

Physicochemical evaluation of cereal and seed mixtures used as soft drinks in Central America

Ever Adolfo Reyes-Puerto, MSc.¹, Fani Sofia Guardado-Sánchez, MSc.²

^{1,2}Northeastern Regional University Center, National Autonomous University of Honduras,

Research Institute of Applied Sciences and Technology (IICAT), Honduras, ever.reyes@unah.edu.hn,
fani.guardado@unah.edu.hn

Abstract- The objective was to formulate and characterize cereal mixtures and seeds (Jícaro and cocoa) used as soft drinks in Central America. The methodology consisted in the concoction of formulations; these were subjected to a sensory evaluation to determine the one with the highest acceptability and preference, then the products were elaborated, determining the performance through the application of mass balances; the granulometry of each cereal mixture in a set of ASTM sieves and the nutritional characterization according to the Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). The formulated mixtures presented high acceptability and preference by the evaluating panel. The granulometry results were 297.49 μm for the Jícaro seed, 227.74 μm for the Pinolillo, 222.84 μm for barley and 203.33 μm for the Policereal; Additionally, the Jícaro seed's yield was 84.18%, for Pinolillo was 78.65%, for barley was 84.07% and for policereal was 85.44%. The nutritional characteristics determined by the AOAC methods, the Pinolillo complies with the provisions of the Nicaraguan Mandatory Technical Standard, and for the rest of the products their values were similar to other cited reports. The characterized cereal mixtures are fundamental in the food and nutrition of the Central American consumer.

Keywords-- Cereal mixtures, granulometry, performance, formulation, soft drinks.

Evaluación fisicoquímica de mezclas de cereales y semillas utilizados como bebidas refrescantes en Centroamérica

Ever Adolfo Reyes-Puerto, MSc.¹, Fani Sofia Guardado-Sánchez, MSc.²

^{1,2}Centro Universitario Regional Nor Oriental, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Instituto de Investigación de Ciencias Aplicadas y Tecnológicas (IICAT), Honduras, ever.reyes@unah.edu.hn, fani.guardado@unah.edu.hn

Resumen— El objetivo de la investigación fue evaluar las características fisicoquímicas de mezclas de cereales y semillas (jícaro y cacao) que son utilizadas como bebidas refrescantes en Centroamérica. La metodología empleada consistió en la elaboración de formulaciones; estas se sometieron a una evaluación sensorial para determinar la fórmula de mayor aceptabilidad y preferencia, luego se procedió a la elaboración de los productos, determinando el rendimiento a través de la aplicación de balances de masa; la granulometría de cada mezcla de cereal en juego de tamices ASTM y la caracterización nutricional aplicando lo que establece la AOAC. Como resultados las mezclas formuladas presentaron alta aceptabilidad y preferencia por el panel evaluador. La granulometría fue de 297.49 μm para la semilla de Jícaro, 227.74 μm para el Pinolillo, 222.84 μm para la Cebada y 203.33 μm para el Policereal, el rendimiento de la semilla de jícaro fue de 84.18%, pinolillo 78.65%, cebada 84.07% y policereal de 85.44%. Para las características nutricionales determinadas por los métodos de la AOAC el Pinolillo cumple con las disposiciones de la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense y para el resto de los productos los valores son similares a otras investigaciones citadas. Las mezclas de cereales caracterizadas son fundamentales en la alimentación y nutrición del consumidor centroamericano.

Palabras clave-- Mezclas de cereales, granulometría, rendimiento, formulación, bebidas refrescantes.

I. INTRODUCCIÓN

La demanda de alimentos, nutritivos y seguros está creciendo en todo el mundo, y una ingesta equilibrada de alimentos es la forma correcta de prevenir o incluso remediar problemas de salud, como la obesidad, diabetes, desnutrición, cardiopatías y otros, que en gran medida se originan a partir de errores dietéticos [1].

Para Patra *et al.* [2] la dieta de la mayoría de las personas incluye mayoritariamente cereales y sus derivados como fuente principal de calorías y nutrientes, tanto en países en vías de desarrollo, así como en los desarrollados. Como una gran fuente de buenos macronutrientes y micronutrientes, además de tener una concentración significativa de fitoquímicos bioactivos que podrían poseer características que promueven la salud, los cereales son considerados como los componentes importantes de la dieta humana.

Para Chaquilla-Quilca *et al.* [3], los cereales son la fuente de energía y nutrientes más importante en la alimentación humana y animal, distinguiéndose entre ellos el trigo, del cual se obtiene harina como producto principal; salvado y germen como subproductos. Por esta razón, se puede aseverar que el maíz, trigo y arroz son los cereales que alimentan al mundo. Son éstos, en efecto, los que han venido a paliar las hambrunas sufridas por la humanidad a lo largo de la historia respondiendo a la seguridad alimentaria que representa una de las principales preocupaciones en la actualidad [4].

Indiscutiblemente los granos de cereales son la principal fuente alimentaria de energía, de hidratos de carbono y de proteínas vegetales en todo el mundo [5]. Para su consumo los cereales no sólo se transforman en harinas, a partir de las cuales se elaboran diversos productos (panes o pastas), o se incorporan a la alimentación como granos en sus distintas variedades (arroz, maíz), sino que a partir de ellos y aplicando diferentes tratamientos tecnológicos se obtienen productos tan variados como las palomitas de maíz, los almidones; utilizados, por ejemplo, para espesar salsas o postres dulces, los jarabes de glucosa y similares y una amplia variedad de snacks y aperitivos; también se utilizan en la preparación de mezclas para refrescos y como materia prima en la fabricación de bebidas alcohólicas, como la cerveza, el ron o el whisky.

Desde el punto de vista nutricional los cereales destacan por su contenido en carbohidratos, vitaminas del grupo B, vitamina E, minerales y fibra dietética, si bien su valor nutritivo es sensiblemente diferente de una variedad de cereal a otra [6]. La vitamina E es un término genérico que constituye un grupo de compuestos estructuralmente relacionados que comprende dos vitámeros: Tocoferol y tocotrienol [7]. Los compuestos químicos de mayor relevancia biológica de los cereales integrales son los ácidos fenólicos y las fibras dietéticas, como los β -glucanos, que incluyen lignanos, ácido fitico, inositoles y betaina [8].

Cada vez hay más evidencia que sugiere que los cereales y los productos a base de cereales contienen niveles notables de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud, incluyendo antioxidantes naturales como los tocoles. Los tocoles incluyen tocopheroles y tocotrienoles, y son

antioxidantes naturales presentes en los granos de cereales y son bien reconocidos por su bioactividad [7].

Los granos de cereales y leguminosas se consideran sustratos adecuados para la producción de bebidas instantáneas, fermentadas y probióticas debido a su alto valor nutritivo y fuente energética, por su contenido de almidón y fibras dietéticas [9]. El trigo, maíz, y arroz son los cereales de mayor consumo a nivel global; Sin embargo, otros cereales, pseudocereales y leguminosas como la cebada, el sorgo, la quinua, el amaranto, el haba y la arveja [10] y el frijol común (*Phaseolus vulgaris*) junto con la harina de maíz, como ingredientes en la preparación de galletas [11]. Asimismo, los guisantes contienen altos niveles de lisina [12], que puede usarse para equilibrar su deficiencia en dietas basadas en cereales; están generando gran interés en la industria alimentaria debido a su alto contenido en fibra dietética, almidón resistente, minerales, vitaminas, compuestos fenólicos, etc.

La semilla de jícero es utilizada para el consumo humano en bebidas tradicionales, ya que cuenta con una gran cantidad de proteína, así como lípidos insaturados, Ω seis y nueve [13]. Conforme a la evidencia, los aminoácidos esenciales representan el 16,0 % de la masa seca de la fracción proteica , similar a la de la soja [14]. Los cotiledones contienen en promedio proteína en un 43% y 38% de lípidos (base seca), siendo comparable a la mayoría de las semillas oleaginosas y el contenido de leucina en los cotiledones de la semilla de Jícero es de ~ 2.58 / 100 g de materia seca [15]. Las concentraciones de otros aminoácidos en la semilla de Jícero tales como la fenilalanina, valina, histidina, treonina y metionina fueron similares a lo observado en el grano de frijol soya [13].

En el presente artículo se reflexiona sobre como la agroindustria a través de la transformación de los cereales (e.g., maíz blanco, arroz, maíz pujagua, soya, sorgo, avena, etc.), cacao y la semilla de jícero, aportan de manera significativa a la nutrición de la población de los países centroamericanos; donde la elaboración de bebidas no alcohólicas es variada en cada país, siendo estos una opción nutricional para poblaciones de países en procesos de desarrollo donde los productos manufacturados basados en cereales se venden cada vez más como alimentos para bebés, para el desayuno y como bebidas refrescantes presentando una gran ventaja desde el punto de vista nutricional. Bebidas tradicionales que no se han caracterizado, lo cual es importante para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la sociedad, con alimentos de alto consumo.

Blanco Mendieta *et al.* [16] presentan los resultados de su investigación sobre la “formulación de bebida soluble a base de cereal con alto contenido proteico y energético para complementar la dieta de los nicaragüenses”; El producto fue elaborado a base cereales con alto contenido proteico, incluyendo también leguminosas y especias en su formulación. Por otro lado, Cadena y Carrera [17] realizaron un estudio sobre la “Reformulación de la bebida nutricional de la Coordinación General de Administración Escolar del Ecuador (CGAE) para niños de 5 a 14 años”, una bebida

nutricional, a base de harinas de trigo (*Triticum aestivum*) y harina de soya (*Glycine max*). Se puede sustituir hasta un 50% de harina de soya de la formulación actual para mejorar la aceptación de la bebida.

Se realizó la caracterización y estandarización de los procesos productivos de dos bebidas a base de soya elaboradas por una microempresa salvadoreña: Bebida sabor vainilla y bebida de horchata con soya. La caracterización se elaboró a partir de análisis bromatológicos, microbiológicos, fisicoquímicos y determinación de vida de anaquel, y la estandarización de los procesos productivos a través de la medición de tiempos y temperaturas utilizados en cada una de las etapas de producción de ambas bebidas [18].

Al realizar la comparación de la bebida a base de soya sabor vainilla con la bebida leche de soya que declara el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), la bebida en estudio contiene menos contenido calórico y lípidos totales, sin embargo, se observa un contenido elevado de carbohidratos y un porcentaje bajo de proteína, calcio, fósforo y hierro [18].

La evaluación de la aceptabilidad de una horchata nutritiva elaborada con cereales, maní, marañón, ajonjolí y girasol en la Universidad de El Salvador para su estandarización inició con la obtención de las materias primas para la elaboración de las tres horchatas, utilizando como fórmula general: 55% cereal (maíz, sorgo o arroz), 25% semillas (10% maní, 10% marañón, 4% ajonjolí, 1% girasol), 18% proteína de soya aislada, 1% lecitina de soya y 1% especias (0.7% canela, 0.3% pimienta). Los resultados indican que estadísticamente hay aceptación para las tres horchatas ya que más del 75% de la población las calificó arriba de cuatro puntos y la edad no es un factor que infiere en la aceptación, pero la horchata de maíz es de mayor preferencia además de ser la que mayores beneficios aporta [19].

Conocer la composición fisicoquímica de los productos es fundamental para que el consumidor elija un alimento, considerando su aporte nutricional y las propiedades organolépticas que éste le ofrece. Para los procesos es importante determinar los rendimientos, ya que estos definen la productividad y rentabilidad de las empresas transformadoras de materias primas como cereales en bebidas no alcohólicas.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar las características fisicoquímicas de mezclas de cereales y semillas (jícero y cacao) que son utilizados como bebidas refrescantes en Centroamérica, determinando su composición fisicoquímica y rendimiento en el proceso; derivados que se destacan en los diferentes países como productos refrescantes, nutritivos y de tradición.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es no experimental descriptivo de tipo cuantitativo; la cual consiste en la investigación sobre la determinación de los componentes fisicoquímicos y rendimiento en proceso de las mezclas de cereales y semillas para bebidas no alcohólicas, refrescantes y nutritivas, la cual se realizó en los laboratorios de Alimentos, Ingeniería de

Procesos y Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Agricultura en Managua, Nicaragua.

Para el procesamiento de los cuatro productos (mezclas de cereales) y semillas se usó un molino semi industrial, un termómetro infrarrojo, un juego de tamices, una balanza Kern Ds (capacidad 65 100 g, d 0.5 g) y una balanza analítica Sartorius (capacidad 310 g, d 0.001 g).

Para la elaboración de los cuatro productos (Cebada, semilla de Jícaro, Pinolillo y Policereal) se utilizaron materias primas como semilla de jícaro (*Crescentia alata* HBK), arroz (*Oryza sativa* L.), maíz (*Zea mays* L.), avena (*Avena sativa* L.), cacao criollo o dulce (*Theobroma cacao* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), soya (*Glycine max*) y maíz pujagua (*Zea mays* Kulli). Además de otros ingredientes como canela, vainilla, clavos de olor, pimienta de Chiapa, azúcar, leche en polvo, sal y aditivos alimentarios como propionato de calcio ($\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_5\text{COO})_2$) y colorante FD&C Rojo 40.

En la realización de las pruebas preliminares se establecieron pre-formulaciones de cada producto variando la concentración de los cereales y semillas de mayor concentración en el producto, trabajando dos fórmulas por producto. El proceso de elaboración consistió en realizar las pruebas de acondicionamiento y proceso de los cereales y semillas, y las muestras se almacenaron en bolsas de polietileno con zíper. Seguidamente, después de 24 h los cereales y semillas procesados se sometieron a evaluación sensorial de las pruebas preliminares con ocho panelistas para lo cual fue usada la prueba dúo-trío que consiste en compararlas con una fórmula de referencia ya posicionada en el mercado nacional.

A partir de los resultados de las pruebas preliminares se obtuvo información para definir las fórmulas que se sometieron a un diseño de mezclas modificando los ingredientes de mayor concentración que componen cada producto a base de cereal y semillas (Semilla de Jícaro, Pinolillo, Cebada y Policereal). Se trabajaron cuatro fórmulas para cada producto (TABLA 1).

TABLA 1.
FORMULACIONES DE PRODUCTOS A BASE DE MEZCLAS DE
CEREALES (SEMILLA DE JÍCARO Y CACAO)

Productos a base de cereal	Formulaciones			
	F1	F2	F3	F4
	*Porcentaje (% m/m)			
1. Semilla de Jícaro.				
2. Pinolillo.				
3. Cebada.				
4. Policereal.				

$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 100\%$

*El porcentaje de cada ingrediente de los diferentes productos a base de cereales lo determinaron los resultados obtenidos de la pre-formulación base.

Las Xs indican que cada producto se compone de diferentes ingredientes (fórmula) que suman el 100% en cada formulación.

Las operaciones de proceso para la elaboración de cada producto inician con la recepción de la materia prima, limpieza y selección. Seguidamente, se efectúa el tostado con tiempos de 15 a 20 min a temperaturas que oscilan entre 150 a 175 °C. Luego, se dejan enfriar para proceder al mezclado del cereal y las semillas con otros ingredientes; después se realiza el tamizado para proceder a un segundo mezclado que consistió en agregar los aditivos en polvo, finalmente se empaca y se almacena el producto.

Para determinar el rendimiento de proceso se aplicaron balances de masa en cada operación unitaria, bajo el principio de (1) y (2), donde R es el rendimiento, la masa de alimentación (m alimentación) la componen todas aquellas que entran al sistema, es decir las que entran al proceso en las diferentes operaciones y m_{pt} es la masa del producto terminado.

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} \quad (1)$$

$$R = (m_{pt} / m \text{ alimentación}) \times 100 \quad (2)$$

La caracterización fisicoquímica consistió en determinar la granulometría en juego de tamices ASTM desde el número 12 hasta el 230. Se pesaron las masas de material retenido en cada uno de los tamices y se calculó el diámetro medio de partícula (Dpm) mediante (3), donde x_i es la fracción máscara de partículas de diámetro D_{pi} .

$$Dpm = (1/\sum(\Delta x_i/D_{pi})) \quad (3)$$

En el análisis sensorial se realizaron pruebas de aceptación y de preferencia. En la prueba de aceptación se usó escala hedónica de 1 a 5; siendo 1 = Me disgusta mucho y 5 = Me gusta mucho. Usando esta escala se les solicitó a los panelistas analizar los atributos de color, olor, consistencia, sabor y aceptación general de cada muestra. Para el análisis de preferencia se pidió escribir el código de las muestras, según el grado preferencia. Cada una de las formulaciones a base de cereales y semillas se evaluó mediante un panel sensorial integrado por 25 jueces o panelistas (cuyas edades oscilan entre 18 a 55 años), todos ellos consumidores habituales y/o potenciales de este producto, considerados como jueces o panelistas del tipo consumidor o afectivo.

Para la determinación de los componentes nutricionales de cada producto a base de cereal y semillas se utilizaron los métodos oficiales siguientes: Humedad (método AOAC 952.08), cenizas (método AOAC 923.03), proteínas (método AOAC 960.52) y fibra cruda (método AOAC 978.10). Para el cálculo de parámetros como proteínas (N. Kjeldahl x 6.25). El análisis de lípidos se determinó siguiendo el método descrito por el método AOAC 991.36 (extracción de Soxhlet). Se usó (4) para cuantificar los carbohidratos (%C), siendo calculado de la diferencia de la sumatoria de los demás componentes (P = proteína, GC = grasa cruda, Ce = cenizas, H = humedad y FC = fibra cruda).

$$\%C = 100 - (\%P + \%GC + \%Ce + \%H + \%FC) \quad (4)$$

Determinación del pH

La determinación del pH se realizó en las bebidas preparadas, para lo cual se pesaron 10 g de la muestra y se diluyeron en 100 ml de agua destilada (mezcla de agua destilada + producto a base de cereal y semilla) en un beaker de 200 ml, se agitó hasta que las partículas se disolvieron y se introdujo el potenciómetro (pH-metro de mesa inoLab terminal nivel 3), previamente calibrado.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características que presentaron los diferentes productos en cuanto a su composición química son idóneas para el desarrollo de los diferentes alimentos, los componentes proteicos, lípidos, carbohidratos, fibra y cenizas: Dado que cumplen con los parámetros de cereales para la elaboración y formulación de las cuatro mezclas elaboradas a base de cereales y semillas, las cuales son de calidad, cuya formulación es una información valiosa como una propuesta u oportunidad, de agregar valor a las materias primas, en la agroindustria de cereales en Nicaragua y cualquier país centroamericano.

El desarrollo de cada uno de los productos consistió en la elaboración de pre-formulaciones base y análisis sensorial preliminar, elaboración y formulación de los diferentes productos en investigación, análisis granulométrico,

determinación del rendimiento a través de balances de masa y la caracterización fisicoquímica.

A. Elaboración y determinación de rendimiento

Para la elaboración de los productos a base de cereales y semillas: Semilla de jícaro, pinolillo, cebada y policereal, se consideraron las variables de proceso en cada operación unitaria y se aplicó los balances de materia.

En la elaboración de los productos se observó que se lograron mejores resultados a temperaturas oscilantes entre 130 a 155 °C por 15 a 25 min dependiendo el cereal y semilla; es decir que, para el caso de la cebada y sorgo, el tiempo de tostado es el mínimo a lo expresado obteniendo buenos resultados en cuanto a color, olor y facilidad de molienda. Según Alvarado Quintana [20], el parámetro de temperatura que permitió conseguir mejores resultados en cuanto a olor, color, sabor y molienda fue de 121 y 148 °C entre 15 y 30 min. Para Alvarado someter cereales al proceso de tostado a temperaturas de 150 a 175 °C durante 15 min generan olores, colores y sabores desagradables.

En la TABLA 2 se observan los rendimientos y pérdidas por etapas de los diferentes productos a base de cereales y semillas, así como también los rendimientos de proceso de cada producto terminado.

TABLA 2
RENDIMIENTOS Y PÉRDIDAS POR ETAPA Y PROCESO.

Etapa de proceso	Producto a base de cereal y semillas							
	Semilla de Jícaro		Pinolillo		Cebada		Policereal	
	R/E* (%)	P/E* (%)	R/E* (%)	P/E* (%)	R/E* (%)	P/E* (%)	R/E* (%)	P/E* (%)
Limpieza.	99.45	0.55	99.66	0.34	99.82	0.18	99.51	0.49
Selección.	99.85	0.15	98.92	1.08	99.88	0.12	99.44	0.56
Tostado.	91.78	8.22	86.00	14.00	87.00	13.00	90.00	10.00
Molienda.	94.50	5.50	94.50	5.50	94.50	5.50	94.50	5.50
Tamizado.	96.00	4.00	97.90	2.10	98.80	1.20	97.80	2.20
R y P**	84.18	15.82	78.65	21.35	84.07	15.93	85.44	14.56

*Rendimiento y pérdida por etapa.

**Rendimiento y pérdida del proceso.

Las pérdidas en el proceso de tostado de los diferentes cereales y semillas se observan en la TABLA 2 donde para el pinolillo se produjo el 14%, para la cebada el 13%, para el policereal el 10% y 8.22% para la semilla de jícaro; Estas pérdidas en la operación de tostado están relacionadas con el contenido de humedad del cereal que compone los diferentes productos. Cónedor Pillajo [21] afirma que “el proceso de tostado es un tratamiento térmico que se utiliza, no solo para mejorar las características organolépticas del alimento sino para aumentar su digestibilidad entre otras cosas”; puesto que cuando el cereal es sometido a dicho tratamiento, cambian sus cualidades físicas y químicas, siendo este cambio deseable, ya que mediante el calor, la configuración de las proteínas se alteran, haciéndolas más digeribles; pero a su vez hay pérdidas considerables de aminoácidos, por lo que se debe tener especial cuidado cuando se somete a tratamiento térmico. Se

observó, que las pérdidas más altas ocurren durante el tostado del grano.

Durante el tostado se genera un aroma distintivo y las pérdidas no solo se producen por la reducción de la humedad del grano; sino también por pérdidas en sus componentes químicos cuando estos se someten a temperaturas elevadas, así como lo expresa Patra *et al.* [2], donde una gran proporción de tiamina y riboflavina se pueden perder cuando los granos se tuestan a colores más oscuros a alrededor de 150 °C.

La semilla de Jícaro presenta el mayor porcentaje de pérdida (4%) durante el tamizado; esto se podría explicar debido a la composición química de la semilla la cual es rica en lípidos [13], que al calentarse (durante el proceso de molienda) tiende a formar una pasta, además al ser un material higroscópico puede formar conglomerados por la adherencia entre partículas del cereal molido durante el tamizado, como se observó durante la realización de este estudio.

Finalmente, según Cerezal-Mezquita *et al.* [22], como resultado de la concentración de carbohidratos, sumado al tamaño de partícula y el índice de hidroscopicidad los productos derivados de cereales (harinas) son propensos a captar moléculas de agua del aire circundante (humedad relativa).

Los rendimientos calculados se presentan en la TABLA 2 TABLA 2, los cuales fueron: Para la semilla de jícaro 84.18%, pinolillo 78.65%, cebada 84.07% y policereal de 85.44%, la diferencia de rendimiento entre productos se da principalmente en las etapas de tostado y tamizado debido a los componentes de cada fórmula y su composición química. Rendimientos que son fundamentales para definir un plan de

producción y determinar de manera concreta los costos de producción en una empresa agroindustrial.

B. Formulaciones de mezcla (productos) a base de cereales y semillas

A continuación, se presentan las formulaciones de las diferentes mezclas de cereales y semillas. Se trabajaron cuatro fórmulas para cada producto. La TABLA 3 presenta las fórmulas de mayor aceptación y preferencia por los panelistas en el proceso de evaluación sensorial, para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados: Para el policereal formulación 1, para la cebada formulación 2, la semilla de jícaro formulación 3 y para el pinolillo formulación 4.

TABLA 3
FÓRMULAS DE MAYOR PREFERENCIA Y ACEPTACIÓN POR LOS PANELISTAS.

Ingredientes	Formulación F1 (% m/m)	Formulación F2 (% m/m)	Formulación F3 (% m/m)	Formulación F4 (% m/m)
Cebada.	-	75.91	-	-
Maíz pujagua.	14.99	-	-	-
Maíz blanco.	-	-	-	64.81
Arroz.	12.99	-	48.15	-
Semilla de jícaro.	11.99	-	40.13	-
Cebada.	10.33	-	-	-
Avena.	10.00	-	-	-
Soya.	9.99	-	-	-
Azúcar.	8.98	19.96	10.03	-
Sorgo.	6.99	-	-	-
Cacao.	6.65	-	-	33.49
Leche en polvo.	4.99	-	-	-
Canela.	2.00	2.00	0.26	1.20
Claves de olor.	-	-	1.33	0.12
Sal.	-	1.00	-	-
Saborizante (vainilla).	-	1.00	-	-
Pimienta de Chiapa.	-	-	-	0.28
Colorante.	-	0.03	-	-
Propionato de calcio.	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

C. Caracterización fisicoquímica

El análisis granulométrico se realizó por triplicado, con muestra de 100 g. Los resultados obtenidos se muestran en la TABLA 4. Los resultados de granulometría de los productos objeto de estudio se compararon con productos que están posicionados en el mercado nacional de Nicaragua; la tabla 4 presenta el análisis de granulometría realizado a marcas de cereales Caracol como referencia para los productos que se formularon.

Según la norma AOAC 965.22 el 98% de las partículas de la harina de trigo exige que pasen a través de una malla o tamiz de 212 micras [23]; parámetro considerado para los productos desarrollados en esta investigación, tomando en cuenta que están en el grupo de las harinas de cereales según la FAO.

El análisis proximal se emplea para hacer descripciones de los alimentos y conocer sus componentes químicos mayoritarios. La TABLA 5 muestra los valores promedios de humedad, proteínas, lípidos, cenizas, fibra cruda y carbohidratos de los cuatro productos a base de cereales y semillas formulados (Semilla de Jícaro, Pinolillo, Cebada y

Policereal). Según Olivera *et al.* [24], trabajos recientes muestran que en la mayoría de los productos comerciales el promedio del contenido de proteínas es de tan sólo 5.5%, y su calidad proteica sería pobre en la medida que provienen principalmente de cereales (arroz, avena, maíz).

TABLA 4.
MEDIDAS DE RESUMEN ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE PRODUCTOS A BASE DE CEREALES Y SEMILLAS.

Tipo de producto	Tamaño de partícula ($\phi \mu\text{m}$)		Productos comerciales, marca Caracol.	
	$\mu \pm \text{D.E.} (\mu\text{m})$	CV	Media $\pm \text{D.E.} (\mu\text{m})$	CV
Semilla de Jícaro.	297.49 \pm 10.87	3.65	213.41 \pm 15.85	7.43
Pinolillo.	227.74 \pm 15.36	6.75	191.56 \pm 12.47	6.51
Cebada.	222.84 \pm 17.78	7.98	207.66 \pm 9.86	4.75
Policreal.	203.33 \pm 9.78	4.81	228.42 \pm 34.81	15.24

ϕ : Diámetro promedio, D.E.: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación.

En la TABLA 5 se presentan los constituyentes químicos de los productos a base de cereales y semillas. La Semilla de

Jícaro es baja en contenido de humedad y se observa que la semilla de jícaro es un alimento rico en proteínas y según lo expresado por Roldan Acero et al. [25] “el valor nutritivo o la calidad de una proteína es útil para establecer la capacidad para satisfacer las necesidades del organismo, esta calidad viene determinada por un alto valor biológico, alta digestibilidad que determinan una alta utilización proteica neta y un alto contenido de aminoácidos esenciales”.

De igual manera, es un alimento rico en carbohidratos y lípidos. Estos valores están determinados por la composición del producto terminado, ya que la formulación contiene un 40.13% de semilla de jícaro. El bajo contenido de humedad se debe al tratamiento al que se someten los cereales en la etapa de tueste, donde la diferencia de masa es significativa en relación con el antes y después de la aplicación de calor.

El pinolillo contiene 4.49% de humedad, 10.92% de proteínas y un 13.32% de lípidos, lo que está de acuerdo con especificaciones de la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense del Pinolillo NTON 03 071-06 [26]. El alto contenido de lípidos del pinolillo se debe a que contiene 5% más de cacao en la composición de la fórmula final en comparación con la formulación tradicional, este incremento se debió a lo expresado por el panel evaluador en el análisis preliminar en la determinación de las pre-formulaciones base, las cuales se consideraron en la formulación final. Así mismo el INCAP [27] reporta que el pinolillo contiene en su composición química 10.10 g de proteína y 11.70 g de lípidos por cada 100 gramos de materia seca; valores similares a los obtenidos en la formulación desarrollada.

TABLA 5
CONSTITUYENTES QUÍMICOS DE LOS PRODUCTOS DE
CEREALES Y SEMILLAS.

Componente	Semilla de Jícaro	Pinolillo	Cebada	Policereal
	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Humedad.	2.95 ± 0.14	4.49 ± 0.22	3.37 ± 0.27	4.22 ± 0.13
Proteína cruda.	18.17 ± 0.19	10.92 ± 0.21	8.57 ± 0.19	16.04 ± 0.77
Grasa cruda.	13.99 ± 0.42	13.32 ± 0.06	0.19 ± 0.01	12.21 ± 0.05
Cenizas.	1.70 ± 0.07	1.82 ± 0.03	1.62 ± 0.06	2.22 ± 0.04
Fibra cruda.	10.20 ± 0.05	5.30 ± 0.06	3.88 ± 0.05	5.79 ± 0.07
Carbohidratos.	52.99 ± 0.17	64.15 ± 0.12	82.37 ± 0.12	59.52 ± 0.21

La cebada presentó un valor de proteína de 8.75%

(TABLA 5) y según Lukinac y Jukic [28] el contenido proteico de la cebada es muy variable, oscilando entre el 7 y el 25% y las grasas se encuentran en todo el grano de cebada, con el mayor contenido de grasa en la capa de aleurona y en el embrión, y representan solo el 1-2% del peso seco del endospermo. La diferencia de los resultados obtenidos del producto de cebada es debido a la concentración de la cebada en la formulación en estudio, ya que contiene un 75.91% de cebada y el resto lo constituyen el azúcar y demás aditivos.

Para el producto de policereal se obtuvo un valor promedio de humedad de 4.22%, siendo el policereal un producto rico en lípidos y carbohidratos ya que contiene ingredientes que contribuyen con esa composición: La soya, leche en polvo, cebada, cacao y semilla de jícaro.

Las fórmulas de los productos presentaron diferencias en cuanto al nombre; pero el contenido de ingredientes en la fórmula es similar, los cuales son alimentos de alto valor nutricional y de mucha aceptabilidad por los consumidores. Además, los cereales son una de las principales fuentes de alimentación y nutrición de la población mundial, indistintamente de la posición social o económica que éstos ocupen. Por sus características nutritivas presentando la semilla de jícaro un 18.17% de proteína cruda y un 13.99% de lípidos, el pinolillo 10.92% de proteína y 13.32% de lípidos, la cebada 8.57% de proteína y 0.19% de lípidos y el policereal 16.04% de proteína y 12.21% de lípidos; mezclas de cereales que se preparan en bebidas mediante la transformación agroindustrial de diferentes cereales.

Se determinó el valor calórico de cada producto en base a una muestra de 100 g; para la semilla de Jícaro su valor calórico fue de 410.55 kcal, para el Pinolillo fue de 420.16 kcal; valor análogo al reportado por el INCAP [27], donde expresa que el pinolillo aporta 400 kcal por cada 100 g de materia seca., mientras que la cebada aporta 365.47 kcal y el Policereal 412.13 kcal.

Finalmente, los resultados de la determinación de pH de los diferentes productos a base de cereales fueron: Para la semilla de Jícaro se obtuvo un pH de 5.49, para el Pinolillo 5.63, cebada 5.43 y Policereal 5.79.

IV. CONCLUSIONES

Se formularon cuatro mezclas de cereales y semillas (pinolillo, semilla de jícaro, cebada y policereal) que se distribuyen como productos de bebidas refrescantes en países centroamericanos, presentando diferencias en cuanto al nombre; pero el contenido de ingredientes en la fórmula es similar, los cuales son alimentos de alto valor nutricional y de mucha aceptabilidad por los consumidores. Además, los cereales y semillas son una de las principales fuentes de alimentación y nutrición de la población mundial, indistintamente de la posición social o económica que éstos ocupen. Por sus características nutritivas presentando la semilla de jícaro un 18.17% de proteína cruda y un 13.99% de lípidos, el pinolillo un 10.92% de proteína y 13.32% de lípidos, la cebada un 8.57% de proteína y 0.19% de lípidos y el policereal 16.04% de proteína y un 12.21% de lípidos; mezclas de cereales y semillas que se preparan en bebidas mediante la transformación agroindustrial de diferentes cereales.

Las características que presentaron las materias primas en cuanto a su composición química son idóneas para el desarrollo de los diferentes productos, los componentes proteicos, lípidos, carbohidratos, fibra y cenizas: Dado que cumplen con los parámetros de cereales para la elaboración y formulación de las cuatro mezclas elaboradas a base de cereales, las cuales son de calidad, cuya formulación es una

información valiosa como una propuesta u oportunidad, de agregar valor a las materias primas, en la agroindustria de cereales en Nicaragua y cualquier país centroamericano.

Se procesaron las diferentes mezclas de cereales y semillas siguiendo las normas de calidad y el cumplimiento de las variables del proceso como el tiempo, la temperatura y la humedad de los cereales al momento de formular, donde se aplicaron diferentes balances de masa en el proceso para calcular el rendimiento, presentando rendimientos alrededor del 80%. Para la semilla de jícaro fue del 84.18%, pinolillo 78.65%, cebada 84.07% y policereal 85.44%. El rendimiento fue afectado, en mayor medida en la operación de tueste, seguido por la molienda y el tamizado. El producto con más bajo rendimiento de proceso fue el pinolillo y el más alto el policereal.

La caracterización fisicoquímica incluyó determinar los diferentes componentes nutritivos de las mezclas formuladas, cumpliendo con los parámetros de productos que se distribuyen en el mercado y con normativas como la NTON de Nicaragua. El Pinolillo cumple con las características físico químicas establecidas en la NTON 37 071-06. Los demás productos al no poseer una NTON, se verificó que cumplen con los parámetros fisicoquímicos relacionados, establecidos por otros investigadores.

La granulometría de los productos finales presenta valores alrededor del diámetro promedio de productos como los de Industrias el Caracol marca de cereales posicionada en el mercado nicaragüense. Dicho tamaño de partícula favorece la capacidad de disolución en la elaboración del refresco, similar a los productos de cereales distribuidos en el mercado nacional.

REFERENCIAS

- [1] L. F. Márquez Villacorta and C. C. Pretell Vásquez, “Evaluación de características de calidad en barras de cereales con alto contenido de fibra y proteína,” *Bioteclol. en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial*, vol. 16, no. 2, pp. 67–78, 2018, doi: 10.18684/bsaa.v16n2.1167.
- [2] M. Patra *et al.*, “A comprehensive review on functional beverages from cereal grains-characterization of nutraceutical potential, processing technologies and product types,” *Heliyon*, vol. 9, no. 2023, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e16804.
- [3] G. Chaquilla-Quilca, R. R. Balandrán-Quintana, A. M. Mendoza-Wilson, and J. N. Mercado-Ruiz, “Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo,” *CienciaUAT*, vol. 12, no. 2, pp. 137–147, 2018, [Online]. Disponible: <https://bit.ly/4i6sjHY>.
- [4] W. L. Espinoza Vanegas, “Los cereales como fuente de alimentación primaria para la humanidad,” *Rev. Multi-Ensayos*, vol. 4, no. 7, pp. 47–54, 2018, doi: 10.5377/multiensayos.v4i7.9493.
- [5] D. Hervert-Hernández, “El papel de los cereales en la nutrición y en la salud en el marco de una alimentación sostenible,” *Nutr. Hosp.*, vol. 39, no. Extra 3, pp. 52–55, 2022, doi: 10.20960/NH.04312.
- [6] E. Martín de la Torre, B. de Mateo Silleras, A. Miján de la Torre, A. M. Pérez García, P. Redondo del Río, and I. Sáenz de Miera, “Pan y Cereales,” Madrid, España, 2007. [Online]. Disponible: <https://bit.ly/3FXY0pL>.
- [7] U. Tiwari and E. Cummins, “Nutritional importance and effect of processing on tocols in cereals,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 20, no. 11–12, pp. 511–520, 2009, doi: 10.1016/j.tifs.2009.06.001.
- [8] L. Valladares and F. Vio, “Componentes bioactivos del grano integral y su efecto en la salud,” *Nutr. Hosp.*, vol. 41, no. 3, pp. 706–711, 2024, doi: 10.20960/nh.04986.
- [9] R. F. Schwan and C. L. Ramos, “Functional Beverages from Cereals,” in *Functional and Medicinal Beverages*, 2019, pp. 351–379, doi: 10.1016/B978-0-12-816397-9.00010-8
- [10] S. Rubio-Núñez, J. Solano-Gaviño, and F. Velásquez-Barreto, “Bebida andina instantánea a base de granos andinos tostados: diseño y optimización,” *Bioagro*, vol. 34, no. 3, pp. 289–300, 2022, doi: 10.51372/bioagro343.8.
- [11] E. Mecha, V. Correia, A. Bento da Silva, A. Ferreira, B. Sepedes, and M. R. Eduardo Figueira, Maria Vaz Patto, Maria Carlota Bronze, “Improvement of wheat cookies’ nutritional quality, by partial substitution with common bean and maize flours, sustained human glycemia and enhanced satiety perception,” *Cereal Chem.*, vol. 98, no. 5, pp. 1123–1134, 2021, doi: 10.1002/cche.10460.
- [12] J. Ge, C. X. Sun, H. Corke, K. Gul, R. Y. Gan, and Y. Fang, “The health benefits, functional properties, modifications, and applications of pea (*Pisum sativum L.*) protein: Current status, challenges, and perspectives,” *Compr. Rev. food Sci. food Saf.*, vol. 19, no. 4, pp. 1835–1876, 2020, doi: 10.1111/1541-4337.12573.
- [13] R. E. Ordoñez Flores, “Usos de la harina de Jícaro (*Crescentia cujete*) en la industria: Revisión de Literatura,” Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, 2020. Disponible: <https://bit.ly/4i3gO4c>
- [14] C. Corrales Hernández *et al.*, “A highly nutritious native seed as an innovative food resource in Central America,” *The Food Factor I Barcelona Conference*, no. November, pp. 2–4, 2016. Disponible: <https://shorturl.at/eJytn>
- [15] C. Corrales, “Ways of valorization of seed jícaro (*Crescentia alata*) for food security in dry tropical areas of Central America,” 2017. Disponible: <https://shorturl.at/GjijnQ>
- [16] K. S. Blanco Mendieta, T. R. López Toruño, and X. P. Benavides Downs, “Formulación de bebida soluble a base de cereal con alto contenido proteico y energético para complementar la dieta de los nicaragüenses,” Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2019. Disponible: <https://bit.ly/4i3boCj>
- [17] K. Cadena, V.; Carrera, “Reformulación de la bebida nutricional de la Coordinación General de Administración Escolar del Ecuador (CGAE) para niños de 5 a 14 años,” Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, 2012. Disponible: bit.ly/3Gcl9EP.
- [18] M. A. Galdámez-León, S. A. López-Juarez, and X. C. Mauricio-Rivera, “Caracterización y estandarización de los procesos productivos de dos bebidas en polvo a base de soya elaboradas por una microempresa salvadoreña,” Universidad de El Salvador, 2018. Disponible: <https://bit.ly/42kYspn>
- [19] D. A. Guevara-Chávez, S. W. Tovar-Blanco, and S. Ramos-Cortez, “Evaluación de la aceptabilidad de una horchata nutritiva elaborada con cereales, maní, marañón, ajonjolí y girasol en la Universidad de El Salvador para su estandarización,” *Agrociencia*, no. 19, pp. 6–17, 2021, doi: 10.5281/zenodo.10658474.
- [20] J. E. Alvarado Quintana, “Desarrollo de una mezcla en polvo para elaboración de una bebida de horchata con alto contenido de hierro y calcio para jóvenes entre 13 y 17 años,” Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 2016. Disponible: <https://bit.ly/4ibRLft>
- [21] D. B. Cónedor Pillajo, “Efecto del proceso de tostación con microondas sobre el grano de maíz chulpi (*Zea mays sacchara*) y sus características geométricas,” Universidad Central de Ecuador, 2018. Disponible: <https://bit.ly/42q64Hj>
- [22] P. Cerezal-Mezquita, V. Urtuvia-Gatica, V. Ramírez-Quintanilla, and R. Arcos-Zavala, “Desarrollo de producto sobre la base de harinas de cereales y leguminosa para niños celíacos entre 6 y 24 meses; II: Propiedades de las mezclas,” *Nutr. Hosp.*, vol. 26, no. 1, pp. 161–169, 2011, doi: 10.3305/nh.2011.26.1.4939.
- [23] FAO and OMS, *Norma para la harina de trigo*. 2019. Disponible: <https://bit.ly/4j532iQ>
- [24] M. Olivera *et al.*, “Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica,” *Rev. Chil. Nutr.*, vol. 39, no. 3, pp. 18–25, 2012, doi: 10.4067/S0717-75182012000300003.
- [25] D. Roldan Acero, J. R. Omote Sibina, A. Molleda Ordoñez, and F. Olivares Ponce, “Desarrollo de barras nutritivas utilizando cereales, granos andinos y concentrado proteico de pota,” *Rev. Investig. Altoandinas*, vol. 24, no. 1, pp. 17–26, 2022, doi: 10.18271/ria.2022.383.
- [26] Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, “Norma técnica obligatoria nicaragüense de pinolillo,” 2007, [Online]. Disponible: <https://bit.ly/43ENm0U>.

- [27] INCAP, *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*, 2da. Edici. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá y Organización Panamericana de la Salud, 2012. Disponible: <https://bit.ly/4csjpDE>
- [28] J. Lukinac and M. Jukić, “Barley in the Production of Cereal-Based Products,” *Plants*, vol. 11, no. 24, 2022, doi: 10.3390/plants11243519.