de 25 °C. Para la determinación, se tomó una muestra de aproximadamente 2,000 gramos y se introdujo en el equipo Richard y Labuza, (1990) y Tortoe y col. (2009)

IV.3.7. Densidad

Para la determinación de la densidad se utilizó el método descrito por el Programa Nacional de Granos Andinos (Peralta y col., 2011), para lo cual se procedió de la siguiente manera:

- Se pesó un cilindro graduado de 100 mL.
- Se pesó en el cilindro, un volumen de 100 mL de granos.
- Se obtuvo el peso de 100 mL de granos de amaranto.
- Se obtuvo el valor de la densidad del grano de amaranto con el peso de 100 mL de granos a través de la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{\text{Peso de 100 mL de granos(g)}}{100 \text{ mL}}$$

Ecuación 6. Determinación de la densidad

IV.3.8. Determinación de color

La determinación del color se realizó utilizando un Colorímetro, Color Flex Standards box, USA con escala CIELAB estandarizado con una placa blanca, cuyos valores son $L^* = 93,52$; $a^* = -0,81$ y $b^* = 1,58$; considerando los parámetros L^* , a^* y b^* .

El valor de L^* representa una mayor o menor reflectancia de la luz y sus valores pueden variar entre 0 (negro) y 100 (blanco).

Los valores de a^* y b^* representan las coordenadas de cromaticidad, donde hay valores en una coordenada pasando por cero; en el caso de a^* , los valores positivos indican rojo, el cero representa al color gris y los valores negativos indican verde. En el caso de la coordenada b^* , los valores positivos indican al color amarillo, cero al color gris y los valores negativos son representados por el color azul.

IV.3.9. Determinación de pH

Es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrogeno $\text{pH} = -\text{Log } H_3O^+$ (Vogel, 1960).

La determinación de pH de los granos de amaranto se realizó según el método 02-52 de la AACC (1990), donde se utilizará una relación 1:10 (granos: agua), que se midió con un potenciómetro previamente calibrado con una solución buffer de pH 4 y 7, a 25°C.

IV.3.10. Determinación de Acidez

Esta determinación se realizó según el método N° 1787 descrito en la norma COVENIN (1981), procediendo de la siguiente manera:

Se pesaron 5,0000 gramos de granos de amaranto molidos previamente y se introdujeron en una fiola de 250 mL donde se añadieron 25 mL de alcohol 90 % neutralizado, se tapó y se dejó en reposo durante 24 horas. Posterior al reposo se tomó una alícuota de 10 mL del líquido sobrenadante y se tituló con una solución de NaOH 0,05 N utilizando fenolftaleína como indicador.

El contenido de acidez en la muestra se expresó en porcentaje en masa de ácido sulfúrico y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$A = \frac{V * N * 0,049 * V1 * 100}{M * V2}$$

Ecuación 7. Determinación del porcentaje de acidez

Donde:

A = Porcentaje de acidez, expresado como ácido sulfúrico.

V = Volumen de hidróxido de sodio 0,05 N gastado en la titulación.

N = Normalidad del hidróxido de sodio.

V1 = Volumen del alcohol neutralizado.

V2 = Volumen de la alícuota a titular.

M = Masa de la muestra.

0,049 = Miliequivalentes de ácido sulfúrico.

IV.3.11. Perfil de Azúcares

Se determinó de acuerdo a la metodología de AOAC 982.14 (1990) y catálogo de columnas HPLC YMC (2005-2006).

El método de determinación de mono- y disacáridos consiste en una extracción en caliente sólido-líquido o líquido-líquido del carbohidratos, que incluye un paso previo de desgrasado de la muestra. El extracto acuoso que contiene los azúcares se analiza por HPLC en fase normal, empleando una columna especial para análisis de azúcares y el detector de índice de refracción.

Materiales:

Tubos de vidrio para centrifugadora con tapa de baquelita de 50 ml.

Pipetas Pasteur

Balón aforado de 10 y 100 ml

Filtros Millipore GS de 0.45 μ m.

Filtros para jeringa. Millex PTFE de 0.45 μ m x 25mm de diámetro. Millipore

Inyectadoras de 3 ml

Equipos:

Balanza analítica

Vortex

Unidad de filtración de Agua Millipore

Baño de calentamiento

Pipetas graduadas

Micro pipetas de 50, 100 y 1000 μ l

Centrifugadora

HPLC Waters, detector de índice de refracción.

Reactivos:

Éter de petróleo (grado analítico)

Sacarosa (grado analítico)

Glucosa (grado analítico)

Lactosa (grado analítico)

Fructosa (grado analítico)

Maltosa (grado analítico)

Acetonitrilo (grado HPLC)

Agua bidestilada

Soluciones:

Solución patrón de Sacarosa 500 mg/ml

Solución patrón de Glucosa 500 mg/ml

Solución patrón de Lactosa 500 mg/ml

Solución patrón de Maltosa 500 mg/ml

Solución patrón de Fructosa 500 mg/ml

Mezcla acetonitrilo-agua (75:25)

Preparación de la muestra:

Harinas y productos a base de cereales.

Se pesaron (por triplicado) en un tubo para centrífuga de vidrio con tapa de baquelita de 50 ml, 2.5 g de la muestra molida y se añadieron 25 ml de éter de petróleo.

Se mezcló en vortex durante 1 min.

Se centrifugó durante 10 min. a 3000 g a 25 °C.

Se extrajo la fase orgánica con una pipeta Pasteur y se descartó.

Se añadieron 25 ml de éter de petróleo al residuo sólido

Se secó el residuo sólido para eliminar los restos de éter.

Se agregó 40 ml de agua al residuo seco y se calentó la mezcla en un baño de calentamiento a 80 °C por 25 min. Se agitó la mezcla en el vortex eventualmente.

Se centrifugó durante 10 min. a 3000 g a 25 °C.

Se colocó la solución sobrenadante en un balón de 100 ml.

Se agregaron 40 ml de agua al residuo sólido, se agitó en el vortex y se centrifugó durante 10 min. a 3000 g a 25 °C.

Se colocó la solución sobrenadante en el balón de 100 ml y se aforó hasta la marca.

Se tomó una alícuota de 1ml y se filtró a través de una membrana de 0.45 μ m.

Análisis por HPLC:

Especificaciones del sistema cromatográfico

Nombre del *Instrument Method*: Azúcares YMCPack

Columna: YMC-Pack PA, (4.6 mm x 250 mm, S-5 μ m). Part # PA12S052546WT.

Flujo: 1,0 ml/min

Temperatura: 25°C

Fase móvil: acetonitrilo-agua (75:25), isocrático.

Volumen de inyección: 25 μ L

Tiempo de corrida: 30 minutos

Detector: Índice de refracción. AUFS 64

Procedimiento:

Inyectar todos los estándares y muestras.

IV.3.12. Determinación de Polifenoles

Se determinó de acuerdo a la metodología propuesta por Singleton y col. (1999) usando para ello el reactivo de Folin-Ciocalteu, realizando previamente una curva patrón de ácido tánico en un rango de concentración de 0,02 – 0,20 mg/mL.

Reactivos:

Reactivo de Folin-Ciocalteu 10% en agua destilada.

Acido tánico 20 mg/100 ml (solución estándar).

Carbonato de sodio 7,5 %.

Metanol (solvente).

Preparación de la muestra:

Se pesaron (por triplicado) en tubos para centrifuga 1 gr de muestra.

Se añadió a cada tubo 25 ml de metanol.

Se agitó durante 24 horas.

Se filtró y recogió el extracto metanólico.

El residuo sólido se colocó nuevamente en el tubo de centrifuga y se añadió 25 ml de metanol.

Se agitó 1 hora y se repitió el procedimiento.

Los extractos metanólicos se llevaron a balones de 100 ml y se guardaron en refrigeración.

Cuantificación de compuestos fenólicos:

Se tomó 1 ml de cada extracto y se colocó en tubos de ensayo.

Se añadió a cada tubo 2,5 ml de reactivo de Folin-Ciocalteu 10 %.

Se añadió un minuto después 2 ml de carbonato de sodio 7,5 %.

Se colocaron los tubos de ensayo en oscuridad durante una hora.

Se midió la absorbancia a 740 nm.

A partir de la lectura obtenida y utilizando la curva de calibración realizada, se obtuvo la concentración de polifenoles. Se aplicó el factor de dilución para determinar la concentración final expresada en gr (EAT)/100 gr de muestra.

(EAT): equivalentes de ácido tánico.

IV.3.13. Perfil de ácidos grasos

La composición de ácidos grasos de los lípidos totales de los granos de amaranto se realizará según el método de Folch et al., (1958). La cuantificación de los ácidos grasos de los lípidos totales se realizó en un cromatógrafo de gases marca Hewlett Packard, modelo 5880 – A, previa extracción de los lípidos totales y preparación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos COVENIN 2281; 85.

IV.4. Formulación de barras energéticas

Entre los ingredientes empleados para la formulación de la barra se tuvo: granos de amaranto expandidos como fuente proteica y frutos deshidratados (piña y cambur), chocolate oscuro (75%), miel, maltodextrina, estabilizantes y agua como ingredientes adicionales u opcionales. Los ingredientes fueron pesados de acuerdo a cada formulación y se colocaron en moldes para la obtención de la barra. El peso estimado de las barras fue de 25 gramos sin deshidratar.

A continuación se detallan las formulaciones que fueron llevadas a cabo en este estudio.

Cuadro 1. Formulaciones de barras energéticas

		Gramos de ingredientes utilizados					
Ingrediente		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Una vez	Amaranto	6	6,5	6	5,25	5,4	6,5
	Chocolate 75 %	4	4,5	4,5	3,1	3,2	4,5
	Miel	5	6,5	6,5	5,25	5	5
	Piña	3	3	3	5	5	3
	Cambur	3	3	3	5	5	3
	Agua	2,5	-	-	-	-	1,5
	Maltodextrina	0,5	0,5	1	0,4	0,4	0,5
	Aditivos	1	1	1	1	1	1
	Estabilizantes						

realizadas las formulaciones y barras, estas fueron sometidas a un proceso de deshidratación a 45°C durante 24 horas.

IV.4.1. Estudio de preferencia de las barras

Se realizó la evaluación sensorial de las barras con el grano expandido, evaluando los atributos de apariencia, textura, sabor y en base a ello se pidió a los panelistas indicar cuál de las barras energéticas presentadas en el estudio era su preferida. Esta determinación se hizo de acuerdo a la metodología propuesta por Toricella y col. (2007), empleando para ello una escala hedónica de nueve puntos, la cual se detalla a continuación:

- Me gusta muchísimo ----- 9 puntos
- Me gusta mucho ----- 8 puntos
- Me gusta moderadamente ----- 7 puntos
- Me gusta ligeramente----- 6 puntos
- Ni me gusta ni me disgusta ----- 5 puntos
- Me disgusta ligeramente ----- 4 puntos
- Me disgusta moderadamente ----- 3 puntos
- Me disgusta mucho ----- 2 puntos
- Me disgusta muchísimo ----- 1 punto

Las pruebas se realizaron con un panel no entrenado de 30 personas.

Se realizó un ANOVA de dos vías para determinar si existen diferencias mínimas significativas entre las distintas barras energéticas.

IV.4.2. Caracterización de barras energéticas

La barra energética preferida de acuerdo al estudio sensorial realizado, fue analizada y caracterizada fisicoquímicamente de acuerdo a las metodologías planteadas en el punto IV.3 de este trabajo.

IV.4.3 Estabilidad fisicoquímica y microbiológica de la barra energética

La barra energética seleccionada fue empacada y almacenada en condiciones de anaquel y en condiciones extremas (temperatura: 45°C) durante 21 días. Se evaluó su estabilidad en el tiempo determinando, la cinética de humedad, pH, acidez y actividad de agua siguiendo para ello las metodologías planteadas en el punto IV.3 de este trabajo, asimismo se evaluó la estabilidad microbiana tomando en cuenta las siguientes determinaciones:

Determinación y Recuento: Método en placa con películas secas rehidratables (Petrifilm) de aerobios mesófilos descrito por la norma de acuerdo a la norma venezolana COVENIN (1997) método N° 3338.

Determinación y cuantificación de mohos y levaduras: descrito por COVENIN (1990) método N° 1337.

IV.4.4. Determinación del valor calórico, ingesta diaria y rotulado de la barra

- La determinación del valor calórico de la barra se determinó a lo establecido por COVENIN en su norma 2952-1 (1997).

- Para la determinación de la Ingesta Diaria Recomendada (RID por sus siglas en inglés) se tomaron en cuenta los valores recomendados por la FDA (2013) para los principales nutrientes basados en una dieta de **2000 calorías diarias para adultos y niños de más de 4 años de edad**, lo cual está en concordancia con lo establecido por el Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela. Los valores referenciales para el cálculo de RID, se presentan a continuación:
 - Carbohidratos 300 g
 - Proteínas 50 g
 - Grasa total 65 g (Saturadas 20 g, Colesterol 300 mg, monoinsaturados 22 g poliinsaturados 22 g)
 - Calorías: 2000 Kcal

- El rotulado obligatorio y nutricional de la barra se elaboró tomando como base lo establecido por COVENIN en su norma 2952-1 (1997) y 2952-1 (2001).

IV.5. Análisis estadístico de los resultados

Los datos de las determinaciones por triplicados de las determinaciones evaluadas en este estudio fueron sometidas a un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significación del 5% y las medias con diferencias significativas se sometieron a la prueba de comparación de medias por el método de Tukey, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 17, para Windows 2007.

V. Resultados y discusión

V.1. Caracterización proximal, química y fisicoquímica de los granos de amaranto ST y TT (expandidos)

Cuadro 2. Análisis proximal (g/100 g muestra, base seca), de las muestras de granos de amaranto ST y TT (expandidos)

	Granos ST	Granos TT
Humedad	13,74±0,27 ^a	1,18±0,24 ^b
Proteína cruda	17,56±0,79 ^a	17,99,05±0,05 ^a
Grasa cruda	4,87±0,41 ^a	4,82±0,06 ^a
Carbohidratos_{dife}	59,19±0,46 ^b	70,61±0,44 ^a
Cenizas_{totales}	4,63±0,09 ^b	5,40±0,28 ^a

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$)

Los resultados son producto de análisis realizados por triplicado ($n=3$) \pm la desviación estándar.

Proteína: %NT \times 6,25

-Al evaluar el contenido de humedad de los granos de amaranto sin tratamiento y con tratamiento térmico, observamos que hubo diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) en cuanto al tratamiento térmico aplicado ocasiona una disminución de dicho contenido superior al 90%. Dicha disminución de humedad se produce porque al aplicar el tratamiento térmico de expandido, los granos entran en contacto con una superficie que se encuentra a temperaturas superiores a 300 °C (determinado con termómetro laser), lo que produce que el tiempo estimado para lograr un 100 % de expansión sea tan solo de 15 segundos. Al producirse el calentamiento del grano se facilita la ruptura del pericarpio (capa externa del grano), exponiéndose el contenido interno de estos a las altas temperaturas mencionadas, evaporándose gran parte de la humedad inicial del grano. Bressani (2007), reportó valores de humedad para distintas variedades de granos de amaranto que oscilan entre 11 y 14 % sin realizar tratamiento térmico, mientras que para granos expandidos reportó valores de 2,9 % de humedad, resultados que son superiores a los obtenidos para las muestras trabajadas en este estudio las cuales alcanzaron valores de humedad de 1,2 % una vez realizado el tratamiento térmico, condición que

otorga estabilidad fisicoquímica y microbiológica a dichos granos por la reducción del agua disponible para actividad metabólica de microorganismos.

-Los contenidos de proteína cruda obtenidos en los granos de amaranto sin tratamiento y con tratamiento térmico observamos que no existe diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) estando ambos valores cercanos al 18 %, valores que concuerdan con los resultados obtenidos en diversas bibliografías (Avanza 2009; Bressani, 2007; López, 2008; Pérez, 2010; Rodríguez, 2010), esto confirma que el género amaranto independientemente de la especie y de las zonas de producción en las que se establezca siempre tiende a presentar contenidos de proteína que están por el orden de 15 a 20 g/100 g muestra. Este resultado permitió corroborar que el uso de los granos de amaranto entero o expandido representa un excelente potencial para ser utilizado como fuente proteica en nuestras barras energéticas. Según Bressani (2007), la aplicación de altas temperaturas por largos tiempos puede reducir considerablemente la calidad de las proteínas, a través de una reducción en la lisina disponible principalmente. Sin embargo, la exposición por un corto tiempo del grano a altas temperaturas puede ser de beneficio a la calidad de la proteína destruyendo factores anti fisiológicos y antinutricionales termolábiles como los inhibidores de proteasas (tripsina y quimotripsina), lectinas, goitrogenos y antivitaminas según indica Belmar (2001). El contenido de la proteína del grano de amaranto no se ve afectado de manera considerable con la aplicación de tratamientos térmicos por periodos controlados de tiempo (10 a 15 segundos), por lo que resulta conveniente la utilización de los granos expandidos de amaranto como fuente principal de proteínas en las barras energéticas, además presentan propiedades organolépticas superiores a las del grano sin tratamiento térmico.

-Una vez realizada la determinación de grasa cruda de los granos sin expandir y expandidos de amaranto, observamos que dichos granos presentan un contenido de lípidos cercano al 5 % (tanto para los granos sin tratamiento térmico como expandidos). Esto confirma que el grano de amaranto es una fuente considerable de ácidos grasos y otros lípidos de gran importancia. Nieto (1990), reportó valores de grasa cruda en granos de amaranto de entre 6 y 8 %, por lo que podemos inferir que el contenido de grasa cruda de nuestros granos podría ser aún mayor realizando la extracción total de la grasa presente. No obstante, Pérez (2010) reportó valores de 4,1 % de grasa cruda para granos de amaranto. Tomando en cuenta estos valores y los resultados obtenidos podemos

presumir que existen variaciones considerables en el contenido de lípidos presentes en granos de amaranto según la variedad y el lugar de siembra.

Ahora bien, al evaluar el perfil de ácidos grasos presente en la grasa de los granos sin tratamiento térmico y expandidos se encontró que los granos sin tratamiento presentaron un 54% de ácidos grasos saturados entre los que destacan el ácido palmítico con un 32 % y el ácido esteárico con 20 % aproximadamente; Se encontró en dicha muestra un 34 % de ácido oleico (omega 9) que es un ácido graso monoinsaturado típico de los aceites vegetales como el de oliva. El cuadro 2, presenta detalladamente el perfil de ácidos grasos para los granos sin tratamiento (ST) y expandidos (TT).

El perfil de ácidos grasos obtenidos a partir de los esteres metílicos de ácidos grasos de los granos de amaranto sin tratar térmicamente (ST) y con tratamiento térmico (TT), permite reportar que los granos ST presentaron un 54% de ácidos grasos saturados entre los que destacan el ácido palmítico con un 32 % y el ácido esteárico con 20 % aproximadamente; Se encontró en dicha muestra un 34 % de ácido oleico (omega 9) que es un ácido graso monoinsaturado típico de los aceites vegetales como el de oliva. Herrera (2006), menciona que los ácidos grasos monoinsaturados no son esenciales pues el organismo es capaz de sintetizarlos a partir de otros ácidos grasos.

En dicha muestra se encontraron ácidos grasos polinsaturados en menor proporción; entre ellos el ácido linoléico (omega 6), con un contenido de 7 %; ácido graso esencial pues forma parte de los triacilgliceroles que se consumen a través de la dieta y el organismo no es capaz de sintetizarlo; la muestra ST presentó menores concentraciones de ácido araquidónico y Decosahexanoico (DHA) que son ácidos grasos polinsaturados ocasionalmente esenciales pues el cuerpo es capaz de sintetizarlos a partir del ácido linoléico (Herrera, 2006)

Cuadro 3. Perfil de ácidos grasos del extracto lipídico de granos sin tratamiento (ST) y tratamiento térmico (TT)

Ácido graso (FAME)	Nombre	%de ácidos grasos en ST	% de ácidos grasos en TT
C6:0	Caprónico	0,084	0,0048
C14:0	Mirístico	0,093	0,075
C15:0	Pentadecanóico		0,026
C16:0	Palmítico	32,33	19,72
C16:1 (cis-9)	Palmitoléico	0,24	0,17
C17:0	Margárico	0,13	0,064
C17:1 (cis-10)	Heptadecenoico	0,61	0,50
C18:0	Estearico	20,26	3,97
C18:1 (cis-9)	Oléico (omega 9)	34,90	20,11
C18:2 (cis-9,12)	Linoléico (omega 6)	7,14	51,21
C20:0	Eicosanóico	1,30	0,75
C18:3 (cis-6,9,12)	γ-Linolénico(omega 3)	0,053	0,37
C20:1 c	Gadoléico	0,13	0,11
C21:0	Heneicosanoico	0,033	0,023
C20:2 (cis-11,14)	Eicosadienoico	0,036	0,031
C22:0	Behénico	0,35	0,23
C20:3 (cis-11,14,17)	Dihomo-γ-linolénico (omega 3)		2,24
C20:4 (cis-5,8,11,14)	Araquidónico	0,67	0,12
C22:2 (cis-13,16)	Decosadienoico	0,046	0,031
C24:0	lignocérico	0,36	0,22
C20:5 (cis-5,8,11,14,17)	Eicosapentanoico		0,0041
C22:6 (cis-4,7,10,13,16,19)	Decosahexanoico(DHA)	0,69	0,021
Otros ácidos grasos		0,5450	0,0001
Total		100	100

Los lípidos extraídos de los granos de amaranto tratados térmicamente (TT), presentaron una proporción de 25 % de ácidos grasos saturados (menor respecto a ST), un contenido de monoinsaturados de 20,1 % del cual destaca el ácido oleico y 54 % de ácidos grasos polinsaturados donde destaca el ácido linoléico (omega 6) con un 51 %, seguido por el graso linolénico (omega 3) con un 2,5 %. Estos resultados hacen suponer que el contenido total de ácidos grasos polinsaturados en los granos sin tratar térmicamente no

Cuadro 4. Porcentajes de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados de los extractos lipídicos de granos sin tratamiento (ST) y tratamiento térmico (TT)

Ácidos grasos	% en TT	% en ST
Saturados	55,00	25,00
Monoinsaturados	36,00	21,00
Polinsaturados	9,00	54,00

fueron contabilizados ya que estos debieron encontrarse también en los granos sin expandir (ST). Suponemos que no se logró una extracción eficiente del contenido total de estos ácidos grasos en la muestra ST pues la presencia del pericarpio del grano imposibilitó que el solvente utilizado para la extracción (éter de petróleo), interactuara con la totalidad de los ácidos grasos presentes en la muestra sin tratar térmicamente. En el tratamiento térmico (TT), se logra eliminar gran parte del pericarpio posibilitando el contacto entre el solvente y los ácidos grasos presentes. Al no ser extraídos la mayoría de los ácidos grasos polinsaturados de la muestra ST, se incrementa la proporción de los ácidos grasos saturados que si se lograron extraer en dicha muestra. Los granos tratados térmicamente (TT) fueron los incorporados a la barra energética, lo cual permitirá una mejora en la calidad nutricional del producto estando presente un contenido significativo de ácidos grasos esenciales polinsaturados. Carrero (2005) indica algunos de los beneficios que presenta el consumo de ácidos grasos polinsaturados los cuales forman parte de las membranas celulares por lo que contribuyen con la permeabilidad celular, presentan funciones hormonales, además provocan efectos positivos sobre enfermedades cardiovasculares como la hipertensión. También se ha comprobado que la ausencia del omega 3 provoca un desarrollo precario neuronal. Estas afirmaciones aunadas a los resultados obtenidos, nos permiten afirmar que la presencia de los granos de amaranto expandidos (TT) en la barra energética preferida, incrementan los beneficios nutricionales de la misma ya que al estar presentes, la proporción de ácidos grasos polinsaturados (esenciales) se incrementan en nuestro producto, permitiéndole a los consumidores obtener de manera práctica una cantidad importante de estos lípidos tomando en cuenta los requerimientos diarios necesarios para el buen funcionamiento del organismo.

- En cuanto al porcentaje de carbohidratos por diferencia, se obtuvieron valores cercanos al 70 % en ambas muestras (base seca). Nieto (1990) y Bressani (2007), reportaron valores de carbohidratos en granos de amaranto sin tratamiento que coinciden con los obtenidos en la presente investigación estando dicho contenido alrededor del 70 %. Sin embargo otros autores como Pérez (2010) señalan que dicho contenido se encuentra alrededor del 65 %. Esto nos indica que el contenido de carbohidratos en granos de amaranto puede variar según la especie y la localidad, sin embargo dichas diferencias no son significativas. La importancia de tener granos con un contenido de carbohidratos superior a 50% permite sugerir que estos sean recomendados para regímenes de deportistas, no obstante es importante correlacionar dicho contenido con la digestibilidad de los mismos. Porr (2009), menciona que los carbohidratos del amaranto por su estructura tan fina, son muy fáciles de digerir siendo una fuente de energía óptima para deportistas y atletas de alto rendimiento. El diámetro del gránulo de almidón del amaranto oscila entre 1 y 3 micrones (hasta 10 veces más pequeños que los de maíz y hasta 100 veces menores que los de la papa). Estas reducidas dimensiones del gránulo de almidón del amaranto facilitan su digestión, que resulta de 2,4 a 5 veces más rápida que el almidón de maíz. La incorporación de granos de amaranto a nuestras barras energéticas permitirá una mejora en la digestión de los carbohidratos y un rápido aprovechamiento de los mismos.

-Al evaluar el contenido de azúcares (mono y disacáridos), de las muestras de granos de amaranto sin tratamiento (ST) y tratamiento térmico (TT), por técnicas de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) fue posible detectar la presencia de un bajo contenido de sacarosa de 1,32 % para los granos ST, mientras que para los granos TT no se obtuvo señal de dicho contenido. Asimismo puede indicarse que no se obtuvo resultados para azúcares monosacáridos (glucosa y fructosa). Los resultados obtenidos permiten sugerir una necesaria continuación de la investigación puesto que posiblemente la aparición de un contenido aunque bajo de sacarosa pudo deberse a la clasificación de las muestras en cuanto a sus épocas de cosechas, puesto que de acuerdo con lo planteado con Porr (2009), los carbohidratos en los granos de amaranto se encuentran en forma de gránulos de almidón mayoritariamente, por lo que resulta difícil detectar la presencia de azúcares en los mismos; pudiendo sin embargo ser posible la detección de pequeñas trazas de azúcares, principalmente de glucosa, evento que tampoco sucedió en nuestro análisis de azúcares. Para corroborar los resultados obtenidos se realizó paralelamente la

determinación de azúcares totales y reductores por el método de Fehling en las muestras de granos TT y ST, sin la detección de los mencionados azúcares.

-Al analizar el contenido de cenizas de los granos sin tratamiento y con tratamiento térmico se observa un aumento de dicho contenido en los granos expandidos (TT), sin embargo ambos porcentajes de cenizas oscilan alrededor del 5 %. Pérez (2010) y Bressani (2007) reportan valores de cenizas tanto para granos sin tratar térmicamente como granos expandidos de 3 % aproximadamente, lo que nos muestra que el contenido de cenizas y por ende el de minerales (no determinado) asociados a los granos de amaranto empleados en este estudio puede ser considerablemente elevado, repercutiendo esto en propiedades nutricionales importantes al momento de elaborar y consumir la barra energética.

-Para la determinación de polifenoles en granos de amaranto ST y TT, fue necesaria la elaboración de una curva de calibración utilizando como estándar distintas concentraciones de ácido tánico para posteriormente determinar a través de la misma, el contenido de polifenoles de nuestra muestra, luego de una extracción metanólica y adición del reactivo de Folin-Ciocalteu. La **Figura 5**, presenta la curva de concentración de polifenoles.

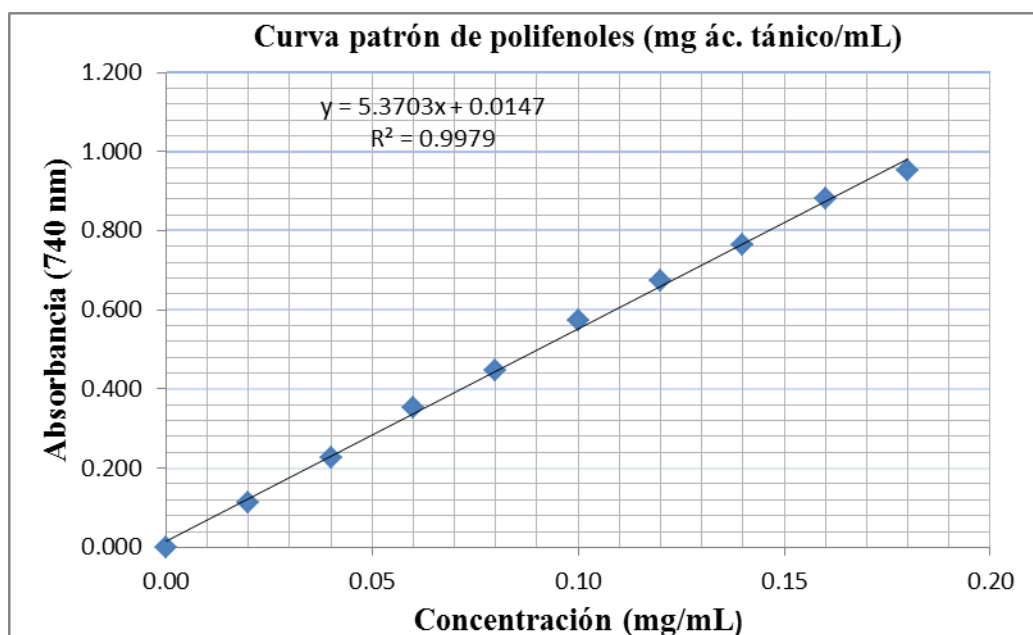


Figura 5. Curva patrón de polifenoles (mg ác, tánico/mL)

Cuadro 4. Porcentaje de polifenoles en granos sin tratamiento y tratamiento térmico

Muestra	% p/p polifenoles
Granos ST	0,042±0,001 ^b
Granos TT	0,269±0,02 ^a

Los resultados obtenidos en la determinación de polifenoles se muestran en el Cuadro 3, apreciándose que los granos de amaranto con tratamiento térmico resultaron tener un mayor contenido que los granos sin tratamiento. Este resultado hace suponer que el contenido total de polifenoles en los granos sin tratar térmicamente no fueron contabilizados ya que los polifenoles presentes en los granos expandidos debieron encontrarse también en los granos sin expandir. Suponemos que no se logró una extracción eficiente del contenido total de polifenoles en los granos sin tratar pues la presencia del pericarpio del grano no permitió que el solvente utilizado para la extracción de polifenoles (metanol), interactuara con los compuestos fenólicos presentes en el interior de dichos granos subestimando así su contenido real. En los granos tratados térmicamente se obtuvo un valor superior de polifenoles; en dichos granos el pericarpio se encuentra incompleto y el contenido del grano entra en contacto con el solvente facilitándose la extracción de los compuestos fenólicos presentes. Peñate y col. (1995), evaluaron el contenido de polifenoles en granos de amaranto de color negro y blanco encontrando valores polifenoles de 0,04 % y 0,15 % respectivamente siendo estos coincidentes con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Es de hacer notar que el contenido de polifenoles tiene efectos importantes como antioxidantes, antimutagénicos y secuestradores de radicales libres pero a la vez presentan capacidad para unirse y precipitar las proteínas reduciendo su digestibilidad y están asociados a una mayor excreción de grasa. Estas propiedades pueden ser poco significativas nutricionalmente.

Cuadro 5. Análisis fisicoquímicos realizados a las muestras de granos de amaranto sin tratamiento y con tratamiento térmico

Análisis	Granos ST	TT
pH	6,87±0,01 ^a	6,38±0,01 ^b
Acidez (% H ₂ SO ₄)	0,10±0,001 ^a	0,08±0,006 ^b
a _w	0,59±0,004 ^a	0,08±0,003 ^b
Densidad (g/ml)	0,85±0,01 ^a	0,37±0,01 ^b
L*	19,64±1,18 ^b	25,37±0,47 ^a
a*	3,21±0,31 ^a	2,22±0,16 ^b
b*	7,21±0,77 ^a	6,97±0,30 ^b

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$)

-Al evaluar los valores de pH entre los granos de amaranto sin tratamiento térmico y los granos expandidos observamos que aun cuando los valores obtenidos para ambas muestras son similares el estadístico aplicado arrojó que existe diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre dichos valores, pudiéndose evidenciar que el tratamiento térmico realizado produce cambios considerables en el pH de los granos de amaranto. Según Pérez (2010), los valores de pH en granos de amaranto se encuentran entre 6 y 7, valores que coinciden con los determinados para los granos sin tratamiento térmico y expandidos en el presente trabajo, estos valores permiten indicar que las muestras empleadas para este estudio fueron almacenadas y/o conservadas bajo condiciones apropiadas de humedad y temperatura, por cuanto no presentaron indicios de fermentación.

-En cuanto a la acidez titulable expresada como miliequivalentes de ácido sulfúrico encontramos valores entre 0,08 % para los granos sin tratamiento y 0,1 % para granos expandidos, diferencia ($p \leq 0,05$) que puede deberse a la mayor exposición del contenido interno de los granos cuando estos son tratados térmicamente pues en dicho proceso ocurre la ruptura del pericarpio de los granos (capa externa del grano). Pérez (2010) reportó valores de acidez en harina de granos de amaranto de 0,07% reportados en ácido sulfúrico, valores similares a los aquí reportados. La determinación de pH y acidez nos permite tener una idea de los niveles de estabilidad fisicoquímica y microbiológica de los granos. El deterioro de los granos y productos de molienda va acompañado de un incremento de la acidez por la producción de ácidos volátiles en la fermentación. En el caso de los granos de amaranto estudiados, se obtuvo valores estándar de acidez y pH y no hay muestras de deterioro de los mismos.

-En cuanto a la actividad de agua (a_w) en los granos de amaranto sin tratamiento y tratamiento térmico observamos una disminución ($p \leq 0,05$) del agua disponible al realizar el expandido del grano, encontrando que la a_w para los granos sin aplicar dicho tratamiento fue de 0,59 y para los granos expandidos el agua disponible disminuyó casi en su totalidad hasta valores de a_w de 0,08. Dicha disminución de humedad se produce porque al aplicar el tratamiento térmico, ocurre la evaporación del agua disponible para procesos metabólicos en microorganismos, reduciéndose considerablemente las posibilidades de que los granos a los que se le realizó el tratamiento térmico sufran de infestación de microorganismos, no obstante es importante no dejar de lado que pudiera ser posible que ocurra una oxidación de los lípidos, aun cuando los contenidos de este constituyente son inferiores al 5% (**Cuadro 1**); conocimiento que permite indicar que los granos expandidos deben ser almacenados bajo condiciones de oxígeno y temperaturas controladas (inferiores a 30°C).

-Al realizar la determinación de densidad de los granos sin tratamiento (ST) y expandidos (TT), encontramos que dicho valor disminuye al realizar el tratamiento térmico. La densidad para los granos sin expandir fue de 0,85 g/ml y para los granos expandidos dicho valor se redujo a 0,37 g/ml. Al realizar el tratamiento térmico se reduce la densidad del amaranto y se produce un aumento del volumen de cada grano hasta en un 300 %, ocupando un volumen superior que los granos sin expandir para un peso similar. Lo que se pudo evidenciar al momento de elaborar las barras, lo cual podría ser beneficioso o no dependiendo del objetivo que se desee con dicho producto. Estos valores nos permiten inferir que al almacenar o envasar granos expandidos o productos que los contengan, se requerirán volúmenes superiores que para el mismo peso de granos sin tratar térmicamente pues son más densos y ocupan volúmenes inferiores.

-En cuanto a las coordenadas de color, los granos sin expandir presentaron una tendencia hacia colores oscuros como el negro ya que los valores de L^* se encuentran cercanos a 20. Los granos expandidos también presentaron tendencia hacia colores oscuros pero con menor intensidad que los granos sin expandir arrojando valores de L superiores, alrededor de 25. Dichas diferencias en cuanto a la luminosidad son apreciables a la vista, observándose los granos expandidos más claros con tendencia al marrón. Al realizar el proceso de expansión se expone parte del contenido interno de los granos observándose estos menos oscuros.

Los valores de a^* y b^* representan las coordenadas de cromaticidad, donde hay valores en una coordenada pasando por cero; en el caso de a^* , los valores positivos indican rojo. En los granos sin expandir encontramos valores de a^* (3,21) positivos, lo que indica que los granos presentan una ligera tendencia al rojo o al violeta. En los granos expandidos los valores de a^* son ligeramente menores (2,22), pero de igual manera positivos, lo que nos muestra una ligera tendencia hacia el rojo o violeta pero con menor intensidad que con los granos sin expandir. Esta disminución se debe a la ruptura y pérdida de parte del pericarpio del grano, capa que otorga dichas coloraciones violetas. En los granos sin expandir y expandidos obtenemos valores de b^* positivos cercanos a 7, valores que indican cierta coloración amarilla.

V.2. Selección de la barra preferida

Una vez evaluados los atributos apariencia, textura y sabor de las seis (6) formulaciones de barras energéticas presentadas, los panelistas indicaron su preferencia por cada una de estas, con lo que se permitió construir los resultados que se presentan en el **Cuadro 6**.

Cuadro 6. Evaluación sensorial 1

Formulación	Código	% preferencia
F1	7241	3
F2	2406	13
F3	1924	34
F4	0591	34
F5	5866	10
F6	3114	6

Los resultados mostrados (**Cuadro 6**), indicaron que los panelistas tenían preferencia con un 34% por las formulaciones 3 y 4 (F3 y F4), formulaciones que de acuerdo a lo presentado en el Cuadro 1, varían completamente en su composición, pudiendo resaltar que uno de los efectos que quizás pudo favorecer la preferencia por ambas ha sido la similitud en cuanto a sabor, puesto que para el caso de la F3 se presentaba una muestra un poco más fuerte en sabor por efecto del contenido de amaranto y de chocolate oscuro (75%), sin embargo la misma contenía un contenido de miel de 26% en base al peso total, lo cual repercutía en obtener una barra con un ligero sabor dulce agradable; por su parte F4 contenía menor contenido de amaranto y chocolate oscuro (75%) pero a su vez contenía una proporción de miel de 21% aunado a contenido de frutos deshidratados

(piña y cambur) de 40% en base a su composición total, lo que favorecía entonces esa misma presencia agradable de mezcla de sabores.

En base a estos resultados (**Cuadro 6**) se realizó una segunda evaluación sensorial, con un panel no entrenado de 30 personas, a fin de conocer exactamente cuál de las dos formulaciones (F3 y F4) era realmente la preferida. Los resultados obtenidos se presentan en el **Cuadro 7**, obteniendo para este caso que la barra energética preferida fue la elaborada con la F3.

Cuadro 7. Evaluación sensorial 2

Formulación	Código	% preferencia
F3	7923	73
F4	8510	27

Al evaluar la barra preferida (F3) en los atributos de apariencia, textura y sabor en una escala hedónica del 1 al 9, se encontró que para el atributo apariencia, un porcentaje de 33,3 % de las personas que integraban el panel, ni les gustaba ni les disgustaba la apariencia del producto, a un 30 % le gustaba ligeramente y a un 23,3 % le gustó moderadamente, por otro lado a un 13,3 % le disgustó la apariencia de la barra. Estos resultados muestran que en cuanto al atributo apariencia hubo opiniones diversas, hecho que se pudo ver influenciado por la coloración típica de esta barra en base a las coordenadas de luminosidad (L^*) de los granos expandidos (**Cuadro 5**) el cual fue de 25,37 lo que indica una intensa tonalidad hacia colores negros, la misma que una vez con la presencia de chocolate oscuro (75%) obtiene también ciertas coloraciones marrones. En este punto se hace importante resaltar que el presentado de alimentos con este tipo de coloraciones causa subjetividad, dado que no es común el consumo de una barra energética con coloraciones tan oscuras, ya que generalmente las barras son elaboradas a partir de cereales (maíz, arroz, avena) y frutos secos (maní, almendras, merey, pistacho, nueces) los cuales tienden a tener una coloración en base a su luminosidad (L^*) superiores a 60, es decir tonalidades claras. En el atributo textura encontramos que el producto tuvo mayor aceptación, encontrando que a un 40 % de los panelistas le gustó moderadamente la textura de la barra, a un 33,3 % le gustó mucho y a un 23,3 % le gustó ligeramente; solo un 3,3 % se mostró neutro. En este punto resalta, que aun cuando la textura de la barra podría haberse mejorado con la utilización de granos sin tratamiento,

los mismos representan una sensación de arenosidad en la boca al ser masticados, lo cual tiende a no ser apetecible por los consumidores. En cuanto al atributo sabor se tuvo la mayor aceptación en donde a un 36,7 % de los panelistas le gustó mucho el sabor de la barra, a un 33,3 % le gusto moderadamente y a un 30 % le gustó ligeramente, no encontrando opiniones negativas con respecto a este atributo, esto concuerda con lo descrito inicialmente en base a los ingredientes empleados en la formulación preferida. El **Cuadro 8**, resume los resultados de aceptación de atributos para la barra preferida.

Cuadro 8. Valores de aceptación de los atributos apariencia, textura y sabor en la evaluación sensorial 2 en una escala del 1 al 9.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
%apariencia	-	-	3,3	10	33,3	30	23,3	-	-
% textura	-	-	-	-	3,3	23,3	40	33,3	-
% sabor	-	-	-	-	-	30	33,3	36,7	-

V.3. Caracterización proximal, química y fisicoquímica de la barra preferida

A continuación se muestran en el **Cuadro 9** los resultados del análisis proximal realizado a la barra preferida (F3).

Cuadro 9. Análisis proximal (% base seca), de la barra preferida (F3).

Barra preferida	
Humedad	5,85±0,14
Proteína cruda	10,34±0,13
Grasa cruda	12,13±0,40
Carbohidratos_{dife}	69,03±0,55
Cenizas_{totales}	2,65±0,02

Los resultados son producto de análisis realizados por triplicado (n=3) ± la desviación estándar.

-Al evaluar el contenido de humedad de la barra energética preferida, observamos que dicho contenido es bajo, encontrándose por debajo del 6%. Lo cual pudo verse influenciado porque las barras una vez preparadas fueron sometidas a un proceso de deshidratación por 24 horas a 45° C en el cual es eliminada la mayor cantidad de agua presente inicialmente la cual proviene principalmente de la miel cuyo contenido de humedad se encuentra entre el 13 y 17 % (COVENIN 2136-84) y de la glicerina añadida, 85 % (FEDNA 2012). El amaranto expandido, frutas deshidratadas y el chocolate oscuro (75%), presentan contenidos bajos de humedad y su aporte de agua en la barra energética es despreciable. Ochoa (2012), reportó valores de humedad para barras energéticas a base de quinua y amaranto de 8,5 % y 7,3 % respectivamente, valores superiores a los determinados en nuestra barra. El contenido de humedad encontrado en las principales marcas comerciales de barras energéticas (Aptonia, Energy Cake, Enervit, y Power Bar) varía entre el 5 y el 11 %. El bajo contenido de humedad de la barra energética realizada otorga estabilidad fisicoquímica y microbiológica a nuestro producto, provocando la reducción del agua disponible para actividad metabólica de microorganismos.

-El contenido de proteína cruda obtenido en la barra energética preferida se encuentra alrededor del 10 % valor aceptable para la categoría de barras energéticas (5 y 20%). El mayor aporte proteico en nuestra barra viene dado por los granos de amaranto los cuales

de acuerdo a lo mostrado en el **Cuadro 2**, contienen aproximadamente un 18 % de proteína. El chocolate añadido también genera un aporte considerable de proteínas, contenido que determinado previamente al chocolate oscuro (75%) reportó un valor de 10 % de proteína. El resto de ingredientes utilizados en la formulación no presentan una cantidad considerable de proteína por lo que su aporte proteico es bajo. Al revisar el contenido proteico de las principales barras energéticas disponibles en el mercado (Aptonia, Energy Cake, Enervit, y Power Bar), observamos que su contenido proteico varía del 4 al 15 % según el tipo de barra. Ochoa (2012), realizó la formulación de barras energéticas a base de quinua y amaranto cuyo contenido proteico era de 5,8 y 6,1 % respectivamente. El contenido de proteína de la barra energética realizada en nuestro estudio presenta un contenido que se ajusta a los valores proteicos para este tipo de productos, siendo una excelente fuente proteica considerando además la calidad de dicha proteína.

-El contenido de grasa cruda de la barra energética preferida es de 12 %. Dicho contenido que es alto, generando un aporte calórico importante en el producto realizado. El contenido de grasa cruda de nuestra barra energética viene dado en primer lugar por el chocolate oscuro (75 %), el cual presentó un 35 % de grasa cruda al analizarlo. Los granos de amaranto también aportan cierta cantidad de lípidos a nuestra barra pues contienen alrededor de 5 % de grasa cruda. El resto de ingredientes no producen un aporte apreciable de grasa. El contenido de lípidos determinado en nuestra barra energética parece alto, pero al compararlo con el contenido de grasa de diversas barras energéticas encontradas en el mercado (Aptonia, Energy Cake, Enervit, y Power Bar), observamos que algunos de estos productos superan en contenido de grasa a nuestro producto. La marca Power Bar es la única que presenta valores inferiores de grasa respecto a nuestra barra (4 %), el resto de marcas consultadas (Aptonia, Energy Cake y Enervit), presentan contenidos de grasa cruda que varían entre 18 y 22 %. Ochoa (2012), reportó de igual manera valores de grasa cruda superiores a los determinados en nuestro producto para barras de quinua y amaranto de 16,4 y 19,4 % respectivamente. El contenido lípidos es importante en este tipo de productos pues deben generar un importante aporte energético. Lo significativo de este aporte de grasa vendría a relacionarse con el perfil de ácidos grasos que las mismas posean, a fin de poder determinar si su consumo es beneficioso o por el contrario no lo es.

-Al realizar el perfil de ácidos grasos a partir del extracto lipídico de la barra energética preferida, se encontró que la misma presentó un 58 % de ácidos grasos saturados entre los que destacan el ácido palmítico con 24,65 % y el ácido esteárico con 32,45 % aproximadamente; Se encontró en dicha barra un 35 % de ácido oleico (omega 9), que es un ácido graso monoinsaturado típico de los aceites vegetales como el de oliva. En dicha muestra se encontraron ácidos grasos poliinsaturados en una proporción de aproximadamente 6%. El **Cuadro 10**, muestra el perfil de ácidos grasos obtenidos para la barra energética preferida.

Cuadro 10. Perfil de ácidos grasos de la barra energética preferida

Ácido graso (FAME)	Nombre	% de ácidos grasos en B.E.
C14:0	Mirístico	0,038
C15:0	Pentadecanóico	0,015
C16:0	Palmítico	24,65
C16:1 (cis-9)	Palmitoléico	0,13
C17:0	Margárico	0,12
C17:1 (cis-10)	Heptadecenoico	0,061
C18:0	Estearico	32,45
C18:1 (cis-9)	Oléico (omega 9)	34,94
C18:2 (cis-9,12)	Linoléico (omega 6)	5,74
C20:0	Eicosanóico	0,92
C21:0	Heneicosanoico	0,016
C22:0	Behénico	0,18
C23:0	Tricosanoico	0,025
C24:0	lignocérico	0,25
C20:5 (cis-5,8,11,14,17)	Eicosapentanoico	0,005
C22:6 (cis-4,7,10,13,16,19)	Decosahexanoico(DHA)	0,007
C24:1(cis-15)	Nervónico	0,0054
Otros ácidos grasos		0,4676
Total		100,00

La barra energética preferida mostró una alta proporción de ácidos grasos saturados porque la mayor cantidad de grasa presente en dicho producto proviene principalmente del chocolate. Uruga (2001), menciona que el chocolate oscuro presenta aproximadamente un 60 % de sus grasas saturadas, 30 % de lípidos monoinsaturados y

entre 4 y 10 % de polinsaturadas. Salinas (2012), por otro lado presentó resultados similares para barras de chocolate de taza en donde el 63 % de los ácidos grasos eran saturados, 33,20 % monoinsaturados y 4 % polinsaturados. La barra energética presenta una importante cantidad de ácidos grasos monoinsaturados que pudieran provenir del

Cuadro 11. Porcentajes de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados del extracto lipídico de la barra preferida.

Ácidos grasos	% en B.E.
Saturados	58,61
Monoinsaturados	35,14
Polinsaturados	5,76

chocolate y los granos de amaranto así como un 3 % de ácidos grasos poliinsaturados que pudieran provenir en este caso de los granos TT (expandidos) y en menor grado del chocolate. La presencia de ácidos grasos poliinsaturados en la barra energética preferida generan un aporte a los consumidores del producto de los mencionados ácidos grasos poliinsaturados que son esenciales para el buen desempeño de nuestro organismo, generando mejoras a las condiciones nutricionales de la barra. La presencia de ácidos grasos saturados y monoinsaturados generan un importante aporte calórico necesario para personas con altas exigencias energéticas en momentos oportunos.

-El porcentaje de carbohidratos por diferencia de la barra energética preferida arrojó valores alrededor del 70 %. El aporte de carbohidratos en nuestro producto viene dado principalmente por la miel, los granos de amaranto, el chocolate y en menor grado por los frutos secos. Los valores de carbohidratos encontrados coinciden con los de las barras energéticas comerciales. Ochoa (2012), reporta contenidos inferiores de estos compuestos (60 %). Los carbohidratos en nuestra barra energética generan el mayor aporte calórico, proviniendo en gran medida de los granos de amaranto. Porr (2009) indica que los carbohidratos aportados por dichos granos son de fácil digestión, siendo una fuente de energía óptima para deportistas. El alto contenido de carbohidratos en la barra energética realizada en el presente estudio garantiza un aporte contundente de energía fácilmente metabolizable y utilizable durante regímenes intensos de esfuerzo físico.

-Al determinar el contenido de azúcares de la barra energética preferida, se observa que el contenido de azúcares reductores como fructosa y glucosa es alto al igual que el disacárido sacarosa que es un azúcar no reductor. El **Cuadro 12**, presenta los resultados obtenidos para esta determinación.

Cuadro 12. Contenido de azúcares en barra preferida (determinados por HPLC)

	%Fructosa	%Glucosa	%Sacarosa
Barra	9,88±0,08	11,76±0,03	9,92±0,04

Estos tres azúcares cuantificados en nuestra barra energética no provienen de los granos de amaranto utilizados si no de la miel, chocolate y frutas deshidratadas utilizadas en la formulación. Según reporta Ulloa y col. (2007), los principales azúcares presentes en la miel son los monosacáridos fructosa y glucosa. Estos azúcares simples representan el 85% de sus sólidos, ya que la miel es esencialmente una solución altamente concentrada de azúcares en agua. Los otros sólidos de la miel incluyen a otros azúcares complejos entre los que se encuentra la sacarosa en menores cantidades. Algunas de las mieles que se comercializan presentan mayores concentraciones de sacarosa pues se la añaden para aumentar su rendimiento. La miel es el ingrediente en nuestra formulación que mayor aporte realiza de azúcares sobretodo de los monosacáridos fructosa y glucosa. El chocolate de forma natural no presenta gran cantidad de azúcares pero se le añade sacarosa en su formulación para aumentar su dulzor, por lo tanto el chocolate añadido proporciona podría estar aportando un alto valor de este disacárido en la barra preferida como lo indica Arpide (2008), el chocolate oscuro presenta un 29 % de azúcar. Por último, los frutos secos (piña y cambur), presentan en su mayoría monosacáridos como glucosa y fructosa y bajas concentraciones de sacarosa por lo que su aporte principal es de glucosa y fructosa en la barra energética. Vale destacar que la glucosa, fructosa y sacarosa son azúcares de rápida absorción, y al estar presentes en alta proporción en la barra energética formulada, provocan un rápido suministro de energía al ingerir la barra.

-En cuanto al contenido de cenizas se obtuvo un valor de 2,6 %. Valor que es significativamente más bajo que el hallados para los granos TT (expandidos) (**Cuadro 2**). El mayor aporte de cenizas y por ende de sales minerales y sustancias inorgánicas proviene de los granos de amaranto y los frutos secos, el resto de ingredientes presentes

en la formulación no realizan un aporte considerable de estos compuestos pues en su mayoría se componen de hidratos de carbono y sustancias orgánicas. El contenido de cenizas en las barras energéticas comerciales presenta valores similares a los presentados en este estudio. Ochoa (2012), presentó valores de cenizas para barras de quinua y amaranto del 2 %, valor inferior al determinado en el presente estudio.

-Los resultados obtenidos en la determinación de polifenoles para la barra energética preferida se muestran en el **Cuadro 13**, apreciándose que la barra preferida resultó tener un mayor contenido de polifenoles que los granos tratados térmicamente utilizados en la formulación.

Cuadro 13. Contenido de Polifenoles en barra preferida.

Muestra	% p/p Polifenoles
Barra preferida	0,407±0,28

Este resultado hace suponer que el contenido total de polifenoles en la barra preferida no proviene únicamente de los granos tratados térmicamente si no que existe otro ingrediente en nuestra formulación que aporta una cantidad considerable de polifenoles. El otro ingrediente presente en la formulación que contiene una cantidad apreciable de compuestos fenólicos y que contribuyó al aumento del porcentaje de polifenoles en nuestro producto es el chocolate utilizado. Fernández (2014), indica que el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante de los chocolates es mayor a medida que se incrementa el contenido de sólidos de cacao presente en el mismo. En la formulación de nuestra barra energética se utilizó chocolate oscuro (75 %), el cual contiene un alto porcentaje de sólidos de cacao aportando una considerable cantidad de polifenoles a nuestro producto, esto explica el alto contenido de compuestos fenólicos presentes en nuestra barra energética.

V.4. Estudio de estabilidad fisicoquímica, cinética de pérdida de peso y microbiológica de la barra preferida a temperatura ambiente (25°C) y 45°C

Cuadro 14. Estudio de estabilidad fisicoquímica de las barras a temperatura ambiente y a 45°C durante 21 días.

	0 días		7 días		14 días		21 días	
	25°C	45°C	25°C	45°C	25°C	45°C	25°C	45°C
Humedad	5,85±0,25 ^a	5,85±0,25 ^a	6,06±0,03 ^a	4,22±0,57 ^b	6,10±0,05 ^a	4,20±0,12 ^b	6,13±0,03 ^a	4,16±0,03 ^b
<i>a_w</i>	0,41±0,00 ^d	0,41±0,00 ^d	0,42±0,00 ^c	0,39±0,00 ^e	0,44±0,00 ^b	0,39±0,00 ^f	0,45±0,0 ^a	0,39±0,00 ^f
pH	5,11±0,01 ^e	5,11±0,01 ^e	5,13±0,02 ^{de}	5,14±0,02 ^d	5,18±0,01 ^c	5,22±0,01 ^b	5,20±0,01 ^b	5,27±0,01 ^a
Acidez	0,87±0,01 ^a	0,87±0,01 ^a	0,86±0,02 ^{ab}	0,85±0,02 ^{bc}	0,83±0,01 ^d	0,85±0,01 ^{bc}	0,84±0,01 ^{cd}	0,85±0,01 ^{bc}

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$)

El **Cuadro 14**, muestran los resultados del estudio de estabilidad fisicoquímica realizado a las barras durante 21 días empaquetadas y almacenadas a temperatura ambiente y a 45°C (en estufa). Los resultados obtenidos luego de evaluar cada 7 días los parámetros de humedad, actividad de agua, pH, acidez y pérdida de peso en las barras almacenadas permitieron observar que existe diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) para la cinética de cambio de dichos parámetros en las barras energéticas en distintas condiciones de almacenamiento en el transcurso de 21 días.

-Los resultados de actividad de agua en las barras almacenadas a temperatura ambiente son coherentes con los obtenidos en la humedad. A medida que transcurre el estudio de estabilidad se genera un aumento de la actividad de agua del producto, aumentando la cantidad de agua disponible para procesos metabólicos en microorganismos. De manera contraria en las barras almacenadas a 45°C se produjo un descenso progresivo de la actividad de agua a lo largo del estudio, resultado que coincide con la disminución de la humedad a lo largo del estudio de estabilidad en barras almacenada en condiciones extremas.

-El pH de las barras energéticas inicial es bajo y contiene un porcentaje importante de acidez como se observa en el **Cuadro 14**. La presencia de un alto contenido de ácidos orgánicos en nuestro producto dificulta la proliferación y supervivencia de microorganismos. Al evaluar el pH y acidez en las barras almacenadas tanto a

temperatura ambiente como en condiciones extremas, notamos que se produce un leve incremento del pH a medida que transcurre el estudio de estabilidad y un descenso mínimo de la acidez del producto.

-La humedad de las barras almacenadas a temperatura ambiente, mostró que existe un incremento en el porcentaje de humedad a medida que transcurre el tiempo. Las barras inicialmente se encuentran parcialmente deshidratadas por lo que si se almacenan en un ambiente con una humedad relativa superior a la de las barras, estas son capaces de absorber humedad del ambiente aumentando su porcentaje de humedad. Las barras fueron empaquetadas de manera artesanal, utilizando papel parafinado, y posteriormente papel de aluminio, para el caso de las barras almacenadas a temperatura ambiente se procedió a guardarlas en bolsas de polipropileno (ziploc); no obstante, dicho empaque no fue capaz de aislar completamente nuestro producto de la humedad relativa del ambiente, ocasionando así un incremento del porcentaje de humedad en las barras almacenadas a temperatura ambiente. Este aumento progresivo de la humedad se pudiese evitar utilizando un empaque especializado para este tipo de productos como lo es el empaque al vacío. Por el contrario las barras almacenadas en condiciones extremas (45°C), presentaron una disminución progresiva de la humedad a lo largo del estudio. Dicha pérdida se debe a la temperatura de almacenamiento y la baja humedad relativa de dicho ambiente que ocasionó la evaporación parcial de dicho contenido, así como la incapacidad del empaque realizado para mantener las condiciones originales del producto.

En las barras energéticas almacenadas a temperatura ambiente se produjo un incremento de su peso en algunos miligramos. Este aumento de la masa se debe al incremento del contenido de humedad que sufrieron las barras energéticas almacenadas a temperatura ambiente a lo largo del estudio de estabilidad. De manera contraria las barras almacenadas a 45°C disminuyeron su peso progresivamente a lo largo del estudio de estabilidad. Dicha disminución está relacionada con la pérdida de humedad ocasionada durante el almacenamiento en condiciones extremas. El **Cuadro 15**, muestra los resultados obtenidos para este parámetro.

Cuadro 15. Variación de peso de las barras en almacenamiento a temperatura ambiente y a 45°C por 21 días

	0 días		7 días		14 días		21 días	
	25°C	45°C	25°C	45°C	25°C	45°C	25°C	45°C
Peso	19,5418	23,4732	19,5422	23,4590	19,5455	23,4252	19,5466	23,4239
Variación	0	0	0,0004	-0,0142	0,0037	-0,048	0,0048	-0,0493
% de variación	0	0	0,002	-0,061	0,019	-0,205	0,025	-0,211

Estas pérdidas y ganancias de peso en ambas condiciones de almacenamiento se podrían evitar realizando un empaquetado de las barras energéticas que evite la interacción del producto con el exterior como podría ser un empaquetado al vacío, evitando así ganancias y pérdidas de peso en distintas condiciones de almacenamiento, logrando de esta forma, mantener las condiciones originales del producto.

-En cuanto a la cuantificación de aerobios mesófilos y mohos y levaduras se realizó utilizando el método de placas con películas secas rehidratables (Petrifilm), según las especificaciones de la norma COVENIN 3338:1997. Como no existe una norma venezolana específica que indique los límites microbiológicos para el tipo de productos realizado (barras energéticas), se utilizó la norma COVENIN 1483:2001 para galletas. Los límites que se establecen en esta norma para galletas rellenas o cubiertas con chocolate indica un título (UFC/g) máximo para aerobios mesófilos de 1×10^5 UFC/g. Para mohos y levaduras dicha norma indica valores máximos en el orden de 1×10^3 UFC/g. El **Cuadro 16**, presenta los resultados del estudio de estabilidad microbiológica de la barra preferida.

Cuadro 16. Resultados de estudio de estabilidad microbiológica (aerobios mesófilos, mohos y levaduras), en 21 días a temperatura ambiente (25°C) y 45°C.

Días de estudio	Título de aerobios mesófilos (T. amb.)	Título de mohos y levaduras (t. amb.)	Título de aerobios mesófilos (45°C)	Título de mohos y levaduras (45°C)
0	> 250 UFC/g	> 250 UFC/g	> 250 UFC/g	> 250 UFC/g
7	$2,5 \times 10^3$ UFC/g	$1,8 \times 10^2$ UFC/g	$3,3 \times 10^3$ UFC/g	$1,6 \times 10^2$ UFC/g
14	$2,7 \times 10^4$ UFC/g	$2,6 \times 10^2$ UFC/g	$2,9 \times 10^4$ UFC/g	$2,4 \times 10^2$ UFC/g
21	$3,4 \times 10^4$ UFC/g	3×10^2 UFC/g	$4,1 \times 10^4$ UFC/g	$3,2 \times 10^2$ UFC/g

Al realizar el estudio de estabilidad microbiológica en nuestras barras energéticas en condiciones de anaquel y en condiciones extremas durante 21 días, observamos que

tanto para aerobios mesófilos como para mohos y levaduras, los títulos de dichos microorganismos permanecen dentro de los límites establecidos por la norma COVENIN 1483:2001 para galletas. Se observa un aumento progresivo del número de aerobios mesófilos a lo largo del estudio tanto en condiciones de temperatura ambiente como a 45°C, pero sin sobrepasar los límites permitidos según la norma para este tipo de alimento. De igual manera se presentó un aumento progresivo en el título de mohos y levaduras en las barras energéticas a lo largo del estudio pero siempre dentro de los límites establecidos por la norma citada. Eskin y Robinson (2001) indican que el recuento de bacterias, mohos y levaduras reflejan la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación y las condiciones higiénicas de la materia prima. Un recuento bajo de aerobios mesófilos no implica o no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera un recuento elevado no significa presencia de flora patógena pero si implica el deterioro del alimento. Salvo en alimentos obtenidos por fermentación, no son recomendables recuentos elevados de estos microorganismos.

V.5. Valor calórico, ingesta diaria y rotulado de la barra la formulación preferida

-El valor calórico de la formulación preferida para 24 g de muestra lista para consumo, es decir tomando en cuenta las proporciones presentadas en el **Cuadro 9**, permitieron indicar lo representado en el **Cuadro 17**.

Cuadro 17. Valor calórico para una porción de barra energética de 24 gramos

	24 g barra aporta	Calorías/gramos	Aporte calórico (Kcal)
Proteína cruda	2,59 g	4	10,36
Grasa cruda	3,08 g	9	27,70
Carbohidratos_{dife}	17,26 g	4	69,04
			107,10

Al determinar el valor calórico de la formulación preferida tomando en cuenta el aporte de calorías de carbohidratos, grasa y proteínas presentes en dicha formulación, observamos que por cada 24 g de producto, existe un aporte calórico de **107,10 Kcal**. El aporte calórico de las principales barras energética disponibles en el mercado (Aptonia, Energy Cake, Enervit, y Power Bar) varía entre 122 Kcal y 92 Kcal por cada 25 g de producto. Al

comparar el aporte calórico de nuestra barra con el de las disponibles en el mercado, se observa que dicho aporte entra en el intervalo calórico de los productos comercializados mostrado anteriormente, por lo que podemos afirmar que la barra energética formulada a base de amaranto es óptimo para ser utilizado por personas durante esfuerzos físicos intensos.

-Por otra parte al determinar la ingesta diaria recomendada en base a una porción de 24 gramos de la barra energética se obtendría lo presentado en el **Cuadro 18**, a partir de lo

Cuadro 18. Ingesta diaria recomendada (IRD) de una porción de 25 gramos de barra

	24 g barra aporta	Factor	IRD real	IRD a declarar
Calorías	107,10	2000	5,35	5
Proteína cruda	2,59 g	50	5,18	5
Grasa cruda	3,08 g	65	4,74	5
Carbohidratos	17,26 g	300	5,87	6

cual se puede resaltar que 24 gramos de barra energética proporcionan al consumidor el 5 % de los macronutrientes (proteína, grasa y carbohidratos) necesarios diariamente para garantizar una buena nutrición en adultos. En otras palabras, una barra energética proporciona una generosa dosis de nutrientes que mantendría al organismo con niveles adecuados de los mismos garantizando el buen funcionamiento del cuerpo en condiciones de esfuerzo de manera rápida y práctica.

-Con base en la información antes presentada y considerando que las barras energéticas comerciales se comercializan en una presentación de 2 barras por empaque de aproximadamente 24 ó 30 gramos cada una, la **Figura 6**, presenta el rotulado nutricional de un empaque de 2 barras energéticas a base de amaranto.

Información Nutricional	IRD*		IRD*	
	24 g	100 g	24 g	100 g
Ración: 24 g				
Ración por empaque: 2				
Calorías por ración: 107,10 Kcal				
*Basado en una dieta de 2000 Kcal				
	<hr/>		<hr/>	
Carboh. Totales 17,26 g	6	25,0	Grasa Total 3,08 g	5 25,0
Carbohidratos 12,1 g	4	16,7	Grasa Saturadas 1,8 g	3 16,7
Azúcares 5,16 g	0	7,2	Grasa monoinsat 1,08 g	2 7,2
			Grasa poliinsat 0,18 g	0 0
Proteína 2,59 g	5	20,83		
	<hr/>		<hr/>	

Figura 6. Rotulado nutricional para la barra energética de amaranto

VI. Conclusiones

-Los estudios permiten comprobar que existe la posibilidad de elaboración de barras energéticas a partir del uso de granos de amaranto cultivados en la región de Galipán, Edo. Vargas, como fuente proteica.

-Los granos de amaranto cultivados en la zona de estudio representan al igual que los granos disponibles comercialmente (p.e México), contenidos de proteína característicos de materias primas aprovechables como fuente proteica de alimentación, lo cual adicionalmente al significativo contenido de ácidos grasos esenciales poliinsaturados y alto contenido de carbohidratos permite sugerir su uso como grano natural o tratado térmicamente para la elaboración de diferentes alimentos dirigidos a consumidores sanos tradicionales como a personas con altos requerimientos energéticos y elevada actividad física.

-Las características nutricionales encontradas en los granos de amaranto tratados térmicamente (expandidos) permitieron la utilización de los mismos como base en la elaboración de barras energéticas, los cuales acompañados de chocolate oscuro, miel, piña y cambur deshidratados permitieron obtener una barra de 24 gramos.

-La barra energética de 24 gramos arrojó contenidos importantes de sacarosa, glucosa y fructosa, con un perfil de ácidos grasos rico en ácidos grasos saturados y monoinsaturados, aunque menor presencia de ácidos grasos poliinsaturados. Dado su aporte en polifenoles, la barra muestra la posibilidad de ser considerada como fuente de antioxidantes.

-El aporte calórico de la barra para 24 gramos se ubicó en 107,10 Kcal, resultados que permiten destacar que una porción de esta (24 gramos) es capaz de aportar el 5% de la ingesta diaria recomendada de proteína, carbohidratos y grasa.

-El estudio de estabilidad fisicoquímica y microbiológica de las barras energéticas durante 21 días, arrojó resultados aceptables y permitidos por las normas venezolanas por lo cual pueden considerarse higiénicamente aptas su comercialización, distribución y consumo.

VII. Referencias bibliográficas

- American Association of Cereal Chemist. (A.A.C.C). (1990). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, Methods No. 44-15A, 08-01, 46-13, 32-10, St Paul, MN, USA.
- AOAC. (1990). Official methods of analysis (13th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Arpide, L. (2008). El Chocolate y el Azúcar. Extraído el 28 de julio de 2015 desde <http://www.afuegolento.com/154/firmas/arpide/5708/el-chocolate-y-el-azucar>
- Avanza, M., Añón, M. (n.d.). *Propiedades funcionales de proteínas de amaranto. Capacidad de Gelificación*. Extraído el 28 de febrero de 2015 desde <http://www1.unne.edu.ar/cyt/2001/8-Exactas/E-045.pdf>.
- Betschart, A. A., Irving, D. W., Shepard, A. D., Saunders, R. M. (1981). Amaranthus cruentus: milling characteristics, distribution of nutrients within seed components and effect of temperature on nutritional quality. J. Food Sci. 46: 1181-1187.
- Belmar, R. (2001). Importancia de los factores antinutricionales en la alimentación de animales no rumiantes. En: Congreso de veterinaria. Universidad Autónoma de Yucatán; Facultad de Medicina Veterinaria Zootecnia. México.
- Bressani, R. The proteins of grain amaranth. (1989). Food Rev. Intl. 5: 13-38,.
- Bressani, R., Rodas B. (2007) Caracterización química y nutricional de variedades de grano de y algunas aplicaciones. Revista 16, Universidad del Valle de Guatemala.
- Calero, J.J., Pachala, A. (2.004) Tesis Evaluación Agronómica de Catorce Acciones de Amaranto (Amaranthus sp.) en la Localidad de Laguacoto II Provincia de Bolívar con Evaluación Participativa pp. 1, 2.
- Carmona., W. (2007). Las especies del género Amaranthus (Amaranthaceae) en Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ).
- Carpio, J. (2009). *Esstudio de factibilidad técnica para la producción de harina de amaranto (Amaranthus spp)*. Universidad del Salvador.
- Carrasco, E. (2010). Elaboración de barras energéticas a base de trigo rellenas con borjój. Tesis de licenciatura. Universidad de las Américas. Ecuador.

- Carrero, E., Bautista, L., Fonollá, J., Jiménez, J., López, E. (2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. Puleva Biotech, S. A. Granada. España.
- Chagaray, A. (2005). Estudio de Factibilidad del Cultivo del Amaranto. Dirección Provincial de Programación del Desarrollo, Ministerio de Producción y Desarrollo, Gobierno de la Provincia de Catamarca, pp 254.
- COVENIN. 1981. Norma 1787. Alimentos. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de acidez. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.
- COVENIN. 1982. Norma 612-82. Muestreo de Cereales-leguminosas-oleaginosas y productos derivados.. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.
- COVENIN. 1984. Norma 2136-84. Miel de abeja. Métodos de ensayo. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.
- COVENIN. 1985. Norma 30. Alimentos. Aceites vegetales comestibles. Norma general. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.
- COVENIN. 1997. Norma 3338. Alimentos. Recuento de Aerobios. Método en placas con películas secas rehidratables (Petrifilm). Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela. 2 p.
- COVENIN.1990. Norma 1337. Determinación y cuantificación de mohos y levaduras. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.
- COVENIN. 2001. Norma 1483. Galletas. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.
- Epstein, J., Morris, C., Huber, K. (2002). Instrumental texture of white salted noodles prepared from recombinant inbred lines of wheat differing in the three granule bound starch synthase (Waxy) genes. *Journal of Cereal Science*, 35: 51–63.
- Eskin, M.; Robinson, D. 2001. Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical and Microbiological Changes. CRC Series, Washington, D.C. Contemporary Food Science.
- FAO. (1997). Producción y Protección Vegetal N° 26. Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Roma, Italia 143-146.

- Fermín, G.A. (1994). Efecto del método de perlado en la elaboración de harinas blancas de amaranto (*A. cruentus* "k-112" y *A. cruentus* "1011") y en la calidad del pan trigo-amaranto. Tesis de Maestría. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- FEDNA 2012. Fundación Española para el Desarrollo Animal. Desde: <http://www.fundacionfedna.org/>
- Fernández, V., Yee, A., Sulbaran, B., Peña, J. (2014). Actividad antioxidante y contenido de polifenoles en chocolates comerciales venezolanos. Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias, Departamento de Química, Laboratorio de Alimentos. Maracaibo, Venezuela.
- Folch, J., Lees, M., Sloane, G. (1957). A simple methods for isolation and purification of total lipids from tissues. *Journal Biological Chemistry*. 226. Pp497-509.
- He, H. P., Corke, H. (2003). Oil and squalene in amaranthus grain and leaf. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 7913-7920.
- Hernández, R., Herrerías, G. (1998). Amaranto: Historia y promesa. *Tehuacán: Horizonte del Tiempo*, 1, 529-545.
- Herrera, M., Salvador, L., Gutiérrez, R., Fernández, B., González G. (2007). Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: Nutrición, Bioquímica y Salud. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Herrera, S., Montenegro, A. (2012). El Amaranto: prodigioso alimento para la longevidad y la vida. Universidad de Especialidades Turísticas. Mexico.
- Hsua, C.-L., Wenlung, C., Menga, W.-Y., Tsenga, C.-Y. (2003). Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. *Food Chem*. 83: 85-92.
- Juarez, M., Olano, A. & Morais, F. 2005. Alimentos funcionales. Madrid España. p. 173- 179
- Kauffman, C., Weber, L. (1990). *Advances in new crops: Grain amaranth*. Portland, Estados Unidos: Timber Press.
- Lefcowitz, E. (2006). A brief history of Space Food Sticks. Desde <http://www.spacefoodsticks.com/history.html>.
- López, E. (2008). *El Amaranto, un superalimento*. Extraído el 28 de noviembre de 2014 desde http://www.visionchamanica.com/alimentacion_sana/Amaranto.htm.

- Mapes, C.; Caballero, J.; Espitia, E. y Bye, R. (1996). Morphophysiological variation in some Mexican species of vegetable *Amaranthus*: Evolutionary tendencies under domestication. *Journal of Genetic Resources and Crop Evolution*, 43: 283-290.
- Mazón, E., Peralta, M., Riviera, S., Tapia, G. (2003). Catálogo del banco de germoplasma de amaranto (*Amaranthus* spp.) del INIAP – Ecuador. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Departamento Nacional de Recursos Filogenéticos y Biotecnología, Estación Experimental Santa Catalina Quito, Ecuador. 98 p.
- Monteros, C., Nieto, C., Caicedo, C., Rivera, M., Vimos, C. (1994). INIAP – ALEGRIA; Primera Variedad Mejorada de Amaranto para la Sierra Ecuatoriana. Boletín divulgativo N° 246. 24 p.
- Mujica, A., Berti, M., Izquierdo, J. (1997). El cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.): producción, mejoramiento genético y utilización. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, pp 121.
- Nieto, C. (1989) El Cultivo del Amaranto (*Amaranthus* spp.) Una alternativa Agronómica para Ecuador. Programa de Cultivos Andinos EESC. Quito, Ecuador. 24p.
- Nieto, C. (1990) Identificación de microcentros de variabilidad en quinua, amaranto y chocho en Ecuador INIAP, EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N° 52. Quito, Ecuador. Proyecto INIAP/IFAD/IPGRI. s.n.t. 15 p.
- Ochoa, L. (2012) Formulación y elaboración y control de calidad de barras energéticas a base de miel y avena para la empresa Apicare. Tesis de pregrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Paredes, L.O. (1994). *Amaranth. Biology, chemistry and technology* Boca Raton, EEUU: CRC Press.
- Paredes, O.; Barba, A.P.; Hernández, D. y Carabez, A. (1994). Amaranto. Características alimentarias y aprovechamiento agroindustrial. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C, pp 735.
- Peñate, M., Hernandez, M., Castilla, A., Sampere, E., Martin, M. (1995) Evaluación nutricional y toxicológica de dos variedades de amaranto de semillas de color negro (A. Uranguesis y A. Maurensis). *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. Cuba.

- Peralta, E., Villacrés, M. (2011) *Conceptos y parámetros de calidad para el grano de amaranto (Amaranthus spp)*. Programa nacional de leguminosas y granos andinos. Quito, Ecuador.
- Pérez, C., Luzuriaga, O. (2010) Caracterización de la harina de semillas de amaranto *Amaranthus Caudatus* para la elaboración de pan en mezclas con harina de trigo. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Central del Ecuador.
- Placentino, C. (2007). Barras de cereal: ¿Una opción saludable? Desde <http://www.quentinet.com.ar/barras-de-cereal-%C2%BFuna-opcion-saludable>.
- Porr M. (2009). "Amaranto: planta latinoamericana con fuerzas colosales." Proyecto El Pan Alegre, Cuba.
- Qureshi, A. A., Lehmann, J. W., Peterson, D. M. (1996). Amaranth and its oil inhibit cholesterol biosynthesis in 6-week-old female chickens. *Journal of Nutrition*, 126, 1972-1978.
- Richard, J; Labuza, T. (1990). Rapid determination of the water activity of some reference solutions, culture media and cheese using a new dew point apparatus. *Sciences des Aliments*, 10: 57-62.
- Rivillas, L., Soriano, M. (2005). Péptidos Antifúngicos Novedosos Aislados de las Semillas de *Amaranthus hypochondriacus*: Estrategia Emergente. VII congreso de nacional de ciencia de los alimentos y III foro de ciencia y tecnología de alimentos, Guanajuato, México: pp 346-350.
- Rodríguez, P. (1988). Evaluación de las características morfométricas del almidón de tres especies de amaranto granifero. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Rodríguez, P. (2010). Obtención de aislado proteico de amaranto (*Amaranthus spp*) y harina de plátano (*Musa sp*) para la elaboración de una mezcla deshidratada para bebidas instantáneas. Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Ruskin, F. (1984). *Amaranth: Modern prospects for an ancient crop*. Washington DC: National Academy Press.
- San Miguel. (2006). *Historia del Amaranto*. En página de San Miguel. http://sanmiguel.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=31. Sandbrook, J. y Russell (consulta: 1 de diciembre de 2014).

- Sánchez. C. (2000). "El Amaranto, planta originaria de México". Instituto de biología UNAM. México.
- Salinas, N., Bolívar, W. (2012). Ácidos grasos en chocolates venezolanos y sus análogos. Revista Venezolana de Nutrición. Caracas.
- Singleton, VL., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, RM. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the Folin–Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 299: 152 – 178.
- Smith, T. J. (2000). Squalene: Potential chemopreventive agent. *Expert Opinion on Investigational Drugs*, 9, 1841-1848.
- Soriano, M. (2006). *Novel method for preparing and stabilizing a nutritious amaranth product*. México.PA/a/2006/013015.
- Stallknecht, G.F., Schulz-Schaeffer, J.R. (1993). Amaranth rediscovered. *New crops*: 211- 218.
- Sumar Kalinowski, L. (1982). *Amaranthus caudatus El Pequeño Gigante*. (Tercer Congreso Internacional de Cultivos Andinos, La Paz) Universidad Nacional del Cusco, Centro de Investigaciones de Cultivos Andinos. Perú.
- Tapia, C. (2002). Identificación de microcentros de variabilidad en quinua, amarantho y chocho en Ecuador. Proyecto INIAP/IFAD/IPGRI. Ecuador.
- Tejera, J., Arenas, R. (2001). Guía para el cultivo y aprovechamiento del coime o amarantho: *Amaranthus caudatus* Linneo. *Serie Ciencia y Tecnología*, 86. Convenio Andrés Bello.
- Toricella, R.; Zamora, E; Pulido, H. 2007. Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de calidad en la industria alimentaria. Editorial universitaria. La Habana, Cuba, pp 357.
- Tortoe, C.; Johnson, P. y Nyarko, A. (2009). Effects of osmo-dehydration, blanching and semi-ripening on the viscoelastic, water activity and colorimetry properties of flour from three cultivars of plantain (*Musa AAB*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10: 82–86.
- Turner, L. (1999). Behind bars: energy snacks basics. *Better Nutrition*. Vol 61, N°9.
- USDA SR-21. (2008). United States Department of Agriculture, National Nutrient Database for Standard Reference, Release 21.
- Ulloa, A., Mondragon, P., Rodriguez, R. (2007). La miel de abeja y su importancia. Universidad Autónoma de Nayarit. Mexico.
- Uraga, C., Palomo, J. (2001). Las bebidas. Café, té y chocolate. Grupo

Quimesca - CEP de Málaga.

- Vele, G. (2000). Amaranto: símbolo de Inmortalidad. En página de Menssana www.menssana.com.ve/nutr_nat/amaranto.htm (consulta: 1 de diciembre de 2014).
- Vogel, A. I. (1960). Química Analítica Cuantitativa. Vol I. Buenos Aires, Argentina. Editorial Kapelusz.