ALIMENTACIÓN y CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

DEPARTAMENTO DE SALUD PÚBLICA
CUCBA - U de G

CUERPOS ACADEMICOS
UDG-CA-977-SALUD NUTRICIÓN Y EDUCACIÓN
UDG-CA-20-CALIDAD E INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS

AÑO 5, Nº 5
ENERO-DICIEMBRE 2024

Alimentación y
Ciencia de los Alimentos
Año 5, Nº 5,
enero-diciembre 2024

DIRECTORIO
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Dr. Ricardo Villanueva Lomelí
Rector General

Dr. Héctor Raúl Solís Gadea
Vicerrector Ejecutivo

Mtro. Guillermo Arturo Gómez Mata
Secretario General

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS

Dra. Graciela Gudiño Cabrera
Rectora de Centro

Mtra. Cinthya Araceli López López
Secretaria Académica

Dr. Ramón Rodríguez Macías
Secretario Administrativo

Dr. Jorge Galindo García
Director de la División de Ciencias Veterinarias

Dr. David Román Sánchez Chiprés
Jefe del Departamento de Salud Pública

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Carlos Alberto Campos Bravo
Editor Responsable

MAS. Alfonsina Núñez Hernández
Dra. Esther Albarrán Rodríguez
Dra. Jeannette Barba León
Dr. Luis Eduardo Segura García
MC. Miriam Susana Medina Lerena
Dr. Roberto Sigüenza López
MC. Severiano Patricio Martínez
MNH. Zoila Gómez Cruz

Mtra. Bárbara Barbaro
Revisor de textos en inglés

ELCA Cuauhtémoc Pacheco Jiménez
Asistente de edición

CUERPOS ACADÉMICOS
UDG-CA20-CALIDAD E INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS
UDG-CA977-SALUD, NUTRICIÓN Y EDUCACIÓN

Impreso y hecho en México / *Printed and made in Mexico*

Alimentación y Ciencia de los Alimentos. Año 5, Número 5, Enero-Diciembre de 2024, es una publicación anual, editada por la Universidad de Guadalajara, a través del Departamento de Salud Pública, por División de Ciencias Veterinarias, del CUCBA. Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez N° 2100. C.P. 45200. Nextipac, Zapopan, Jalisco, México, Tel. 3337771151, Ext. 33194, http://alimentacionycienciadelosalimentos.cucba.udg.mx/index.php/RAYCA/index, revista.ayca@cucba.udg.mx. Editor Responsable: Carlos Alberto Campos Bravo. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2021-052719522700-102, ISSN: 3061-7499, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Departamento de Salud Pública, CUCBA. Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez N° 2100. CP 45200, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México, Comité Editorial, Carlos Alberto Campos Bravo. Fecha de la última modificación: 03 de octubre de 2024.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad de Guadalajara.

CONTENIDO

Alimentación y Ciencia de los Alimentos. Año 5, N° 5, enero-diciembre 2024

Presentación *2*

Editorial *3*

Elaboración y evaluación de galletas enriquecidas con fibra proveniente de la cáscara del fruto de tamarindo (*Tamarindus indica*) *4*
Mariana Cruz-Montesinos; Elias Ricardo Neria-Padilla; Christopher González-Pérez; Jonás Jiménez-Soto
Artículo Técnico-Científico

Canasta básica de alimentos con enfoque nutricional: una revisión narrativa *10*
Diana Carolina Moreno-Rovira; Laura Verónica Cavadía-Yélamo; Sheila Cerezo de Ríos; Israel Ríos-Castillo
Artículo de Revisión

Estudio de factibilidad técnica para el establecimiento de un proceso industrial en la elaboración de grageas de almendra con chocolate amargo *24*
AngelJosue Gutiérrez-Vázquez; Lidia Buenrostro-Torres; Daniel Reyna-Rodríguez; Tania Elizabeth Rogero-Pasillas
Artículo Técnico-Científico

Efecto inhibitorio de fracciones peptídicas obtenidas por ultrafiltración de hidrolizados proteínicos de frijol caupí (*Vigna unguiculata*), sobre la renina *36*
Luis Chel-Guerrero; Trinidad Cú-Cañetas; Wilbert Rodríguez-Canto; Arturo Castellanos Ruelas; David Betancur Ancona
Artículo Técnico-Científico

Índice de masa corporal en estudiantes de educación primaria *45*
Rolando Granados-Muñoz; Ariadna Dallanna González Castro
Artículo Técnico-Científico

Inseguridad alimentaria y diversidad dietética en hogares del norte de México: ¿qué alimentos se consumen? *53*
Andrea Soledad Vázquez-García; Octelina Castillo-Ruíz; Ocairi Almanza-Cruz; Ana Luisa González-Pérez; SanJuana Elizabeth Alemán-Castillo
Artículo Técnico-Científico

Reflexiones sobre la inteligencia artificial en la industria alimentaria *62*
Carlos Alberto Campos-Bravo; Alfonsina Núñez-Hernández; Zoila Gómez-Cruz; Salvador Hernández Macías
Artículo de Revisión

PRESENTACIÓN

La revista académica **Alimentación y Ciencia de los Alimentos** *es una publicación arbitrada, con periodicidad anual, sin fines de lucro y sin costo alguno para autores.*

Alimentación y Ciencia de los Alimentos solo considera artículos técnico-científicos y artículos de revisión de literatura. No acepta documentos de hipótesis, comentarios, piezas de opinión, estudios de casos, informes de casos, etc.

Los temas abordados incluyen, pero no se limitan a: Estudios descriptivos, Administración, Mercadotecnia, Gestión de Calidad e Inocuidad, Procesos Tecnológicos, Gastronomía, Nutrición, Antropología de la alimentación y Desarrollo de Nuevos Productos.

Comité Editorial

Alimentación y Ciencia de los Alimentos. Año 5, N° 5 enero-diciembre 2024

Estimados lectores:

Indudablemente la evolución de los conocimientos científicos y tecnológicos conduce a la raza humana entre otros a la mejora de los procesos productivos, entre los cuales se encuentran los asociados a la industria alimentaria.

En este ámbito y de la mano de la Inteligencia Artificial (IA), se han desarrollado diversas aplicaciones que pueden ser empleadas para fortalecer los Sistemas de Gestión de Calidad e Inocuidad (SGCI) de las empresas.

Por ejemplo: la vigilancia de las condiciones de los alimentos en tiempo real, a través de sensores y cámaras (humedad relativa, velocidad del aire, temperatura, etc.); análisis de los datos generados en los procesos para conocer comportamientos previos y determinar tendencias en el control del proceso (validación de planes HACCP); predicción de riesgos tanto de calidad como de inocuidad (análisis de riesgos, prevención de alteraciones y/o contaminaciones); detección de defectos asociados a la calidad del alimento; identificación de patrones de aprendizaje para implementar capacitaciones actualizadas y efectivas, entre otras.

Con lo anterior se hace evidente que puede haber grandes beneficios para las empresas, aunque en la actualidad no todas puedan tener acceso a ellas, es de esperar que en un futuro no muy lejano sean parte del día a día en diferentes eslabones de la cadena alimentaria, asociados a la mejora continua basada en el enfoque de procesos.

Un aspecto importante de la IA es el hecho de que no sustituye el conocimiento y valoración de los miembros del equipo de calidad e inocuidad, quienes tendrán en sus manos la decisión final respecto a los datos documentados que arroje la IA respecto al SGCI.

Al existir implicaciones ético-morales, sociales y legales, las regulaciones gubernamentales no quedan de lado en este caso, en 2023 se han emitido órdenes ejecutivas en EEUU y regulaciones específicas en China y en 2024 es emitida por la unión Europea la primera Ley en el mundo sobre Inteligencia Artificial.

Todo un reto en el futuro inmediato de la industria alimentaria mundial y por lo tanto una oportunidad para las empresas productoras y transformadoras locales de no quedar rezagadas en los mercados nacional e internacional.

Dr. Carlos Alberto Campos Bravo
Editor Responsable

Elaboración y evaluación de galletas enriquecidas con fibra proveniente de la cáscara del fruto de tamarindo (*Tamarindus indica*)

Preparation and evaluation of cookies enriched with fiber from the shell of tamarind fruit (*Tamarindus indica*)

Mariana Cruz-Montesinos, Elias Ricardo Neria-Padilla*, Christopher González-Pérez, Jonás Jiménez-Soto

Licenciatura en Ciencia de los Alimentos, Departamento de Salud Pública, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez N° 2100. Nextipac, Zapopan, Jalisco, C.P. 45200. *Correo-e: elias.neria0465@alumnos.udg.mx

Recibido: 26/nov/2023 Aceptado: 07febrero/2024 // https://doi.org/10.32870/rayca.v5i5.74

ID 1er Autor: *Mariana Cruz-Montesinos* / **ORC ID**: 0009-0001-1161-3684
ID 1er Coautor: *Elias Ricardo Neria-Padilla* / **ORC ID**: 0009-0003-1467-2430
ID 2do Coautor: *Christopher González-Pérez* / **ORC ID** 0009-0001-6047-9768
ID 3er Coautor: *Jonás Jiménez-Soto* / **ORC ID**: 0009-0008-3307-0116

Resumen

Introducción: Jalisco es uno de los estados con mayor producción de tamarindo a nivel nacional. El 16% del tamarindo es cascara la cual se desecha durante la producción de alimentos a base del mismo. Existe la tendencia hacia alimentos ricos en fibra. La fibra insoluble ayuda a prevenir enfermedades gastrointestinales. La cáscara de tamarindo aporta una cantidad significativa de fibra. **Objetivo:** Elaborar una galleta enriquecida con la fibra proveniente de la cáscara de tamarindo. **Material y métodos:** Tipo de investigación experimental, cuantitativa y descriptiva. Se elaboraron galletas de mantequilla, se realizaron análisis bromatológicos en los laboratorios de gastronomía y fisicoquímica alimentaria, pertenecientes al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Se aplicaron 111 evaluaciones sensoriales en la institución y en la séptima edición de Expo Imagina, en Zapopan, Jalisco**,** en octubre de 2023. Se realizó una prueba hedónica evaluando atributos como sabor, color, olor, textura entre otros. **Resultados:** Se generó una galleta de mantequilla con un 16% de cáscara. La cual aporta 10% de fibra por paquete. Teniendo una aceptación general del 81% en la evaluación sensorial. **Conclusiones:** La galleta obtuvo una aceptación sensorial del 80%. El aporte de fibra es equivalente a un cuarto de la ingesta diaria recomendada.

Palabras clave: Cáscara de tamarindo, Galleta, Fibra dietética.

Abstract

Introduction: Jalisco is one of the states with the highest production of tamarind nationwide. 16% tamarind is shell, which is discarded during the production of food based on it. There is a trend towards foods rich in fiber. Insoluble fiber helps prevent gastrointestinal diseases. Tamarind peel provides a significant amount of fiber. **Objective:** Make a cookie enriched with fiber from tamarind peel. **Material and methods:** Type of experimental, quantitative and descriptive research. Butter cookies were made, and bromatological analyzes were carried out on them. These were carried out in the gastronomy and food physical chemistry laboratories, belonging to the University Campus for Biological and Agricultural Sciences. 111 sensory evaluations were applied at the institution and at the seventh edition of Expo Imagina, in Zapopan, Jalisco, in October 2023. A hedonic test was carried out evaluating attributes such as flavor, color, smell, texture, among others. **Results:** A shortbread cookie with 16% shell was generated. Which provides 10% fiber per package. Having a General acceptance of 81%. **Conclusions:** The cookie obtained a sensory acceptance of 80%. The fiber contribution is equivalent to a quarter of the recommended daily intake.

Keywords: Tamarind peel, Cookie, Dietary fiber.

Introducción

Mediante un estudio realizado por parte de Kantar Worldpanel se comprobó que al menos el 99.7% de la población mexicana consume galletas, de este consumo el 80% son pertenecientes al grupo de galletas dulces, considerado uno de los segmentos menos saludables (SEM-MÉXICO, 2020).

Una principal inclinación de los consumidores que han alertado al sector es la aclaración nutrimental, ya que las personas buscan que dentro de su valor nutricional cuenten con gran cantidad de fibra y proteína, y con menor cantidad de gluten y grasas trans (Mercado de Galletas En México, Informe, Crecimiento, 2023-2028, 2023).

Como lo mencionan Konecny y Miles (2021), actualmente existe la tendencia hacia alimentos más saludables y ricos en fibra. La fibra insoluble ayuda a prevenir enfermedades gastrointestinales, así como en el proceso de digestión. El tamarindo es un fruto que aporta una cantidad importante (20 gramos en cada 100 gramos de tamarindo) de este tipo de fibra, siendo la cáscara la que aporta la mayor parte (García, 2023).

El tamarindo ha demostrado poseer características benéficas como tratamiento contra la hipercolesterolemia y las enfermedades derivadas de la misma además de ayudar a la reducción del colesterol, lípidos y controlar el peso corporal (Páez-Peñuñuril, et al., 2015). Los beneficios que aporta la fibra son (Almeida-Alvarado et al., 2014):

1. Previene el cáncer de colon, esto mediante la fermentación de los ácidos grasos que contiene la fibra.

2. Ayuda en enfermedades diverticulares, hemorroides y constipación.

3. Ayuda a controlar el peso, aquellos alimentos que contienen fibra soluble reflejan una sensación de saciedad, disminuyendo así el consumo de alimentos.

4. Prevenir diabetes: una ingesta frecuente de fibra y dieta equilibrada ayuda a prevenir este tipo de enfermedades.

5. Consumir fibra soluble reduce la asimilación de los carbohidratos simples, esto ayuda a controlar los niveles de glucosa en sangre.

6. El consumo de fibra reduce los niveles de colesterol LDL.

7. Ayuda en la prevención de enfermedades como: diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y gastrointestinales.

En México los principales estados productores de tamarindo son Jalisco, Colima y Michoacán. La producción nacional es de 49 mil toneladas aproximadamente, de las cuales el 16% son cáscara (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). Las cáscaras de tamarindo se desechan durante la producción de alimentos a base de este fruto.

Las cáscaras de tamarindo, una fruta tropical consumida en todo el mundo, se desechan durante la producción de alimentos. Al ser voluminosas, las cáscaras de tamarindo ocupan un espacio considerable en los vertederos, donde se eliminan como residuos agrícolas, de aquí nace la idea de aprovechar los desperdicios generados por estas industrias que procesan fruto de tamarindo, para la elaboración de galletas enriquecidas con fibra proveniente de la cáscara.

Objetivo

Elaborar, analizar bromatológicamente y evaluar sensorialmente galletas enriquecidas con fibra proveniente de la cáscara del fruto de tamarindo (*Tamarindus indica*).

Material y métodos

Se realizó una investigación de tipo experimental, cuantitativa y descriptiva. El proyecto se llevó a cabo en los Laboratorios de Gastronomía y Fisicoquímica Alimentaria del Departamento de Salud Pública del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara.

Se realizaron tres formulaciones como se presenta en el cuadro 1. Las galletas se hornearon a 170°C por 30 min.

Cuadro 1. Cantidad en porcentajes de las distintas formulaciones para la galleta enriquecida con cascara de tamarindo

Ingredientes	Formulación 1 Porcentaje	Formulación 2 Porcentaje	Formulación 3 Porcentaje
Harina	40,50	40	40,50
Cascara	15	20	16
Mantequilla	25	20	18
Huevo	16	16	16
Azúcar	3,5	4	9,50
Total	**100**	**100**	**100**

Fuente: Directa

A la formulación que arrojó los mejores atributos sensoriales de olor, color, textura, sabor y apariencia para los desarrolladores, se le realizaron los análisis bromatológicos, por duplicado (humedad, cenizas, proteína, fibra, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno y pH) (Ruvalcaba-Barrera y Landeros-Ramírez, 2015).

Con los datos obtenidos y de acuerdo con la NOM-051-SCFI/SSA-2010 (Secretaría de Economía, 2010), se realizó la declaración nutrimental de esta galleta. Se evaluó sensorialmente por 111 potenciales consumidores, hombres y mujeres de entre 20 y 60 años de edad, mediante una prueba con escala hedónica de 5 puntos (1 nada rica, 2 poco rica, 3 rica, 4 moderadamente rica, 5 muy rica) para los atributos ya mencionados. Las encuestas se llevaron a cabo en el CUCBA y en la séptima edición de Expo Imagina, ambas ubicadas en el municipio de Zapopan, Jalisco.

Resultados y discusión

En la formulación 1 se elaboraron galletas de 10 gr cada una. Presentaron un grosor muy delgado, por tanto, al realizar su horneado con los parámetros mencionados, al final se obtuvieron galletas demasiados crujientes y un poco quemadas, a su vez los desarrolladores sugirieron aumentar el dulzor de la galleta.

En el caso de la formulación 2 se utilizaron 15 gr de masa en cada galleta y se incorporó mayor cantidad de azúcar, sin embargo, por la cantidad de masa aumento su grosor, al salir del horno se presentaron galletas un tanto crudas en el centro de la galleta y en cuanto a la textura por la cantidad de cascara añadida en la masa se presentó una galleta bastante porosa, haciendo que la textura no fuese agradable al momento de evaluarla.

Debido a los resultados obtenidos, se decidió realizar la tercera formulación. Se utilizaron 239 g de masa en porciones de 10

g por galleta. Se obtuvo una galleta crujiente siendo muy tenue la presencia de la cascara de tamarindo con respecto a la textura.

El sabor predominante fue el de la mantequilla, con dulzor muy tenue, respecto al tamarindo su presencia en el sabor se pudo detectar muy poco. En cuanto al olor, se percibe la presencia de la mantequilla añadida en la formulación. El color de estas galletas fue de tonalidad café, esto se debe a la cantidad y color particular de la cáscara de tamarindo. Esta formulación fue la elegida para realizar los análisis bromatológicos y la evaluación sensorial.

Análisis bromatológicos

De acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1924/2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos, "solamente podrá declararse que un alimento posee un alto contenido de fibra, así como efectuarse cualquier otra declaración que pueda tener el mismo significado para el consumidor, si el producto contiene como mínimo 6 g de fibra por 100 g o 3 g de fibra por 100 kcal" (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2006), por lo que las galletas enriquecidas con fibra de cáscara de tamarindo son denominadas "altas en fibra", debido a que presentaron 10 g / 100 g de producto (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Resultados de análisis bromatológicos de las galletas de mantequilla con fibra de la cáscara de tamarindo

Análisis	**Promedio ± Desviación estándar**
Humedad	10,05 ± 1,27 %
Ceniza	1,35 ± 0,22 %
Grasa cruda	18,7 ± 0,57 %
Fibra cruda	10,05 ± 2,51 %
Proteína	11,76 ± 0,32 %
Extracto libre de nitrógeno	48,09 ± 0,10 %
pH	5,13 ± 0,3

Fuente: Directa

Especificaciones nutrimentales

Basada en la formulación tres del cuadro uno se presenta la información nutrimental de la galleta enriquecida con fibra de cáscara de tamarindo (Cuadro 3), en el cual se destaca el alto en fibra que en un paquete de seis piezas aportaría 6,03 g.

El aporte de fibra de las galletas desarrolladas es equivalente a un cuarto de la ingesta diaria recomendada (6 g por cada 60 g de producto). Expertos en alimentación sugieren una ingesta diaria de 24-25 g de fibra al día, sin embargo, en México la mayoría de las personas solo consumen alrededor de 17 g (Secretaría de Salud, 2016).

Cuadro 3. Información nutrimental de las galletas de mantequilla con fibra de la cáscara de tamarindo

Nutrientes	**Por 100 g**	**Por paquete de 6 piezas (60 g)**
Grasa cruda	18,7 g	11,22 g
Fibra cruda	10,05 g	6,03 g
Proteína	11,76 g	7,05 g
Extracto libre de nitrógeno	48,09 g	28,85 g
Contenido energético	447,9 Kcal	268,74 Kcal

Fuente: Directa

Evaluación sensorial

Al realizar las evaluaciones sensoriales, cada uno de los atributos tuvo una aceptación mayor al 75%, siendo el color el atributo con mayor aceptación. El producto tuvo una aceptación del 81% (figura 1).

De las 111 evaluaciones hedónicas realizadas, el 63 % de estas fueron contestadas por público en general que cuya edad rondaba entre 20 y 65 años destacando que el producto tuvo mayor aceptación por parte de los evaluadores de 40 a 65 años, sin embargo el otro 37 % de los encuestados fueron alumnos de entre 20 a 27 años, que al momento de realizar la evaluación se mostraban intrigados por conocer sobre el producto, sin embargo, al momento de evaluarlo su aceptación con base al sabor fue mínima, debido a la poca cantidad de azúcar de la galleta.

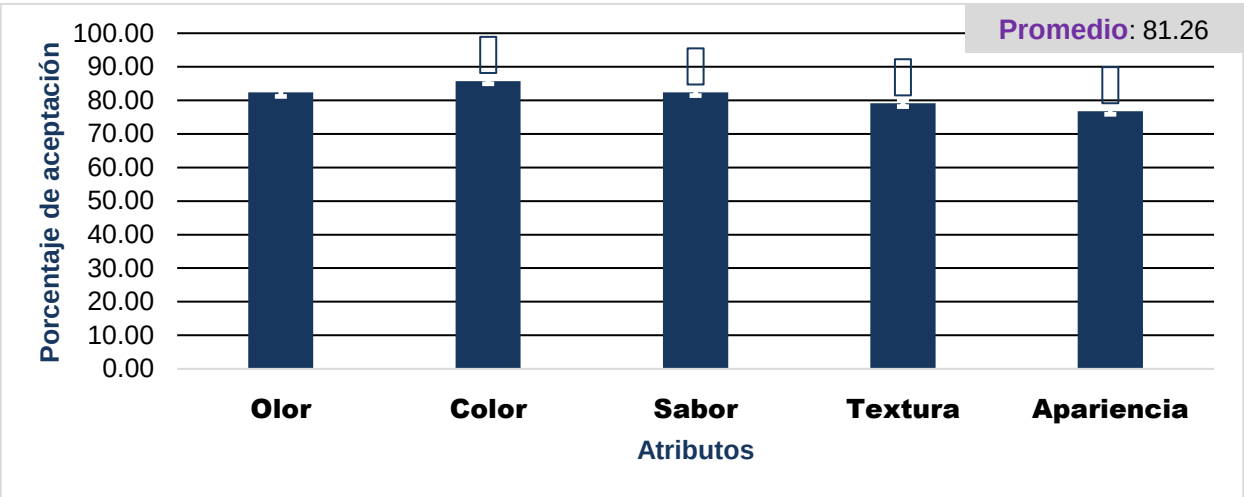

Figura 1. Nivel de aceptación de los atributos de la galleta enriquecida con fibra de cáscara de tamarindo
Fuente: Directa

En el Instituto Tecnológico del Sur de Nayarit se llevó a cabo un proyecto titulado "galletas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)", en el cual se elaboró una galleta similar. No obstante, se identificaron algunas diferencias, especialmente en la formulación de la galleta, ellos utilizaron pulpa de tamarindo como saborizante, además de emplear margarina en lugar de mantequilla. También se observó una variación en el proceso de secado de la fibra (24 horas a 70 °C) (Hernández y González, 2010). Esta galleta tiene un menor aporte nutricional debido al alto contenido de margarina y no aporta los mismos beneficios que las galletas elaboradas en el presente estudio.

Es necesario que se continúe con la investigación para mejorar y completar el trabajo, partiendo de realizar análisis micro-biológicos los cuales permitirían conocer con exactitud la vida de anaquel de este producto ayudando para establecer cómo se llevarán a cabo empaque, transportación y almacenamiento del mismo, cumpliendo con los límites máximos establecidos en la normatividad.

El potencial de la inclusión de la fibra de la cascara de tamarindo en otros productos es amplia. Se recomienda que se generen nuevas investigaciones, por ejemplo, para incluirla en una bebida enriquecida con este tipo de fibra. Esta idea parte debido a la vida rutinaria que muchas personas pueden llevar

a causa de su trabajo, estudios e incluso salud, generando que la población tenga problemas intestinales como lo puede ser la colitis, que es muy frecuente hoy en día, por ello sería de gran aportación la elaboración de una bebida que ayude al mejoramiento de la salud intestinal y tenga fácil accesibilidad para el consumidor.

Conclusiones

1. Se generó una galleta de mantequilla con fibra de cáscara de tamarindo que aporta el 10% de fibra por cada 100g de producto, por lo tanto, es considerada una galleta "rica en fibra".

2. El atributo sensorial con mayor aceptación fue el color. Mientras que el promedio de aceptación global de la galleta fue superior al 80%.

3. El aprovechamiento de la cáscara de tamarindo en el desarrollo de un producto como las galletas, permite contribuir a reducir el desperdicio generado por la industria del tamarindo.

Referencias

Almeida-Alvarado, S. L., Aguilar-López, T., & Hervert-Hernández, D. (2014). La fibra y sus beneficios a la salud. *Anales Venezolanos de Nutrición*, *27*(1), 73–76. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522014000100011

García, G. (2023). Snacks saludables plant-based, una tendencia que se fortalece. https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/snacks-saludables-plant-based-una-tendencia-que-se-fortalece/

Hernández, E., A., y González, P. S. (2010). Galletas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.). *UNACAR Tecnociencia*, *4*(1), 16-21. https://www.researchgate.net/publication/272158348_Galletas_de_tamarindo_Tamarindus_indica_L

Konecny, L. y Miles, J. (2021). Tendencias de consumo: una nueva era en el mercado de productos horneados. *Foodnewslatam.com.* https://www.foodnewslatam.com/paises/73-argentina/11767-tendencias-de-consumo-una-nueva-era-en-el-mercado-de-productos-horneados.html

Mercado de Galletas en México, Informe, Crecimiento, 2023-2028. (2023). Informesdeexpertos.com. https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/biscuits-market

Páez-Peñuñuril M.., Mercado-Mercado G., Blancas-Benítez F. J., Villegas-González R., Sáyago-Ayerdi s. *(*2015*).* COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PROPIEDADES SALUDABLES DEL TAMARINDO (Tamarindus indica L). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud.* Volumen XVIII, Número 1 p10-21. Universidad de Sonora

Parlamento Europeo y del Consejo. (2006). Reglamento (CE) N o 1924/2006 del Parlamento EUROPEO y del Consejo. *Diario Oficial Europeo https://www.boe.es/doue/2006/404/L00009-00025.pdf*

Ruvalcaba Barrera, S. y Laderos Ramírez, P. (2015). *Evaluación de la Composición de Alimentos* [Técnicas de Laboratorio].

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *Tamarindo*. Agricultura/SIAP. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/726331/Tamarindo.pdf

Secretaría de Economía. (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre envasados-Información comercial y sanitaria. *Diario Oficial de la Federación. México, D.F. febrero 18 de 2010. https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11_C/seeco11_C.htm*

Secretaría de Salud. (2016). *¿Cuánta fibra dietética se debe consumir?* Gob.mx. https://www.gob.mx/salud/articulos/cuanta-fibra-dietetica-se-debe-consumir#:~:text=Por%20eso%2C%20el%20comit%C3%A9%20de,de%20fibra%20diet%C3%A9tica%20al%20d%C3%ADa.

SEM-MÉXICO. (2020). *Superan galletas el tope de azúcares, grasas y sodio*. Semítico. https://semmexico.mx/superan-galletas-el-tope-de-azucares-grasas-y-sodio/

Canasta básica de alimentos con enfoque nutricional: una revisión narrativa

Basic food basket with a nutritional approach: a narrative review

Diana Carolina Moreno-Rovira[1], Laura Verónica Cavadía-Yélamo[1], Sheila Cerezo de Ríos[1], Israel Ríos-Castillo[2,3*]

[1]Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad Interamericana de Panamá (UIP). Ciudad de Panamá, Panamá.
[2]Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Oficina Subregional de la FAO en Mesoamérica. Ciudad de Panamá, Panamá.
[3]Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Medicina, Universidad de Panamá. Ciudad de Panamá.
*Correo-e: israel.rios@fao.org

Recibido: 28/ene/2024 Aceptado: 07/mar/2024 // https://doi.org/10.32870/rayca.v5i5.76

ID 1er Autor: *Diana Carolina Moreno-Rovira* / **ORC ID**: 0009-0000-3027-8896
ID 1er Coautor: *Laura Verónica Cavadía-Yélamo* / **ORC ID**: 0009-0002-1801-7540
ID 2do Coautor: *Sheila Cerezo de Ríos* / **ORC ID**: 0000-0001-9443-3189
ID 3er Coautor: *Israel Ríos-Castillo* / **ORC ID**: 0000-0001-9443-3189

Resumen

La malnutrición por exceso y las enfermedades crónicas no transmisibles (ENT) alcanzan cifras pandémicas. Promover una alimentación saludable es clave para detener el aumento de la obesidad y prevenir las ENT. Las canastas básicas de alimentos con enfoque nutricional (CBAN) pueden complementar las políticas de combate a la obesidad y ENT en favor de las dietas saludables. El objetivo de este trabajo es revisar la literatura disponible para compilar y analizar la evidencia sobre CBAN. Existe una amplia heterogeneidad en el abordaje y diseño de estas canastas. La asignación de alimentos por grupos es variable y depende de aspectos como la cultura o el poder adquisitivo. El precio, la temporalidad productiva, así como la voluntad política son clave para que los países desarrollen una canasta alimentaria saludable. La región de América Latina y el Caribe tiene poco desarrollo sobre CBAN, siendo este clave para facilitar el acceso a las dietas saludables. La CBAN es útil además para diseñar programas de educación alimentaria y nutricional e informar diseño de programas de alimentación y nutrición.

Palabras clave: Malnutrición, canasta de alimentos, enfermedades crónicas, educación nutricional, nutrición.

Abstract

Malnutrition and non-communicable chronic diseases (NCDs) have reached pandemic level. Promoting a healthy diet is key to curbing the rise of obesity and preventing NCDs. Basic food baskets with a nutritional focus (BFBNF) can complement policies aimed at combating obesity and NCDs in favor of healthy diets. The objective of this work is to review the available literature to compile and analyze evidence regarding BFBNF. There is significant heterogeneity in the approach and design of these baskets. Food grouping varies and depends on factors such as culture and purchasing power. Price, seasonal production, and political will are crucial for countries to develop a healthy food basket. The Latin American and Caribbean region has limited development in terms of BFBNF, which is essential for facilitating access to healthy diets. BFBNF is also useful for designing food and nutrition education programs and informing the design of food and nutrition programs.

Keywords: Malnutrition, food basket, chronic diseases, nutritional education, nutrition.

Introducción

Según el informe de la nutrición mundial, la malnutrición es la principal causa de mala salud y mortalidad en los países desarrollados y en vías de desarrollo (Development Initiatives, 2018). Se estima que 1,9 mil millones de personas tienen exceso de peso, mientras que la obesidad afecta a 650 millones de personas en todo el mundo, lo que está ocasionando altas cifras de discapacidad y muerte por enfermedades crónicas no transmisibles (ENT) (World Health Organization [WHO], 2021).

En América Latina y el Caribe, la obesidad afecta al 24,2 % de los adultos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] et al., 2023). A pesar de que existe evidencia que muestra que la adhesión a estilos de vida saludables conlleva a menores riesgos de mortalidad, ya sea cardiovascular o respiratoria, entre la población adulta (Zhu et al., 2019), los hábitos alimentarios actuales y el sedentarismo están haciendo que la prevalencia de obesidad siga aumentando.

Los desafíos actuales de malnutrición demandan actuar a nivel de las políticas públicas (Hawkes et al., 2015) así como contar con herramientas de apoyo a éstas que faciliten el acceso a las dietas saludables (FAO et al., 2023).

Los hábitos alimentarios mal sanos junto con la alta oferta de alimentos poco saludables, en particular los productos ultra procesados y bebidas azucaradas (Monteiro et al., 2010), han modificado las estadísticas de malnutrición en todo el mundo. Por lo tanto, se requieren enfoques innovadores en materia de política, como contar con una definición clara de una canasta básica de alimentos, pero con enfoque de mejor nutrición. También, las ENT constituyen un problema creciente en países de bajos y medios ingresos, adicionalmente, son la principal causa de muerte y discapacidad en el mundo (Organización Panamericana de Salud [OPS], 2023). Varias ENT son consecuencias de malos hábitos alimenticios y son la principal causa de muerte temprana y prevenible en América (OPS y Universidad de Washington, 2017).

A través de los años, se ha ido instalando el concepto de la canasta básica de alimentos (CBA), herramienta económica útil para definir la línea de pobreza y de los ingresos económicos mínimos para cubrir las necesidades básicas de alimentación (Antún et al., 2010). Una revisión sistemática sobre los precios de los alimentos ante las desigualdades socioeconómicas en la calidad de la dieta resaltó que los alimentos de menor valor nutricional cuestan menos y generalmente son seleccionados por los grupos en condición de mayor vulnerabilidad socioeconómica, existen alimentos ricos en nutrientes y esta misma población evita seleccionarlos. Por lo que, los autores proponen hacer énfasis en identificar estos patrones y hacerlos una prioridad en las políticas de nutrición y de la salud (Darmon y Drewnowski, 2015).

La calidad de la dieta y la actividad física previenen y retrasan el desarrollo de las ENT y estos estilos de vida saludables, junto con evitar el consumo de alcohol, el no fumar y disminuir los niveles de estrés forman parte de las intervenciones primarias de estas enfermedades (Gil et al., 2015). Sin embargo, para lograr estos resultados se requiere una adecuada adhesión a dietas de mejor calidad nutricional, siendo esto uno de los principales indicadores de una mejor calidad de vida (Zhu et al., 2019).

A pesar de ello, para la mayoría de los países, las CBA son desarrolladas con enfoque económico, representando el patrón alimentario de la población, en los cuales

incluye productos saludables y no saludables. Gran cantidad de los alimentos incluidos en estas canastas no se adaptan a lo establecido en las Guías Alimentarias de los países. Por su parte, la canasta básica de alimentos con enfoque nutricional (CBAN) determina las cantidades mínimas para cubrir las recomendaciones nutricionales de energía, proteínas, vitaminas y minerales, dando como resultado una dieta saludable y balanceada (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá [INCAP], 2019).

El desarrollo sostenible y el crecimiento económico de un país se sustenta en poblaciones saludables y productivas, de ahí la necesidad de mejorar los recursos de prevención y proponer una lista de alimentos saludables que puedan ser consumidas por toda la población. Este trabajo tiene por objetivo revisar la literatura disponible para compilar y analizar la evidencia sobre CBAN.

La canasta básica de alimentos

La historia de la CBA se remonta al siglo XX, cuando Seebohm Rowntree, un químico inglés, buscaba disminuir los efectos de la pobreza en los trabajadores de la ciudad de Nueva York. Para lograrlo, Rowntree calculó la cantidad de proteínas y calorías que necesita el cuerpo humano para un correcto funcionamiento y, en ese momento, se crea la primera CBA en el mundo (Instituto de Estudios Educativos y Sindicales de América [IEESA], 2015).

A partir de entonces, la CBA es un referente monetario sobre el costo mínimo de aquellos alimentos que satisfacen las necesidades calóricas y proteicas, según la recomendación de la Organización Mundial de la Salud [OMS] y la FAO. Para ello, se estima el requerimiento energético individual a partir de parámetros como la composición corporal y el nivel de actividad física habitual, considerando además antecedentes geográficos, culturales y económicos, así como también la distribución de macro y micronutrientes (FAO, 2001; Pérez et al., 2010).

La elaboración de la canasta básica de alimentos se basa en los patrones de gasto y consumo de la población. Por ende, estas no son normativas, ni aseguran alimentos saludables. Según un análisis comparativo realizado en Chile, la canasta alimentaria presenta deficiencias nutricionales, necesarias para un correcto crecimiento y desarrollo de la población (Díaz et al., 2006). Conociendo que esta cesta alimentaria es un indicador de alta relevancia y está relacionado con el ingreso per cápita de los habitantes de un país (Quito et al., 2021), no es de extrañar que el criterio económico prime en su diseño.

El valor de dicha canasta es utilizado además con fines estadísticos, permitiendo establecer la línea de pobreza e indigencia. Además, este instrumento ayuda a determinar el salario mínimo de una población y asegurar que los hogares cuenten con ingresos suficientes para cubrir la cesta alimentaria capaz de satisfacer un mínimo de necesidades energéticas y proteicas (Comisión Económica para América Latina [CEPAL], 2021).

La canasta permite también diferenciar las preferencias alimentarias y su evolución con el paso del tiempo, de esta manera se pueden mostrar diferencias o condiciones opuestas entre hábitos alimentarios que la comunidad internacional ha determinado como necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales de una persona promedio saludable, por lo que la cesta alimentaria juega un rol de gran importancia en la Seguridad Alimentaria y la Nutrición (SAN). Sin embargo, su uso tiene críticas, porque incluso puede quedarse corto frente a

las necesidades de una familia (Orjuela y Sandoval, 2018).

La Comisión Económica para América Latina (CEPAL, 1980), tomando como referencia un estudio de pobreza de la región centroamericana, junto con el INCAP desarrollaron una metodología para el desarrollo de la CBA, definida como el valor mínimo estimado de alimentos esenciales para sobrevivir, comparando el ingreso familiar, el costo de la canasta y ajustando dicho valor según el tamaño de la familia; se consideraron además criterios de selección de alimentos que incluyen la universalidad, el aporte energético y la participación en el gasto de alimentos (CEPAL, 1980; CEPAL, 2021). Sin embargo, se reconoce que la definición de la pobreza se ha ampliado para incorporar otro tipo de privaciones que afectan a la familia, las cuales van más allá de únicamente la alimentación (World Bank, 2012); entre ellas están la falta de educación, vivienda, salud, desigualdad y exclusiones, entre otras, todas ellas conocidas como la pobreza multidimensional (Alkire, 2007).

Actualmente, cada país ha adaptado el concepto de CBA. En Latinoamérica, la mayoría ha mantenido la metodología propuesta por el INCAP plasmada en la figura 1, haciendo modificaciones y adaptándolas a sus necesidades (Menchú y Osegueda, 2006).

La canasta básica de alimentos con enfoque nutricional

La CBAN, a diferencia de la CBA, es una guía que brinda orientación y consejería para una dieta saludable y balanceada. La canasta nutricional puede servir como guía alimentaria para cubrir las recomendaciones de proteína, vitaminas y minerales, tomando en cuenta las preferencias culturales de cada país o región, con un mínimo alimentario y que sea accesible económicamente. La canasta nutricional debe estar al alcance de toda la población y no solo un estrato social, porque todos tienen derecho a una alimentación saludable (INCAP, 2019), respetando el criterio de universalidad y fundamentada en el derecho a la alimentación adecuada.

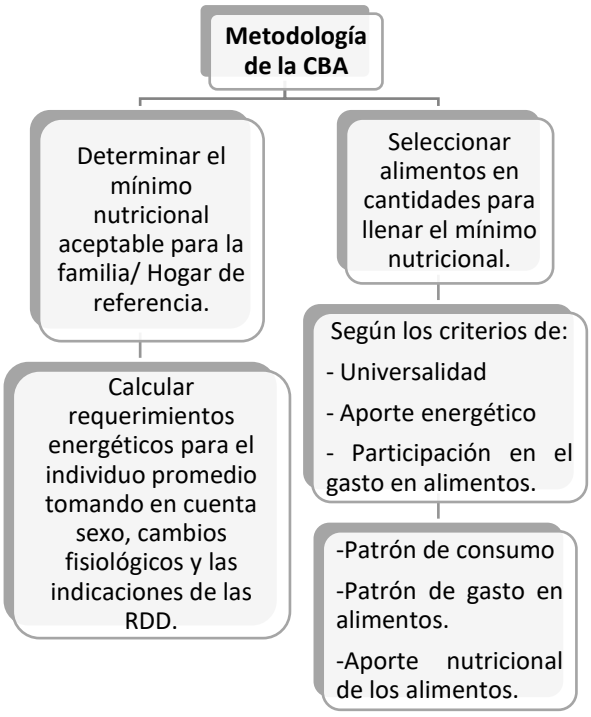

Figura 1. Diagrama de flujo de metodología de la CBA. Nota. Propuesto por Menchú y Osegueda, 2006
CBA= canasta básica de alimentos.
RDD= recomendaciones dietéticas diarias.

El patrón alimentario de la población ha ido cambiando con el transcurso del tiempo, y no necesariamente se han obtenido hábitos de una alimentación saludable. Por eso, la elaboración de la CBAN es fundamental para brindar herramientas apropiadas para asegurar la promoción de la SAN (Fajardo y Britz, 2020).

De esta forma, el INCAP en Centroamérica presentó la metodología de la cesta alimentaria con enfoque de nutrición, la cual es diferente e independiente a los objetivos y

aplicaciones de la CBA. El objetivo de esta canasta no es económico. Sin embargo, la propuesta de una canasta basada en una mejor nutrición podría orientar en la incorporación de alimentos saludables, cuyos precios deberían ser vigilados para el bienestar de la población (Fajardo y Britz, 2020). Para dicha canasta se deben eliminar todos los productos procesados y ultra procesados no saludables, altos en grasa, sodio y azúcares, como embutidos, galletas, golosinas, bebidas azucaradas, entre otros, estos alimentos son reconocidos por ser nutricionalmente desequilibrados, pueden crear hábitos de consumo inadecuados y adicción, sobre todo en la población infantil y adolescente (Monteiro et al., 2014).

Aspectos sobresalientes sobre el desarrollo e implementación de las canastas básicas de alimentos con enfoque nutricional

Se resalta la importancia de las canastas alimentarias saludables en el contexto actual de inseguridad alimentaria y malnutrición, agravado por los altos precios de los alimentos, el cambio climático, la globalización y la urbanización, así como de los riesgos de pandemias globales. La escasez de datos contextuales en nuestra región requiere un enfoque local para comprender las necesidades específicas de la población para facilitar el acceso a las dietas saludables. El desarrollo de esta herramienta debe también considerar la sostenibilidad y la resiliencia frente al cambio climático. A continuación, se resumen varios trabajos alrededor de las canastas básicas de alimentos con enfoque en una mejor nutrición.

En Australia se encontraron cuatro estudios, donde destacan el costo, asequibilidad, disponibilidad y actualización de su CBAN (Palermo & Wilson, 2007; Queensland Health & Queensland Treasury, 2012; Tsang et al., 2007; Williams, 2010). También se resaltan Costa Rica (Hidalgo et al., 2020; Peraza, 2022) y España (Bartrina et al., 2016; Gil et al., 2014) por contar con estudios en relación con CBAN.

En Irán además de querer desarrollar una CBAN también buscaban que fuese sostenible, saludable, económica y con bajo impacto ambiental. Para lograrlo, emplearon la metodología de programación lineal, se diseñaron varias dietas para cada objetivo, utilizando el consumo diario, logrando la disminución de la cantidad de pan, cereales, arroz, carnes rojas, grasas, aceites, azúcares y dulces. También, se aumentaron los subgrupos de aves de corral y grasas saludables, los productos lácteos, frutas y verduras. Se consideró una reducción del 14 % en la huella hídrica, una disminución del 14 % en la huella de carbono y 23 % en el costo de esta (Eini-Zinab et al., 2021).

Al menos siete países desarrollaron una CBAN desde el enfoque de satisfacer los requerimientos nutricionales y energéticos de la población, siendo estos Israel (Azarieva et al., 2016), Tanzania (Cochrane, 2016), Uruguay (Fajardo & Britz, 2020), Chile (Ministerio de Salud [MINSAL] Chile et al., 2015), Costa Rica (Hidalgo et al., 2020), Australia (Palermo & Wilson, 2007) y Sudáfrica (Shelembe, 2018). Se resalta que, en la CBAN de Chile, que cuenta con 44 alimentos, se eliminaron completamente los alimentos de bajo criterio nutricional como golosinas, embutidos, sodas y comida chatarra. Además, se aumentó la cantidad de frutas y verduras en un 107 % y las carnes rojas se disminuyeron en un 55 %, mayoritariamente de embutidos y carnes de alto contenido graso (MINSAL Chile et al., 2015).

Algunos estudios recomiendan que al desarrollar CBAN se debe tomar en cuenta el costo de esta, resaltando que es muy elevado para el ingreso mensual de la población de clase media y baja limitando su

consumo a la población de clase alta. En este caso están Dinamarca (Parlesak et al., 2016), Bosnia y Herzegovina (Arnaut-Berilo et al., 2017), Malasya (Badari & Azahari, 2014) y un estudio multicéntrico realizado en los Estados Unidos de América que incluyó Alaska y Hawái; Portland, Oregón; Samoa Americana (American Samoa); Mancomunidad de las Islas Marianas del Norte; la isla de Pohnpei dentro de los Estados Federados de Micronesia; Guam; la República de las Islas Marshall; y la República de Palau (Greenberg et al., 2020).

Badari & Azahari (2014) desarrollaron un plan de alimentos y nutrientes saludables en Malasya para una familia de referencia de cinco personas, compuesta por 35 alimentos, luego, evaluaron el costo de la ingesta y fue validada por siete semanas, se consideró que era asequible para los grupos de bajos ingresos con un costo de 320,09 MYR. Este plan sirvió de ayuda para los programas de protección social de alimentos del gobierno de este país.

En España (Bartrina et al., 2016), Argentina (Britos et al., 2018) y Países Árabes (Musiager, 2012) encontraron que era mejor diseñar la CBAN tomando en cuenta las guías alimentarias. La Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC) presentó una nueva actualización de las guías alimentarias basadas en la mejor evidencia científica disponible donde subrayan como consideraciones básicas el realizar actividad física, el equilibrio emocional y el balance energético para mantener el peso corporal adecuado; así como, la promoción de una alimentación equilibrada, variada y moderada que incluye cereales de grano entero, frutas, verduras, legumbres, cantidades variables de lácteos y alterna el consumo de pescados, huevos y carnes magras con el uso preferente de aceite de oliva extra virgen como grasa culinaria. Se refuerza el uso de productos de temporada para una dieta sostenible, saludable y solidaria (Bartrina et al., 2016).

En Argentina diseñaron la canasta saludable de alimentos basada en las guías alimentarias, utilizando el índice de densidad nutricional, donde agruparon los 320 alimentos y bebidas en tres grupos de baja, intermedia y alta calidad. Dando como resultado en el grupo de alta calidad las hortalizas, frutas, legumbres, granos, cereales integrales, lácteos reducidos en grasas y azúcares, carnes magras y huevos. En el grupo de calidad intermedia colocaron los restantes lácteos y carnes frescas, carnes procesadas, pan, harinas, pastas, arroz y algunas galletas saladas. En el último grupo de baja calidad colocaron todos los alimentos y bebidas fuentes de calorías (Britos et al., 2018).

En Costa Rica se comparó la CBA con las recomendaciones de las guías alimentarias e indicaron algunas modificaciones, sin afectar significativamente su costo. En la CBAN sugerida incorporaron 21 alimentos nuevos y eliminaron seis, por su pobre valor nutricional. Aumentaron la cantidad de cuatro alimentos (guineo, naranja, frijoles negros y rojos) y disminuyeron la cantidad de azúcar. Se mejoró significativamente el valor nutricional de esta CBAN, en cuanto a macro y micronutrientes quedando 67 alimentos de mejor calidad, variedad en cuanto a frutas y vegetales, aprovechando la gran diversidad, accesibilidad y disponibilidad de estas en este país. Es importante destacar que esta modificación aún no está aprobada, por lo que este país no la ha puesto en práctica (Hidalgo et al., 2020).

Grupos de alimentos en las canastas básicas de alimentos con enfoque nutricional

Las CBAN disponibles en la literatura tienen en común que clasifican los alimentos en

distintos grupos. Algunos utilizan solamente cuatro grupos mientras que otros los dividen en hasta 25. Los principales grupos de alimentos que resaltan en cada CBAN son lácteos, carnes, aves, frutas, vegetales y cereales. La cantidad de grupos de alimentos en los que están divididos depende de las costumbres y tradiciones de cada país.

Varios países utilizan seis grupos de alimentos en sus CBAN como Bosnia y Herzegovina (Arnaut-Berilo et al., 2017), España (Gil et al., 2014), Costa Rica (Peraza, 2022) y Australia (Tsang et al., 2007). En el caso de Adelaide, en el sur de Australia, dividen los grupos de alimentos en pan y cereales, vegetales, lácteos, frutas, comida extra, carnes y huevos. El grupo de carnes y huevos tiene el 24 % respecto al costo más alto, seguido de los vegetales con 18 % y pan, cereal, lácteos y frutas con un 16 %, esto es debido a que en las tiendas de los suburbios es más difícil conseguir estos alimentos que en los supermercados de la ciudad, por eso su precio es más elevado (Tsang et al., 2007).

En España se dividen los grupos de alimentos en cereales y derivados donde recomiendan los integrales o derivados de grano entero, también sugieren utilizar verduras u hortalizas de temporada incluidas las leguminosas tiernas. Para las frutas indican que es necesario incluir tres o más raciones variadas al día, el aceite de oliva extra virgen indica que lo pueden utilizar tanto crudo como para preparaciones culinarias. Recomiendan las carnes blancas de buena calidad, los pescados y mariscos preferirlos de temporada. Para las legumbres indican que se pueden consumir tres o más raciones a la semana con técnicas culinarias que mejoren su valor nutricional y digestión. En cuanto a la leche y productos lácteos recomiendan entre dos y cuatro raciones al día de preferencia baja en grasa y azúcares añadidos (Bartrina et al., 2016).

Los grupos de alimentos que componen la CBAN de Costa Rica son lácteos, cereales, vegetales, verduras, frutas y carnes. Se buscó asegurar alimentos fuente de vitaminas D y E, magnesio, calcio, fibra y zinc. Dentro de estos alimentos se pueden mencionar el atún fresco, el aguacate, la leche descremada, la harina de maíz, los frijoles blancos y la pasta fortificada (Peraza, 2022).

En Bosnia y Herzegovina dividen sus grupos de alimentos en cereales, pan y pasta ocupando un 40 % de los alimentos incluidos; el azúcar y las grasas en 1-2 %; las carne, huevos y pescados en 12,5 %; la leche y productos lácteos en un 12,5 %; las frutas en un 14 %; y, por último, los vegetales en 20 % de toda la CBAN. Cabe resaltar que es asequible y mantiene un costo regulado para la población (Arnaut-Berilo et al., 2017).

Particularidades en el análisis de las canastas básicas de alimentos con enfoque nutricional

La Canasta Alimentaria de Calidad (CAC) de Chile reporta una desventaja, ya que su costo es elevado y se estima que un 27,1 % de la población no puede acceder a ella (MINSAL Chile et al., 2015). Al igual que la canasta de alimentos saludables de Tanzania, que proporciona las calorías y micronutrientes que necesita la población, lo no favorable es que tiene un costo mayor debido al alto costo de las frutas en este país (Cochrane, 2016).

En Guatemala se reporta que las tres CBAN zonificadas respetan los patrones de consumo observados en la población y cubren las cantidades recomendadas de energía y macronutrientes. Se reporta que no se observan problemas de costo dado el diseño de CBAN para cada presupuesto (Monroy et al., 2012).

En Australia se ha estudiado ampliamente la CBAN (Palermo & Wilson, 2007; Queensland Health & Queensland Treasury, 2012; Tsang et al., 2007; Williams, 2010). Tsang et al., (2007), investigaron si existen diferencias en el costo, disponibilidad y asequibilidad en la CBAN. Se encontró que había una tendencia a que el costo de la CBAN fuese más elevado en los suburbios de nivel socioeconómico alto y más accesible en los suburbios de nivel socioeconómico bajo. Indicando así que Australia posee una CBAN completa, saludable, con precio asequible para toda la población.

En Bosnia y Herzegovina analizaron la canasta de alimentos para minimizar los costos diarios de los alimentos y satisfacer los requisitos nutricionales recomendados, determinaron los costos diarios de $ 1,92 Marco bosnioherzegovino considerando las necesidades nutricionales de la población. Se logró además reducir costos tras aumentar el porcentaje de vegetales en la canasta de alimentos (Arnaut-Berilo et al., 2017).

Implicaciones programáticas para facilitar el acceso a las dietas saludables a partir de las canastas básicas de alimentos con enfoque nutricional

Las CBAN son clave para que la población consuma una alimentación saludable, modifique sus comportamientos alimentarios e incremente sus conocimientos en alimentación y nutrición. Además, al hablar de CBAN es importante considerar otros factores como el costo, asequibilidad, calidad, sostenibilidad y disponibilidad, ya que en algunos casos puede ser nutritiva, pero la población no tiene los ingresos necesarios para comprar estos alimentos.

Es necesario incentivar el diseño, validación, implementación, seguimiento y evaluación de la CBAN en cada país y que sea efectiva para prevenir la obesidad y las ENT. La CBAN pudiera ser útil también para que los maestros desarrollen contenidos de educación alimentaria y nutricional, enseñando a los niños cómo debe ser su alimentación y qué opciones alimentarias preferir.

Existe heterogeneidad en la selección de los grupos de alimentos, debido a que los países adaptan la clasificación de los alimentos considerando las costumbres y aspectos nutricionales. No hay una normativa estandarizada que indique cuáles son los grupos de alimentos específicos que debe tener cada país en su CBAN. Brasil, a diferencia de la mayoría de las naciones, divide los grupos de alimentos según su nivel de procesamiento, ayudando a distinguir fácilmente aquellos alimentos ultra proce-sados que deben evitarse (Fischer & Garnett, 2016). El objetivo de crear grupos de alimentos es simplificar la educación sobre recomendaciones, valor nutricional y elección de los alimentos según su grupo.

La definición del enfoque nutricional de la CBAN es variada, puede ser por el consumo habitual, por la situación nutricional del país, por el valor nutricional de los alimentos o por los requerimientos nutricionales establecidos en el contexto local. Existe una variedad de criterios para definir el aspecto nutricional de la CBAN. La metodología de programación lineal puede ser utilizada para optimizar la ingesta diaria promedio de nutrientes para niños y adultos (Parlesak et al., 2016), basándose en las guías alimentarias si la adecuación nutricional está asegurada o no en distintos contextos para las poblaciones y se reporta que se necesitan muy pocos alimentos para cumplir con las recomendaciones nutricionales y dietéticas a un menor costo.

Jochems et al., (2017), en una revisión sistemática cuyo objetivo fue evaluar la

asociación entre patrones de consumo por grupos de alimentos antes o después de un diagnóstico de cáncer con mortalidad y recurrencia de esta enfermedad en sobrevivientes, reportaron que, aunque es limitada la evidencia, esta parece indicar que la reducción de la grasa en la dieta después del diagnóstico de cáncer de mama podría aumentar la supervivencia libre de recaídas entre los sobrevivientes de este tipo de padecimiento. Con relación a la adherencia, encontraron que la dieta occidental se asocia con un mayor riesgo de mortalidad en sobrevivientes de cáncer de mama.

Estos hallazgos resaltan la necesidad de establecer una CBAN que considere además el combate a la obesidad y la prevención de las ENT, en particular, dada la alta carga de morbilidad y mortalidad entre la población. Además, es necesario establecer un sistema de vigilancia de la CBAN que permita evaluar la relación entre su consumo y desenlaces en sujetos con ENT.

Adicionalmente, se destaca la estrecha relación entre los países que tienen una CBAN con recomendaciones específicas y su nivel de desarrollo social, siendo estos clasificados de altos ingresos en su mayoría como Canadá y Australia, los que cuentan con más investigaciones, incluso como el caso de Australia en donde se ha creado la CBAN para diferentes regiones dentro de la misma nación (Queensland Health, 2015). También existen algunas naciones de América Latina y el Caribe como Argentina, Chile, Costa Rica y Guatemala. Sin embargo, muchos países de la región no han reportado desarrollo ni investigación sobre el tema.

Se reporta poca asequibilidad a los alimentos de la CBAN, especialmente en América Latina en donde persisten grandes desigualdades sociales y una gran parte de la población no puede consumir una dieta saludable debido al alto costo, optando por dietas más económicas, pero con poco valor nutricional (FAO et al., 2022).

Lo anterior, además de depender del costo, también requiere de la voluntad política para desarrollar programas que faciliten el acceso a las dietas saludables en los segmentos más vulnerables. Se requieren políticas de protección social y al sector agropecuario local, para así lograr la disponibilidad necesaria a bajo costo y asegurar la asequibilidad de una CBAN.

El precio de los alimentos es un criterio importante para definir una CBAN. A este respecto, Darmon & Drewnowski (2015), en una revisión reportaron que las disparidades socioeconómicas en la calidad nutricional de las dietas saludables son explicadas por los altos costos de los comestibles. Es así como, los productos de bajo costo tienden a ser densos en calorías y con pobre valor nutricional, además de ser consumidos por los segmentos poblacionales de mayor pobreza. Por lo tanto, será importante enfatizar aquellos grupos de mayor vulnerabilidad, por ejemplo, a través de los programas de alimentación escolar.

Las herramientas de apoyo a políticas de SAN, como la CBAN podrán tener impacto en la prevención de la obesidad y las ENT. La manipulación del costo de los alimentos pudiera tener impacto en los patrones de consumo y por ende en las ENT y sus consecuencias. El alza de precio de los alimentos es un elemento clave para establecer una CBAN, sobre todo porque condiciona a un consumo dietético de bajo costo, pero con alto contenido de nutrientes críticos como grasas, sal y azúcar. Se requiere estudiar a fondo el impacto del alza de precios sobre los patrones de consumo de la población para comprender de mejor manera las interacciones que se dan entre los mercados y consumidores (Lee et al., 2011).

Hay que reconocer que, en los últimos años, el precio de los alimentos ha incrementado y responde a varios factores como la mayor demanda, el consumismo humano, los precios de los insumos para la producción y de los hidrocarburos; los conflictos, el cambio climático, entre otras. En Brasil, se reporta que el aumento de precio en la CBA tiene que ver en mayor proporción por la cantidad de carnes que consumen al igual que de frutas y verduras. Otro cambio importante fue el aumento en la demanda de granos para la alimentación animal ejerciendo presión sobre los productos básicos agrícolas. Por esto, se asocia el alto costo de los vegetales y frutas a las políticas públicas, ya que deben considerar estrategias para reducir los costos para cumplir con las guías alimentarias (Maia et al., 2019).

Otro elemento para considerar en el establecimiento de una CBAN es la estacionalidad. La mayor oferta de alimentos saludables y a un bajo costo se dan cuando es temporada de cosechas, sobre todo de frutas y vegetales. Stelmach-Mardas et al., (2016), reportaron relación entre el consumo y calidad de la dieta con la estacionalidad, así como con las épocas de cosechas. Por lo tanto, establecer CBAN ajustadas por el calendario de cosechas pudiera ser una alternativa favorable para asegurar que los precios sean los más bajo posibles.

Evaluaciones de calidad de la alimentación durante las diferentes épocas del año son necesarias, para comprender mejor cómo se modifican los patrones de consumo entre aquellos que realizan sus compras en mercados, ferias y centrales de abastos. Así como también, se requiere investigar cómo son las modificaciones en las conductas alimentarias de la población que realizan sus compras en cadenas de supermercados o mercados de conveniencias (Stelmach-Mardas et al., 2016).

Se requiere generar mayor importancia sobre las dietas saludables en la región, el hecho de que pocos países tengan CBAN en América Latina y el Caribe puede deberse a la poca prioridad que se da al tema de mejor nutrición, por lo que se requiere realizar abogacía y sensibilización al respecto entre los decisores políticos.

Conclusiones

Esta revisión muestra la importancia de las Canastas Básicas de Alimentos con enfoque nutricional (CBAN) como herramientas para promover una alimentación saludable y equilibrada para la población. Junto con las guías alimentarias, las CBAN buscan orientar a la población sobre la adopción de una dieta balanceada que cubra las recomendaciones de proteínas, vitaminas y minerales, teniendo en cuenta las preferencias culturales y la accesibilidad económica. En su diseño, se debe tomar en cuenta la asequibilidad para toda la población.

La evidencia muestra que el sistema alimentario actual, con predominio de un ambiente alimentario obesogénico, están contribuyendo con el aumento de la prevalencia de obesidad y de ENT. Por lo que, en la definición de la CBAN se deben eliminar los productos ultra procesados altos en azúcares, sal y grasas, a la vez que se promuevan las dietas saludables y de producción local.

Existe una gran heterogeneidad en la clasificación de los grupos de alimentos de cada CBAN que varía de acuerdo con las costumbres de cada país, permiten una mejor organización para obtener información de consumo, costo, educación nutricional e identificación de alimentos. Se observa que la mayor evidencia proviene de estudios realizados en países desarrollados como Canadá, Australia, los Estados Unidos de América, y algunos pertenecientes a la

Unión Europea, donde cuentan con políticas para contribuir a la prevención de la obesidad y las ENT.

Aunque se habla de una Canasta Básica Alimentaria, en realidad son muchas pues varían por región dada la disponibilidad de alimentos, la cultura y los hábitos de consumo. Es deseable que en su diseño participe un equipo multidisciplinario y que dichas CBAN se consideren al elaborar guías alimentarias para la población.

Financiamiento

Los autores no recibieron financiamiento de la empresa farmacéutica ni de alimentos para la realización de este trabajo.

Conflicto de intereses

Los autores se declaran libres de conflicto de interés.

Descargo de responsabilidad

Las opiniones expresadas en este artículo son responsabilidad de sus autores y no representan la opinión de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Referencias

Alkire, S. (2007). The Missing Dimensions of Poverty Data: Introduction to the special issue. *Oxford Development Studies*, *35*(4), 347-359. https://doi.org/10.1080/13600810701701863

Antún, C., Graciano, A., & Risso, V. (2010). Canasta Básica de Alimentos. *Soberanía Alimentaria*, *28*(131), 32–34.

Arnaut-Berilo, A., Delalic, A., & Huseinbasic, A. (2017). A Nutritional Analysis of the Food Basket in BIH: A Linear Programming Approach. *South East European Journal of Economics and Business*, *12*(1), 104–113. https://doi.org/10.1515/JEB-2017-0004

Azarieva, J., Orion, B., Goldsmith, R., Ginsberg, A., Milman, R., & Chernichovsky, D. (2016). *A Healthy Food Basket in Israel. A chapter from The State of the Nation*. The Taub Center. https://www.taubcenter.org.il/wp-content/uploads/2020/12/healthyfoodbasket.pdf

Badari, Z., & Azahari, S. (2014). *The development of a healthy food and nutrient plan for lower-income households in rural areas of Peninsular Malaysia* [Doctoral Thesis, University of New South Wales (UNSW)]. UNSWorks platform. https://doi.org/10.26190/unsworks/16664

Bartrina, J., Arija, V., Maíz, E., Martínez, E., Ortega, R., Pérez, C., Quiles, J., Rodríguez, A., Román, B., Salvador, G., Tur, J., Moreiras, G., & Majem, L. (2016). Guías alimentarias para la población española: La nueva pirámide de la alimentación saludable. *Nutrición Hospitalaria*, *33*(8), 1–48. https://dx.doi.org/10.20960/nh.827

Britos, S., Borg, A., Güiraldes, C., Simonetti, C., Oliveri, E., & Chichizola, N. (2018). Diseño de una canasta saludable de alimentos y criterios para una evaluación comparativa de precios y densidad de nutrientes. *Diaeta*, *36*(164), 20–29. http://ref.scielo.org/4s49ff

Castillo, Y., Diéguez, J., Moreno, O., Guerra, J., Lombardo, T., & Pérez, E. (2015). *Metodología de las nuevas Canastas básicas familiares de alimentos*. Ministerio de Economía y Finanzas de la República de Panamá. https://nanopdf.com/download/metodologia-de-las-nuevas-canastas-basicas-familiares-de_pdf

Comisión Económica para América Latina. (1980). *Canasta Familiar De Alimentos Para el Istmo Centroamericano Definición y Metodología*. Santiago, Chile. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/26329/S8000390_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Comisión Económica para América Latina. (2021). *Lineamientos metodológicos para la construcción de canastas básicas de alimentos sobre la base de criterios comunes para los países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)*. Santiago, Chile. CEPAL. https://hdl.handle.net/11362/46728

Cochrane, N. (2016, 31 de julio). *Constructing a Nutritionally Balanced Food Basket for Zanzibar: a Case Study* [conference paper]. Washington DC. https://doi.org/10.22004/AG.ECON.235662

Darmon, N., & Drewnowski, A. (2015). Contribution of food prices and diet cost to socioeconomic disparities in diet quality and health: A systematic review and analysis. *Nutrition Reviews*, *73*(10), 643–660. https://doi.org/10.1093/nutrit/nuv027

Development Initiatives. (2018). *2018 Global Nutrition Report: Shining a light to spur action on nutrition*. https://globalnutritionreport.org/reports/global-nutrition-report-2018/

Díaz, S.M.X., Neri, D.D., Moraga, M.F., Rebollo, G.M.J., Olivares, C.S., & Castillo, D.C. (2006). Análisis comparativo de la canasta básica de alimentos, pirámide alimentaria y recomendaciones nutricionales para preescolares y escolares chilenos. *Revista Chilena de Pediatría*, *77*(5), 466–472. https://doi.org/10.4067/S0370-41062006000500003

Eini-Zinab, H., Sobhani, S. R., & Rezazadeh, A. (2021). Designing a healthy, low-cost and environmentally sustainable food basket: an optimisation study. *Public Health Nutrition*, *24*(7), 1952–1961. https://doi.org/10.1017/S1368980020003729

Fajardo, G. y Britz, M. (2020). *Canasta Básica de Alimentos con enfoque nutricional para la población uruguaya* [Archivo pdf]. Canasta Básica Alimentaria con enfoque Nutricional, Escuela de Nutrición, Universidad de la República de Uruguay. http://canastas.nutricion.edu.uy/wp-content/uploads/2022/06/Canasta-CBAN-Uruguay-1.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2001). *Human energy requirements*. Roma. https://www.fao.org/3/y5686e/y5686e.pdf

FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF. (2022). *Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles*. https://doi.org/10.4060/cc0640es

FAO, FIDA, OPS, PMA, & UNICEF. (2023). P*anorama regional de la seguridad alimentaria y nutricional - América Latina y el Caribe 2022: hacia una mejor asequibilidad de las dietas saludables*. https://doi.org/10.4060/cc3859es

Fischer, C. G., & Garnett, T. (2016). *Plates, pyramids and planets-Developments in national healthy and sustainable dietary guidelines: a state of play assessment*. Food and Agriculture Organization of the United Nations and The Food Climate Research Network at the University of Oxford.

Gil, Á., Martínez, E., & Olza, J. (2015). Indicadores de evaluación de la calidad de la dieta. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, *21*, 127–143. https://doi.org/10.14642/RENC.2015.21.sup1.5060

Gil, Á., Ruiz, M., Fernández, M., & Martínez, E. (2014). The FINUT Healthy Lifestyles Guide: Beyond the Food Pyramid. *Advances in Nutrition*, *5*(3), 358S-367S. https://doi.org/10.3945/an.113.005637

Greenberg, J. A., Luick, B., Alfred, J. M., Barber, L. R., Bersamin, A., Coleman, P., Esquivel, M., Fleming, T., Leon Guerrero, R. T., Hollyer, J., Johnson, E. L., Novotny, R., deBlair Remengesau, S., & Yamanaka, A. (2020). The Affordability of a Thrifty Food Plan-based Market Basket in the United States-affiliated Pacific Region. *Hawaii Journal of Health & Social Welfare*, *79*(7), 217–223.

Hawkes, C., Smith, T. G., Jewell, J., Wardle, J., Hammond, R. A., Friel, S., Thow, A. M., & Kain, J. (2015). Smart food policies for obesity prevention. *The Lancet*, *385*(9985), 2410–2421. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61745-1

Hidalgo, V.C., Andrade, P.L., Rodríguez, G.S., Dumani, E.M., Alvarado, M.N., Cerdas, N.M., & Quirós, B.G. (2020). Análisis de la canasta básica alimentaria de Costa Rica: oportunidades desde la alimentación y nutrición. *Población y Salud En Mesoamérica*, *18*(1). https://doi.org/10.15517/psm.v18i1.40822

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (2019). *Metodología de Canasta Básica de Alimentos con Enfoque Nutricional -CBAN-*. Guatemala: INCAP/OPS. http://www.incap.int/index.php/es/noticias/90-cban-incap

Instituto de Estudios Educativos y Sindicales de América. (2015). *Un recorrido del salario mínimo y la canasta básica de alimentos 1998 a 2015*. https://optisnte.mx/wp-content/uploads/2016/09/request-15.pdf

Jochems, S.H.J., Van Osch, F.H.M., Bryan, R.T., Wesselius, A., van Schooten, F.J., Keung-Cheng,

K.K., & Zeegers, M.P. (2017). Impact of dietary patterns and the main food groups on mortality and recurrence in cancer survivors: a systematic review of current epidemiological literature. *BMJ Open*, *8*(2), e014530. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-014530

Lee, J., Ralston, R., & Truby, H. (2011). Influence of food cost on diet quality and risk factors for chronic disease: A systematic review. *Nutrition & Dietetics*, *68*(4), 248–261. https://doi.org/10.1111/J.1747-0080.2011.01554.X

Maia, N., Mourão, A.G., de Andrade, A.T., Alves, M.J., Medeiros, G.L., & da Silva, M.P.H. (2019). Price of Basic Food Basket in Brazil and the World (2003-2017): Causes and Consequences. *Journal of Experimental Agriculture International*, *32*(1), 1–10. http://dx.doi.org/10.9734/jeai/2019/v32i130093

Menchú E.M.T., y Osegueda, O.T. (2006). *La Canasta Básica de Alimentos en Centroamérica: Revisión de la metodología*. Guatemala: INCAP/OPS. https://www.sica.int/documentos/la-canasta-basica-de-alimentos-en-centroamerica-revision-de-la-metodologia_1_37006.html

Ministerio de Salud Chile, Organización Panamericana de la Salud, & Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2015). *Estudio sobre el cálculo de indicadores para el monitoreo del impacto socioeconómico de las enfermedades no transmisibles en Chile*. https://www3.paho.org/hq/dmdocuments/2015/calculo-indicadores-impacto-socioeconomico-ent-chile.pdf

Monroy, V.M.M., Rodríguez, V.F., & Toledo, C.P.F. (2012). Diseño de la nueva canasta básica de alimentos de Guatemala. *Perspectivas en Nutrición Humana*, *14*(2), 125–144. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-41082012000200003

Monteiro, C., Cannon, G., Claro, R., Bertazzi, R., Moubarac, J., Bortoletto, A., Louzada, M., Baraldi, L., & Canella, D. (2014). *Una nueva clasificación de los alimentos*. Sao Paulo, Brasil. https://www.wphna.org/htdocs/downloadsmar2013/journal/The%20food%20System%20Espanol.pdf

Monteiro, C.A., Levy, R.B., Claro, R.M., de Castro, I.R.R., & Cannon, G. (2010). Increasing consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health: evidence from Brazil. *Public Health Nutrition*, *14*(1), 5–13. https://doi.org/10.1017/S1368980010003241

Musiager, A.O. (2012). The Food Dome: dietary guidelines for Arab countries. *Nutrición Hospitalaria*, *27*(1), 109–115. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22566309/

Organización Panamericana de la Salud y Universidad de Washington. (2017). *Las dimensiones económicas de las enfermedades no transmisibles en América Latina y el Caribe. Prioridades para el control de enfermedades*. (3ª ed.). Washington DC: OPS. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/33994/9789275319055-spa.pdf?sequence=1

Organización Panamericana de Salud. (2023). *Enfermedades no transmisibles*. Washington DC. https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-no-transmisibles

Orjuela, R.E, & Sandoval, M.Y. (2018). *Propuesta de Canasta Básica de Alimentos Saludable para Colombia con Énfasis en la Región Andina*. Educar Consumidores. https://educarconsumidores.org/wp-content/uploads/2020/05/2-Cartilla-Canasta-Ba%CC%81sica.pdf

Palermo, C., & Wilson, A. (2007). Development of a healthy food basket for Victoria. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, *31*(4), 360–363. https://doi.org/10.1111/j.1753-6405.2007.00087.x

Parlesak, A., Tetens, I., Jensen, J. D., Smed, S., Blenkuš, M. G., Rayner, M., Darmon, N., & Robertson, A. (2016). Use of Linear Programming to Develop Cost-Minimized Nutritionally Adequate Health Promoting Food Baskets. *PLOS ONE*, *11*(10), 1–19. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163411

Peraza, G.K. (2022). Alimentos incluidos en la canasta básica tributaria de Costa Rica y su capacidad para suplir los requerimientos nutricionales en el caso de la población con menos ingresos. *Población y Salud en Mesoamérica*, *19*(2), 184–203. https://doi.org/10.15517/psm.v17i1.39073

Pérez, T.E., Sepúlveda, H.D. & Giraldo, V.A. (2010). Canasta Básica de Alimentos real en hogares beneficiarios de la Fundación Ximena Rico Llano

de Medellín–Colombia. *Perspectivas en Nutrición Humana*, *12*(1), 33–45.

Queensland Health. (2015). *2014 Healthy Food Access Basket Survey*. https://www.health.qld.gov.au/research-reports/reports/public-health/access/overview

Queensland Health & Queensland Treasury. (2012). *The 2010 Healthy Food Access Basket (HFAB) Survey*. Healthy Living Branch https://www.health.qld.gov.au/__data/assets/pdf_file/0022/440437/hafb-2010.pdf

Quito, B.M., Rodríguez, G.E., Uriguen, A.P., & Brito, G.L. (2021). Evolución del precio de la canasta básica del Ecuador. Análisis del periodo 2000 – 2019. *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*, *8*(2), 59-67. https://doi.org/10.26423/rctu.v8i2.551

Shelembe, N. (2018). *An analysis of the food baskets and their implications for household food security, uMsunduzi Local Municipality* [Master Thesis, University of KwaZulu-Natal]. https://researchspace.ukzn.ac.za/server/api/core/bitstreams/c3763902-54b0-4cf5-a3a7-9359c70171ac/content

Stelmach-Mardas, M., Kleiser, C., Uzhova, I., Penalvo, J. L., La Torre, G., Palys, W., Lojko, D., Nimptsch, K., Suwalska, A., Linseisen, J., Saulle, R., Colamesta, V., & Boeing, H. (2016). Seasonality of food groups and total energy intake: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*, *70*(6), 700–708. https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.224

Tsang, A., Ndung'u, M., Coveney, J., & O'Dwyer, L. (2007). Adelaide Healthy Food Basket: A survey on food cost, availability and affordability in five local government areas in metropolitan Adelaide, South Australia. *Nutrition & Dietetics*, *64*(4), 241–247. https://doi.org/10.1111/J.1747-0080.2007.00169.X

World Bank. (2012). *Assessing Poverty Measurement Practices and Statistical Capacity in Central America*. World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/ae5239ad-84ad-50b5-abd0-2d36f5f1aab6/content

World Health Organization. 2021. *"Obesity and Overweight." Fact Sheet*. Retrieved January 6, 2024 http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight

Williams, P. (2010). Monitoring the Affordability of Healthy Eating: A Case Study of 10 Years of the Illawarra Healthy Food Basket. *Nutrients*, *2*(11), 1132–1140. https://doi.org/10.3390/NU2111132

Zhu, N., Yu, C., Guo, Y., Bian, Z., Han, Y., Yang, L., Chen, Y., Du, H., Li, H., Liu, F., Chen, J., Chen, Z., Lv, J., Li, L., Clarke, R., Collins, R., Peto, R., Walters, R., Avery, D., … Qiu, Z. (2019). Adherence to a healthy lifestyle and all-cause and cause-specific mortality in Chinese adults: A 10-year prospective study of 0.5 million people. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *16*(98). https://doi.org/10.1186/s12966-019-0860-z

Estudio de factibilidad técnica para el establecimiento de un proceso industrial en la elaboración de grageas de almendra con chocolate amargo

Technical feasibility study for the establishment of an industrial process for the production of almond dragees with dark chocolate

AngelJosue Gutiérrez-Vázquez*; Lidia Buenrostro-Torres; Daniel Reyna-Rodríguez; Tania Elizabeth Rogero-Pasillas.

Licenciatura en Ciencias de los Alimentos, Departamento de Salud Pública, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez Nº 2100. Nextipac, Zapopan, Jalisco, C.P. 45110. *Correo-e: angeljosue.gutierrez8636@alumnos.udg.mx

Recibido: 14/feb/2024 Aceptado: 20/mar/2024 // https://doi.org/10.32870/rayca.v5i5.77

ID 1er Autor: *AngelJosue Gutiérrez-Vázquez* / **ORC ID**: 0009-0003-9283-4204
ID 1er Coautor: *Lidia Buenrostro-Torres* / **ORC ID**: 0009-0005-5124-6312
ID 2do Coautor: *Daniel Reyna-Rodríguez* / **ORC ID**: 0009-0003-7492-1056
ID 3er Coautor: *Tania Elizabeth Rogero-Pasillas* / **ORC ID**: 0009-0003-6459-2914

Resumen

El presente artículo parte del supuesto de que una empresa productora de cacao también elabora grageas de chocolate. Con el objetivo de realizar un estudio de escalamiento de un proceso industrial en la elaboración de grageas de almendra con chocolate amargo, se hizo una revisión bibliográfica acerca del desarrollo técnico del proceso, considerando la maquinaria necesaria y los cambios físicos y bioquímicos que se producen en la elaboración del producto. Se revisó la literatura sobre el comportamiento del mercado de la industria chocolatera, así como de las materias primas necesarias para la producción de la gragea (azúcar, cacao y almendra). Comprender los cambios en cada etapa del proceso es crucial para garantizar la calidad del producto. Si bien la realización de este estudio es una aproximación a lo que se necesita para emprender una empresa chocolatera, es importante realizar estudios de mercadotecnia y viabilidad financiaría para asegurar el éxito en la producción y comercialización.

Palabras clave: Chocolate, almendra, cacao, azúcar, proceso, gragea.

Abstract

This article assumes that a cocoa producing company also manufactures chocolate dragees. In order to carry out a scale-up study of an industrial process in the production of almond dragees with bitter chocolate, a literature review was carried out on the technical development of the process, considering the necessary machinery and the physical and biochemical changes that occur in the production of the product. The literature on the market behavior of the chocolate industry was reviewed, as well as the raw materials necessary for the production of the dragee (sugar, cocoa and almonds). Understanding the changes that occur at each stage of the process is crucial to ensure product quality. Although this study is an approximation of what is needed to start a chocolate company, it is important to conduct commercial and financial feasibility studies to ensure success in production and marketing.

Keywords: Chocolate, almond, cacao, sugar, process, dragee.

Introducción

Las grageas son productos de confitería que constan de un centro ya sea de almendra, avellana, cacahuate, frutos secos, chocolate o incluso de algunos tipos de azúcares molidos, que posteriormente son recubiertos con una capa protectora elaborada a partir de azúcar o chocolate. Dependiendo del uso de aditivos, está cubierta puede ser abrillantada u opaca (Duque, 2021).

Se considera chocolate amargo al producto homogéneo elaborado a partir de pasta de cacao y azúcar sin refinar, que presenta al menos un 40 % de masa en masa (m/m) en base seca de los sólidos totales del cacao (Secretaría de Economía [SE], 2014)

La accesibilidad de materias primas en México, como el azúcar, cacao y frutos secos, contribuye a mantener costos competitivos y fortalecer la industria local. De manera que se favorece la rentabilidad de la producción de grageas.

Por otro lado, en una encuesta realizada en 10 países distintos, por Almond Board of California, para conocer la preferencia de consumo de chocolate alrededor del mundo, se vio que el 65 % de los encuestados consideran que vale la pena pagar más por un chocolate que tiene almendra; El 76 % de los encuestados mexicanos busca almendras en el chocolate porque mejoran la calidad nutricional del producto (Bahena, 2023).

Mercado del producto

El consumo de chocolate en México durante el año 2021 tuvo un consumo per cápita de 6,2 g, mientras que, en el año 2022, tuvo un leve ascenso, logrando llegar a los 6,4 kg. La industria chocolatera en México es una de las principales contribuyentes a la economía nacional con un estimado de 26 millones de dólares tan solo en el año 2021; la mayor parte de la producción y venta de chocolate se destina al consumo local con un 75,7 %, mientras que para la exportación se destina el 24,3 % (Redacción The Food Tech, 2023). El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021), reporta que la tasa de rentabilidad que tiene la industria chocolatera es de un 27 %.

Las materias primas principales para la elaboración de las grageas, son el cacao, azúcar y almendra. En México la producción de cacao oscila entre 24,000 y 27,000 ton anuales utilizadas principalmente para la elaboración de chocolate, dentro de los principales productores de cacao, México ocupa el decimotercer lugar, exportando principalmente a Estados Unidos, aunque a pesar de esto, dentro de la producción de cacao existe un déficit de abastecimiento a nivel local, por lo tanto, se recurre a importar cacao de otros países (INEGI, 2021).

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), señalan que, en México, la producción de azúcar de caña ronda alrededor de las 5,792,000 toneladas (SADER y SIAP, 2023).

En México, la producción de almendras es tan baja que su siembra no aparece en los anuarios estadísticos de la producción agrícola (SIAP, s.f.), por otro lado, INEGI (2023), reporta tan solo dos casos de cultivo de almendras. En la bibliografía consultada, se menciona que solo se cultiva en la Costa de Hermosillo y otras pequeñas extensiones de modo que este fruto seco se necesita importar de Estados Unidos y España (Prensa InfoAgro, 2023).

Cálculo de la demanda del producto

Mediante la aplicación de la fórmula “cálculo de la demanda” (Figura 1) se realizó un estimado de producción de las grageas con

almendra cubiertas de chocolate semiamargo, con base en la siguiente proporción de ingredientes: 40 % cacao, 40 % almendra y 20 % azúcar.

$$\text{Demanda}\left[\frac{kg}{h}\right] = \left[\begin{matrix}\text{Consumo}\\ \text{Per cápita}\end{matrix}\right]\left[\begin{matrix}\text{Zona}\\ \text{Geográfica}\end{matrix}\right]\left[\begin{matrix}\text{Segmento}\\ \text{de mercado}\end{matrix}\right]\left[\begin{matrix}\text{Participación}\\ \text{en el mercado}\end{matrix}\right]\left[\frac{1}{\text{Campaña}}\right]\left[\frac{1}{\text{Jornada diaria}}\right]$$

$$\text{Demanda}\left[\frac{kg}{h}\right] = \left[0.75\ kg/\cancel{Hab} * \cancel{año}\right]\left[8{,}607{,}470\ \cancel{Hab}\right]\left[0.83\right]\left[0.025\right]\left[\frac{1\ \cancel{año}}{320\ \cancel{días}}\right]\left[\frac{1\ \cancel{día}}{8h}\right] = \boxed{52.32kg/h}$$

Figura 1. Cálculo de la demanda

Para obtener el valor de las variables necesarias, se realizó una búsqueda bibliográfica (cuadro 1), excepto para obtener la participación en el mercado, esta última se estimó utilizando la matriz de porcentaje de participación en el mercado (Cuadro 2), una herramienta que muestra 13 escenarios posibles en los que se puede ubicar a una empresa en fusión del número de competidores que tiene, el tamaño de los competidores y la similitud que presentan los productos de los competidores con los de la empresa.

Consultando los datos pertinentes en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Productivas (DENUE, s.f.), se logró identificar que el escenario 5 es el que define la participación del mercado a nivel estatal del producto objeto de este estudio. En dicho escenario el porcentaje de participación presenta un rango de 0,5 a 5 %, donde 0,5 % representa al peor escenario posible, el 2.5 % al escenario real y el 5 % al escenario ideal. Tras el cálculo de la demanda se estima que, por cada jornada de 8 horas se podrían producir 52.32 kg/h de producto.

Cuadro 1. Variables para el cálculo de la demanda

Variable	Valor numérico
Consumo per cápita	750 g/año
Zona geográfica	Jalisco, donde se registran 8 millones 607 mil 470 habitantes.
Segmento de mercado	De 10 a 60 y más años acotando a 7,176,819 millones de habitantes (83,37 %).
Participación en el mercado	2,5 % = 0,025
Campaña	320 días
Jornada	8 horas

Instituto de Información de Estadística y Geografía de Jalisco, 2022, 2023; Machorro, 2021

Cuadro 2. Matriz de porcentaje de participación en el mercado

Escenario	Tamaño de los competidores	Cantidad de competidores	Similitud de los productos	Porcentaje de participación
1	Grandes	Muchos	Similares	0 – 0,5
2	Grandes	Algunos	Similares	0 – 0,5
3	Grandes	Uno	Similares	0,5 – 5
4	Grandes	Muchos	Diferentes	0,5 – 5
5	Grandes	Algunos	Diferentes	0,5 – 5
6	Grandes	Uno	Diferentes	10 – 15
7	Pequeños	Muchos	Similares	5 – 10
8	Pequeños	Algunos	Similares	10 – 15
9	Pequeños	Muchos	Diferentes	10 – 15
10	Pequeños	Algunos	Diferentes	20 – 30
11	Pequeños	Uno	Similares	30 – 50
12	Pequeños	Uno	Diferentes	40 – 80
13	Sin competencia	Sin competencia	Sin competencia	80 – 100

Fuente: Elaboración propia

Desarrollo técnico del proceso

Con el fin de estimar cuánta materia prima es necesaria para producir 52,32 kg/h de producto, se realizó un balance de materia apoyado en el diagrama de flujo mostrado en la Figura 2.

Selección de los granos de cacao

Los granos de cacao considerados a utilizar son del tipo criollo, una variedad que destaca por su menor contenido de antocianinas, cualidad que se aprovecha para obtener chocolates de sabor y olor suave y dulce. La cosecha de las vainas de cacao se realiza tan pronto estén maduras, pues es esencial que los frutos no maduren demasiado, ya que, a mayor madurez, mayor probabilidad de infectarse con microorganismos, además, los granos podrían germinar. Es importante no cosechar vainas verdes porque no son aptas para la etapa de fermentación, por lo tanto, lo más adecuado es realizar la cosecha cuando presenten un color amarillento.

En México, la cosecha mayor ocurre entre marzo y agosto, en este periodo la recolección debe hacerse cada semana, por otro lado, la cosecha menor ocurre de octubre a febrero, en este periodo la recolección se debe realizar cada dos semanas. Es importante considerar que la cosecha se debe llevar a cabo utilizando tijeras y/o horquillas especiales, pues jalar la vaina con la mano puede dañar al árbol y perjudicar las futuras cosechas (Arvelo et al., 2017).

Partidura de la vaina

Una vez cosechada una cantidad suficiente de vainas, estas se rompen para poder extraer los granos. Se recomienda cortarlas en un lapso de dos días después de la cosecha, ya que se corre el riesgo de generar pérdidas por enfermedad. Para garantizar la calidad de los granos, también se recomienda clasificar las vainas según su grado de madurez, tamaño y cualquier señal de enfermedad o daño (Arvelo et al., 2017).

Separación de granos

Inmediatamente después de la partidura, se extraen los granos de cacao, los cuales estarán envueltos en mucílago, una pulpa blanca y carnosa que servirá como sustrato para que se dé la fermentación del grano, y en hilo, una placenta que une los granos a la mazorca de cacao (Arvelo et al., 2017; Lozano et al., 2009).

Escurrido

En esta etapa se elimina el hilo, así como también pedazos de cáscara, hojas y palos. Esto se hace con el uso de tamices. Se busca que tras este proceso los granos luzcan con un color blanco uniforme, brillante y sin impurezas (Arvelo et al., 2017).

Fermentación

El grano de cacao se coloca en cestas o cajones especiales de madera, con orificios que permitan el lixiviado del mucílago; la fermentación se lleva a cabo durante 5 o 7 días para asegurar la obtención de granos de cacao con buena calidad (Arvelo et al., 2017; Asociación Bean to Bar Chocolate, 2023).

La fermentación del grano tiene varias etapas y objetivos, como inactivar el embrión de las semillas para impedir que germinen, facilitar la eliminación del mucílago y crear compuestos aromáticos (aminoácidos libres, azúcares reductores y péptidos) que serán precursores en las siguientes etapas del proceso para la obtención del sabor característico que presenta el chocolate.

Durante todo el proceso de fermentación es indispensable voltear los granos, mezclándolos para asegurar el calentamiento uniforme (deben mantenerse a una temperatura próxima a los 55 ºC), y además permitir el completo lixiviado de la pulpa generado por los microorganismos durante la fermentación (Arvelo et al., 2017; Guerrero, 2018; López-Navarrete y Hernández-Gómez, 2018).

Cabe mencionar que los microorganismos que llevan a cabo la fermentación son parte de la microbiota de la vaina de cacao y también de la que llegan a aportar las manos obreras, de tal manera que son numerosos los microorganismos que se ha detectado que participan en la fermentación, sin embargo, a continuación, se destacarán los que tienen mayor presencia en cada fase de la fermentación (Arvelo et al., 2017).

En la primera etapa participan levaduras debido a que les favorece el pH bajo (de entre 3,3 y 4) provisto por el mucílago, así como también los carbohidratos (pectina, glucosa, fructosa y sacarosa). En las primeras 24 horas domina *Hanseniaspora guilliermondii*, y durante las 38 horas siguientes *Saccharomyces cerevisiae* y *Pichia membranaefaciens*. En esta primera fase las levaduras transforman los azúcares del mucílago en etanol; degradan la pectina, lo que ayuda a que el mucílago se desprenda; se elimina parte del ácido cítrico, disminuyendo la acidez, también se consume el oxígeno, creando un ambiente anaeróbico que favorece la siguiente etapa de la fermentación (Arvelo et al., 2017; López-Navarrete y Hernández-Gómez, 2018).

En las 48 y 96 horas siguientes la actividad de la levadura se inhibe por aireación, concentración de alcohol e incremento de pH, lo que desencadena el crecimiento de bacterias lácticas, donde destacan *Lactobacillus spp*, *Leuconostoc pseudomesenteroides* y *Pediococcus acidilactici*. En esta fase, se fermentan los carbohidratos residuales, produciendo etanol, y se continúa el consumo de ácido cítrico (Arvelo et al., 2017; Guerrero, 2018).

Posterior a esto inicia una tercera fase, donde intervienen bacterias acéticas, principalmente *Gluconobacter oxydans*,

Acetobacter aceti y *Acetobacter pasteurianus*, estos microbios transforman etanol en ácido acético, una reacción exotérmica que provoca la muerte del embrión (Arvelo et al., 2017).

Entre 48 y 60 horas después, se detecta la presencia de bacterias acéticas del género *Bacillus* como *B. licheniformis*, *B. pumilus*, *B. subtilis* y *B. megaterium*. Estos microorganismos contribuyen en el sabor con la producción de ácidos orgánicos como el 2, 3–butanodiol (Arvelo et al., 2017).

Al finalizar la fermentación se puede notar en los granos una pulpa producida por los microorganismos, un olor ácido y un cambio de color a café pardo (Bela, 2013).

Secado

Inmediatamente después de finalizar el fermentado se debe comenzar el secado, un tratamiento con calor donde se busca reducir el contenido de humedad para promover la muerte de los microorganismos. Después de este proceso el contenido de humedad debe ser de mínimo 6 % y máximo 7,5 %, si la humedad es menor, el grano se vuelve quebradizo, lo que hace difícil la obtención de un chocolate con buena textura. En cambio, si la humedad es mayor, favorece el desarrollo de mohos y acidez (Arvelo et al., 2017; Asociación Bean to Bar Chocolate, 2023).

Se pretende utilizar el secado en estufa, que consiste en colocar los granos en bandejas perforadas que se encuentran encima de un quemador que le suministra aire seco y caliente entre los 40 y 70 ºC, durante aproximadamente 34 horas (Arvelo et al., 2017; Guerrero, 2018; Toroche y Villa, 2021).

Tostado

La producción de chocolate inicia en el tostado de los granos de cacao, que consiste en reducir la humedad a un 3 o 2 %, facilitar el descascarillado, formar en el grano notas distintivas de sabor a chocolate y reducir la posible microbiota restante. El tostado es un tratamiento térmico en un rango de temperatura de entre 110 y 140 °C, durante 2 horas (Asociación Bean to Bar Chocolate, 2023; Guerrero, 2018; Lozano et al., 2009).

Las altas temperaturas promueven la generación de reacciones de Maillard entre los azúcares (glucosa y fructosa) y aminoácidos (leucina, fenilalanina, valina, alanina e isoleucina) presentes, que finalizan en la formación de compuestos aromáticos heterocíclicos relacionados al sabor característico del chocolate, como son las procianidinas, pirazinas, pirroles, piridinas, furanos y tiazoles (Guerrero, 2018; Sandoval, 2020).

Atemperación

Una vez finalizado el tostado, los granos deben alcanzar la temperatura ambiente para detener las reacciones bioquímicas. Tras alcanzar la temperatura ambiente se recomienda dejar reposando los granos al menos 20 min para asegurar que la pérdida de agua hinche la cascarilla y facilitando el desprendimiento (Celi y Tinizaray, 2020).

Descascarillado

En esta etapa se obtienen las semillas de cacao, se utiliza una máquina equipada con rodillos que aplastan los granos y desprenden la semilla, la cual cae a un sistema tamizador que la recolecta, separándola de la cáscara (Ames, 2019; Lozano et al., 2009).

Molienda

Es un proceso de dos etapas, donde las semillas de cacao entran a un primer molino, cuya presión y fricción rompen las paredes celulares de la semilla, suspendiendo sus

partículas en la manteca que se libera, esta primera pasta tiene una finura del 90 %, para obtener una finura del 99 %, se utiliza el segundo molino, a una temperatura de entre 65 y 70 °C para obtener una pasta con un característico olor y sabor amargo provisto por los compuestos volátiles de la semilla de cacao (Cienfuegos-Jovellanos, 2016; Lozano et al., 2009; Plúa, 2008).

Obtención de pasta de cacao

La pasta se almacena en un tanque de acero galvanizado para su enfriamiento. Una vez que la temperatura de la pasta se encuentre entre 41 y 45 ° C, se procede al mezclado. Cabe mencionar que para este punto se ha obtenido un producto libre de microorganismos (Lozano et al., 2009; Plúa, 2008).

Mezclado con azúcar

Ya que en este estudio se busca producir un chocolate amargo, la adición de azúcar ayuda a suavizar la percepción amarga de los compuestos aromáticos del cacao, consiguiendo así el sabor característico de este tipo de chocolate. Este proceso se realiza con ayuda de una amasadora que fusiona la pasta y azúcar al vacío, a una temperatura de 60 a 70 ºC (Cienfuegos-Jovellanos, 2016; Velasteguí, 2010).

Refinación

En esta fase se reduce el tamaño de las partículas no grasas, de manera que no sean perceptibles al paladar. La mezcla pasa entre rodillos, que ejercen presión sobre ella. La compresión y la fricción reducen el tamaño de las partículas tanto de cacao como de azúcar. Se repite el proceso varias veces hasta obtener un fluido de chocolate homogéneo (Arreaga, 2014; Asociación Bean to Bar Chocolate, 2023).

Conchado

En esta etapa se mejora el sabor y textura utilizando una conchadora que continúa triturando el chocolate. Este proceso se lleva a cabo durante 12 h, de tal manera que la continua temperatura y agitación reduce el tamaño de las partículas, obteniendo la textura y viscosidad característica del chocolate fluido. Durante este proceso la humedad disminuye hasta 0,6 %, asimismo, mediante su evaporación, compuestos volátiles no deseados (especialmente ácido acético) son eliminados. Al finalizar el conchado, se han formado los compuestos aromáticos relacionados al sabor del chocolate, especialmente polifenoles (Acevedo et al., 2017; Jácome, 2015; Mera, 2023; Valverde, 2019).

Templado

Para obtener un chocolate solido de textura homogénea, se procura controlar el polimorfismo de los lípidos, una propiedad que tienen algunas grasas para formar distintas celdas cristalinas que en conjunto forman un sólido, estas celdas tienden a presentar distinta morfología y tamaño, por lo que en el proceso de templado, la masa de chocolate se trata térmicamente para producir cristales de grasa altamente estables y homogéneamente dispersos, que formen una red microhomogénea óptima para formar un chocolate sólido con todas las características deseadas de color, textura y brillo, dicho tratamiento consta de 3 etapas (Rodríguez, 2020; Rincón y Herrera, 2013).

1- Fusión: se realiza en un rango de 45 a 50 °C, manteniendo líquido al chocolate, permitiendo que los cristales se reduzcan y dispersen.

2- Descenso de la temperatura a un rango de 28 a 29 °C: permite que los cristales se estabilicen sin solidificarse por completo.

3- Incremento de temperatura en un rango de 31 a 33 °C: Asegura la reducción de los posibles cristales que no se redujeron en la fusión. Después de esta fase el chocolate ya está listo para ser moldeado.

Selección de almendras

Nonpareil es la denominación comercial para aquellas almendras que presentan una semilla lisa que permiten un procesamiento sencillo para cualquier tipo de producto, por esta característica es la clase de almendra más utilizada en la industria (Fetta, 2017).

Incorporación de almendras y chocolate a los bombos para su redondeo

Se depositan las almendras y se activa la grageadora para que den vueltas. Es entonces cuando se añade poco a poco el chocolate a unos 40 ºC dentro del bombo. Simultáneamente, circula aire frío que favorece la solidificación del chocolate. Para el redondeo, se sustituye el aire frío por caliente, entre 45 y 50 ºC. Esto se hace para reblandecer la capa de chocolate para que las grageas, al chocar entre ellas y con las paredes del bombo, vayan tomando una forma redondeada. Como último paso se vuelve a colocar aire frío para que solidifiquen (Duque, 2021).

Atemperación

En la misma grageadora se deja enfriar el producto terminado en un rango de entre 15 a 17 ºC, para pasar a su envoltura y etiquetado (Duque, 2021).

Envoltura y etiquetado

Las grageas pasan a una envasadora vertical (máquinas compuestas por balanzas computarizadas), en donde son envasadas al vacío en laminado según su presentación de peso neto (Duque, 2021; Pérez, 2020).

Almacenamiento y distribución

La temperatura ideal para almacenar este tipo de productos es de 15 a 18 ºC. Para su distribución se pretende usar vehículos que permitan mantener al producto en el mismo rango de temperatura (Duque, 2021; Duran, 2018; Pérez, 2020).

Conclusiones

Para la producción de chocolate, así como de productos de confitería con chocolate, se necesita comprender a cerca de los cambios bioquímicos, fisicoquímicos y microbiológicos que suceden en cada etapa del proceso para poder llevarlos a cabo óptimamente, lo cual es indispensable, pues si en cada transformación por la que pasa la materia prima no se obtienen las características esperadas, el producto final presentará defectos en la textura y sabor.

Se observa que la producción de grageas de almendra con chocolate amargo es tardada, por lo que, comprendiendo los principios implicados en cada etapa del proceso, en estudios posteriores se puede buscar maneras de implementar procedimientos que permitan maximizar la productividad.

Considerar factores como la disponibilidad de las materias primas, la maquinaria y equipos necesarios es tan solo un primer paso para la elaboración de un plan de negocios, en este estudio se pudo calcular que si a partir de vainas de cacao desea producir 52,32 kg/h de mercancía cada jornada laboral, se necesitan 722,78 kg/h de vainas de cacao, también se pudo inferir la demanda y una buena aceptación del producto, pero se necesitan estudios adicionales de viabilidad financiera y mercadotecnia si se desea llevar a la realidad la producción de este alimento y asegurar el éxito en la producción y comercialización.

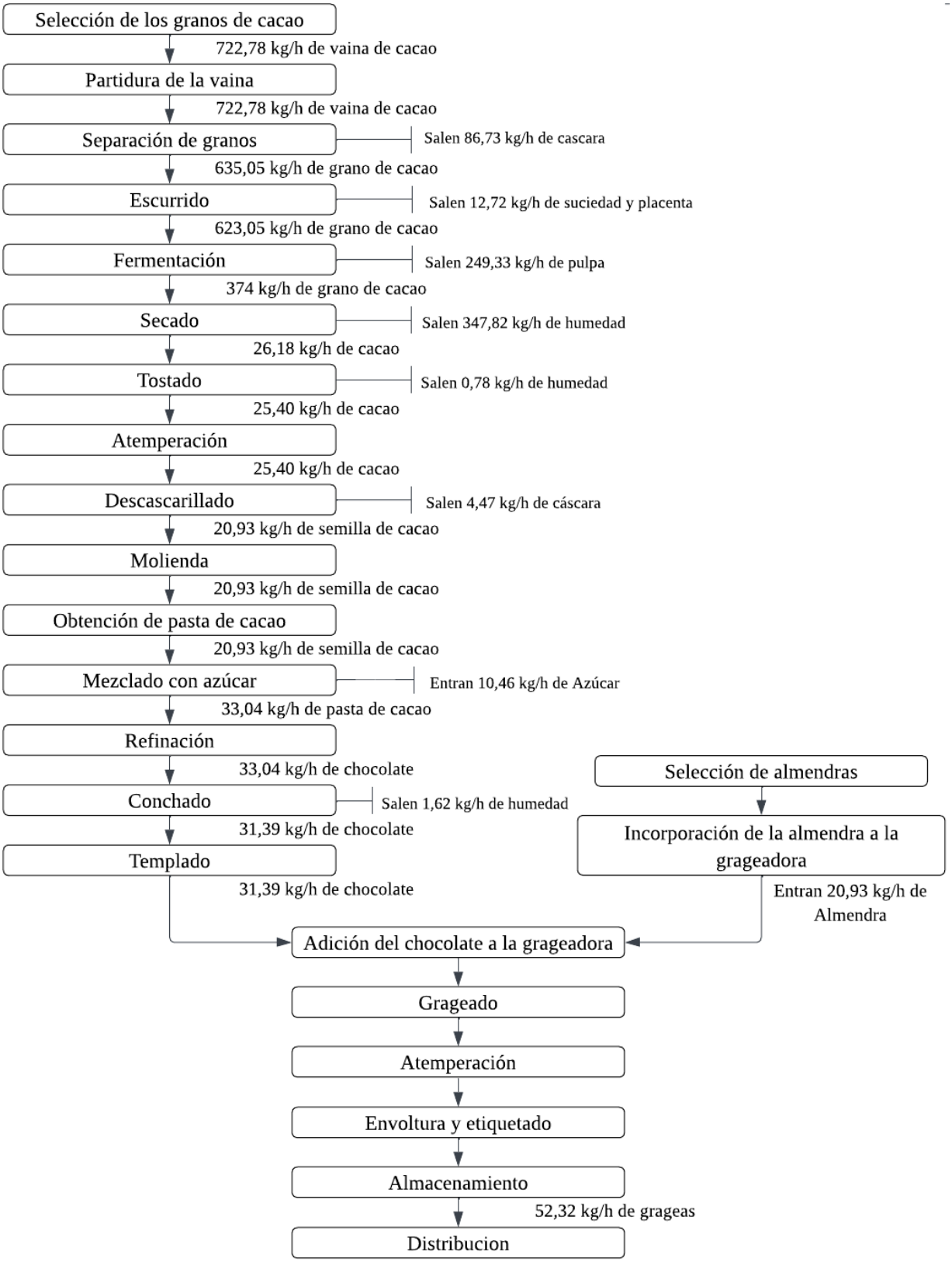

Figura 2. Diagrama de flujo con balance de materia para producir grageas de almendra con chocolate amargo

Referencias

Acevedo, A.L.K., Mejía, D.D.P., Acosta, O.E.V., Valencia, G.W.G. y Penagos, V.L. (2017). Efecto de la temperatura del conchado sobre los polifenoles en un chocolate semi-amargo. *Revista Alimentos Hoy*, 25 (41), 31-50. https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2023/08/2017.-Efecto-de-la-temperatura-del-conchado-sobre-los-polifenoles-en-un-chocolate-semi-amargo.pdf

Ames, P.J.P. (2019). *Prototipo de diseño de máquina descascaradora de cacao.* [Tesis de ingeniería, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/6093/2/IV_FIN_111_TI_Ames_Porras_2019.pdf

Arreaga, A.J.C. (2014*). Diseño de un molino Industrial para la molienda y descascarado del cacao.* [Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20081

Arvelo, S.M.A., González, L.D., Maroto, A.S., Delgado, L.T. y Montoya, R.P. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao Prácticas Latinoamericanas.* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181

Asociación Bean to Bar Chocolate (19/06/2023). *Proceso de elaboración del Chocolate Bean to Bar.* Bean to Bar. https://chocolatebeantobar.com/proceso-de-elaboracion-del-chocolate-bean-to-bar/

Bahena, L. (2023). *La almendra, el ingrediente más consumido en México.* The Food Tech. https://thefoodtech.com/ingredientes-y-aditivos-alimentarios/la-almendra-es-la-nuez-mas-consumida-en-mexico/

Bela, L.L.F. (2013). *Evaluación de tres tipos de secado en la calidad del grano de cacao (Theobroma cacao L.) en la estación experimental de Sapecho – La Paz.* [Tesis de ingeniería]. Repositorio Institucional de la Universidad Mayor de San Andrés. https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/4147

Celi, Z.J.A y Tinizaray, P.J.A. (2020). *Diseño y construcción de una máquina para remover cascarilla en granos de cacao seco para una producción de 25 kg / h.* [Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18677/4/UPS%20-%20ST004525.pdf

Cienfuegos-Jovellanos, F.E.C. (2016). *Estudio del Contenido de Compuestos Bioactivos del Cacao y su Aplicación en la Obtención de un Ingrediente Rico en (Poli) fenoles para el Diseño de un Chocolate Enriquecido Duque.* [Tesis de doctorado, Universidad de Murcia]. DIGITUM Biblioteca Universitaria. http://hdl.handle.net/10201/48095

Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. (S.F.). *Sistema de consulta DENUE*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx

Duque, C.M.C. (2021). *Prototipo de un grageo a partir de semillas girasol (Helianthus annuus) recubierto con chocolate para la empresa Prodelagro S.A.S.* [Tesis de ingenieria, Universidad De Pamplona]. Repositorio Dspace. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/4862/1/Duque_2021_TG.pdf

Duran B.G.C. (2018). *Análisis Distribución para la Conservación de Productos Fabricados a Base de Chocolate.* [Tesis de licenciatura, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio Institucional Uniminuto https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/7155/1/T.A_DuranBelloGloria_2018.pdf

Fetta, V.X.L.N. (2017). *Aceptación sensorial de una bebida a partir de almendras dulces (Prunus dulcis).* [Tesis de ingeniería, Universidad Le Cordon Bleu]. Repositorio ULCB. https://repositorio.ulcb.edu.pe/bitstream/handle/ULCB/22/Tesis-Xiomara%20Fetta%20Vargas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guerrero, B.L. (2018). *Extracción de los aromas de cacao por fluidos supercríticos y su incorporación en una película para su uso en alimentos.* [Tesis de maestría, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y diseño del Estado de Jalisco A. C.]. Repositorio Institucional de CIATEJ. https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/631/1/Lucia%20Guerrero%20Becerra.pdf

Instituto de Información de Estadística y Geografía de Jalisco. (2022). *La población infantil en Jalisco 2022-2025*. https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2022/04/D%C3%ADadelaNi%C3%B1ez2022.pdf

Instituto de Información de Estadística y Geografía de Jalisco. (2023). *Población de Jalisco a inicio del año 2023*. https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2023/01/FichaIniciodea%C3%B1o2023.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Colección de estudios sectoriales y regionales, Conociendo la Industria del Chocolate y la Confitería*. ASCHOCO. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463902409.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares Estacional 2022. INEGI*. https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/934/variable/F122/V5762?name=codigo

Jácome, L.W.D. (2015). *Diseño de una planta de elaboración de chocolate negro y chocolate con leche a partir de licor de cacao*. [Tesis de ingeniería, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/12608/1/CD-6670.pdf

López-Navarrete Ma. C., y Hernández-Gómez, E. (2018). El proceso de fermentación del CACAO (Theobroma cacao L.). *Agro Productividad*, 4(1). https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/572

Lozano Alarcón, J., Castro Estrada, A., Espinosa Torres, P., Villanueva Lagar, J.I., y Tornero Applebaum, F., Miranda Cid, L.A. (2009). *Producción de Chocolate. Prácticas Seguras en el Sector Agroindustrial*. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 1a. Edición. https://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/prac_seg/prac_chap/PS%20Produccion%20de%20Chocolate.pdf

Machorro, J.C. (2021). *Fortalecer el valor económico y cultural del cacao: un reto para México*. Periodismo y ambiente. http://www.periodismoyambiente.com.mx/2021/09/03/fortalecer-el-valor-economico-y-cultural-del-cacao-un-reto-para-mexico/?fbclid=IwAR1wy8ONiGE1WC736kM09xqnTV4xkIyoKi0ITABt4W_oxX1wZe8ABZpxI5A

Mera, V.M.M. (2023). *Estudio de la influencia de la molienda (conchado) en la reducción de la acidez del chocolate de cobertura*. [Tesis de ingeniería, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37904/1/CAL%20033.pdf

Pérez, Y.R.R. (2020). *Propuesta de diseño de distribución en línea con SLP para aumentar la capacidad de producción en una planta de grageas de chocolate*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional de tesis y trabajos de Titulación de la UNMSM. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16019/Perez_yr.pdf?sequence=1

Plúa, C.J.C (2008). *Diseño de una Línea Procesadora de Pasta de Cacao Artesanal*. [Tesis de ingeniería, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio de ESPOL. https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11394/3/Tesis%20completa.pdf

PresnaInfoAgro. (2023). *Producción mundial de almendra*. Infoagro. https://mexico.infoagro.com/produccion-mundial-de-almendra/

Redacción The Food Tech. (2023). *Chocolate: la golosina preferida por los "enamorados" en México*. The Food Tech https://thefoodtech.com/industria-alimentaria-hoy/chocolate-la-golosina-preferida-por-los-enamorados-en-mexico/#:~:text=El%20valor%20de%20mercado%20de,28%20mil%20millones%20en%202021

Rincón, C.J.A. y Herrera, M.L. (2013). Chocolate. *Ciencia e investigación*, 63 (2), 55-62. http://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/01/RevistasCeI/tomo63-2/5-chocolate-Rev-N63-2-2013-5.pdf

Rodríguez, S.N.P. (2020). *Análisis del comportamiento térmico de la máquina de temperado para optimizar el procesamiento de chocolate*. [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31321

Sandoval, J.A.M. (2020). *Cambios fisicoquímicos durante el tostado artesanal del cacao: una contribución teórica para la transferencia social de conocimiento en La Vereda de Alto Guapaya, Meta*. [Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/52089

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). *Escenario mensual de productos agroalimentarios, Azúcar*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/817518/Az_car_Marzo.pdf

Secretaría de Economía. (2014). NOM-186-SSA1/SCFI-2013, Cacao, chocolate y productos similares, y derivados del cacao. Especificaciones sanitarias. Denominación comercial. Métodos de prueba. *Diario Oficial de la Federación*, 17 de febrero de 2014. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5332832&fecha=17/02/2014#gsc.tab=0

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (s.f.). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Gobierno de México. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Toroche, N.M.D. y Villa, P.F.X. (2021). *Diseño de un equipo automatizado para el proceso de secado de cacao*. [Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21412/1/UPS-CT009410.pdf

Valverde, A.M.C. (2019). *Determinación del tiempo óptimo de refinado-conchado de chocolate oscuro aplicando el método variación no significativa en cinética*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria la Molina]. BAN Biblioteca Agrícola Nacional. https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4274/valverde-ayllon-maria-claudia-datos.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Velasteguí, A.V.A. (2010). *Desarrollo de la tecnología para la elaboración de chocolate de cobertura*. [Tesis de ingeniería, Universidad Técnica De Ambato]. Repositorio UTA. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/873/3/AL421.pdf

Efecto inhibitorio de fracciones peptídicas obtenidas por ultrafiltración de hidrolizados proteínicos de frijol caupí (*Vigna unguiculata*), sobre la renina

Inhibitory effect of peptide fractions obtained by ultrafiltration of cowpea (*Vigna unguiculata*) protein hydrolysates on renin

Luis Chel-Guerrero; Trinidad Cú-Cañetas; Wilbert Rodríguez-Canto; Arturo Castellanos-Ruelas; David Betancur-Ancona*

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico Norte Km. 33.5, Tablaje Catastral 13615, Colonia Chuburná de Hidalgo Inn. Mérida, Yucatán, México, 97203. *Correo-e: bancona@correo.uady.mx

Recibido: 22/feb/2024 Aceptado: 14/may/2024 // https://doi.org/10.32870/rayca.v5i5.78

ID 1er Autor: *Luis Chel-Guerrero* / **ORC ID**: 0000-0001-9748-3704
ID 2do Coautor: *Trinidad Cú-Cañetas* / **ORC ID**: 0000-0002-3279-6969
ID 3er Coautor: *Wilbert Rodríguez-Canto* / **ORC ID**: 0000-0001-7728-9939
ID 4to Coautor: *Arturo Castellanos-Ruelas* / **ORC ID**: 0000-0002-4386-1519
ID 5to Coautor: *David Betancur-Ancona* / **ORC ID**: 0000-0002-9206-3222

Resumen

El sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA) es clave en la fisiopatología de la hipertensión arterial. La renina regula la cascada del SRAA al convertir el angiotensinógeno en angiotensina I, que es una molécula relativamente inactiva. En la presente investigación, se realizó la evaluación *in vitro* de la actividad inhibitoria de la renina de fracciones peptídicas obtenidas mediante hidrólisis enzimática de la proteína de *Vigna unguiculata*. La proteína de frijol caupí se hidrolizó con cada uno de dos sistemas enzimáticos, pepsina-pancreatina o Flavourzyme®. La ultrafiltración de los hidrolizados produjo fracciones de diferentes pesos moleculares. La fracción >5 kDa del hidrolizado con Flavourzyme® tuvo la mayor actividad inhibidora de renina con 50,52 % mientras que para el hidrolizado de pepsina-pancreatina, la fracción >10 kDa fue la mejor con 33,46 % de inhibición de renina. Las fracciones peptídicas de los hidrolizados de proteínas de *Vigna unguiculata* exhibieron actividad antihipertensiva y tienen potencial aplicación como ingredientes en alimentos funcionales.

Palabras clave: *Vigna unguiculata*, renina, hipertensión, péptidos bioactivos, hidrólisis enzimática, ultrafiltración.

Abstract

The renin-angiotensin-aldosterone system (RAAS) is key in the pathophysiology of high blood pressure. Renin regulates the RAAS cascade by converting angiotensinogen to angiotensin I, which is a relatively inactive molecule. In the present investigation, the *in vitro* evaluation of the renin inhibitory activity of peptide fractions obtained by enzymatic hydrolysis of *Vigna unguiculata* proteins was carried out. Cowpea protein was hydrolyzed with one of two enzyme systems, pepsin-pancreatin or Flavourzyme®. The ultrafiltration of the hydrolysates produced fractions of different molecular weights. The >5 kDa fraction of the hydrolysate obtained with Flavourzyme® had the highest renin inhibitory activity with 50,52 %, while for the pepsin-pancreatin one, the >10 kDa fraction was the best at 33,46 % renin inhibition. The peptide fractions of *Vigna unguiculata* protein hydrolysates exhibited antihypertensive activity and have potential application as ingredients in functional foods.

Keywords: *Vigna unguiculta*, renin, hypertension, bioactive Peptides, enzymatic hydrolysis, ultrafiltration.

Introducción

La hipertensión es una enfermedad vascular multifacética, constituye un factor importante de riesgo de ataque cardíaco, insuficiencia cardíaca, enfermedad renal crónica, daño renal y accidente cerebrovascular, que si no se trata adecuadamente puede avanzar hasta provocar daños en órganos esenciales como corazón y el riñón, lo que eventualmente puede conducir a la muerte (Ramya et al., 2020). A nivel mundial, la hipertensión es responsable del 40 % de todas las muertes asociadas con enfermedades cardiovasculares y esta tendencia continúa aumentando, particularmente en los países con desarrollo bajo y mediano (NCD-RisC, 2017).

La Organización Mundial de la Salud (WHO, 2020), señala que, si los países logran ampliar la cobertura del tratamiento de la hipertensión arterial, podrían evitarse 76 millones de muertes, 120 millones de accidentes cerebrovasculares y 79 millones de infartos de miocardio en el horizonte actual al año 2050. Entonces es evidente que encontrar tratamientos para coadyuvar a lograr esa meta es de primordial importancia.

El tratamiento de la hipertensión consiste en hacer cambios de estilos de vida en los que está inmersa la alimentación y el sedentarismo. Sin embargo, cuando esto no es suficiente, se opta por tratamientos farmacológicos antihipertensivos, entre ellos los inhibidores del sistema renina-angiotensina-aldosterona. Sin embargo, estos fármacos, si bien logran controlar la presión arterial, también generan en el paciente efectos secundarios indeseables (Ciau-Solís y Betancur-Ancona, 2021).

De los compuestos sintéticos actualmente utilizados como inhibidores de renina, sólo el Aliskiren está aprobado como fármaco para el tratamiento de la hipertensión. El Aliskiren, es un inhibidor competitivo no peptídico de la renina utilizado por vía oral y que se une al sitio activo de la molécula de renina, bloqueando la fragmentación del angiotensinógeno y previniendo la formación de angiotensina I (Chen et al., 2013; Ramya et al., 2020).

La renina (EC 3.4.23.15) es una proteína de 37 kDa que cataliza el paso determinante y controla la velocidad del sistema renina-angiotensina-aldosterona, responsable de la regulación de la presión arterial de los mamíferos, al convertir el angiotensinógeno (una proteína hepática de 55 kDa), en angiotensina I (Ang I) que es un decapéptido inactivo. Los niveles plasmáticos excesivos de Ang I son un factor causante del desarrollo de hipertensión, ya que es la etapa previa para convertir ese decapéptido en un compuesto activo. Por lo tanto, la inhibición de la actividad de la renina puede evitar que se eleve y posteriormente reducir la presión arterial y aliviar los síntomas clínicos asociados con la hipertensión (Aluko, 2019).

Los inhibidores naturales de origen alimentario que poseen efectos inhibidores tanto de la renina como de la enzima convertidora angiotensina (ECA), suelen ser los preferidos como agentes antihipertensivos porque podrían proporcionar un control más eficaz de la presión arterial alta. Actualmente, se están investigando fuentes naturales de inhibidores de renina y ECA como una alternativa más natural, pero eficaz para el control de la presión arterial elevada, mediante la hidrólisis de proteínas utilizando enzimas individuales o combinación de enzimas en tratamientos secuenciales (Girgih et al., 2015).

Las fracciones peptídicas bioactivas son atractivas como agentes terapéuticos debido al riesgo reducido de efectos secundarios o toxicidad asociados con los fármacos antihipertensivos. Si bien existe un abundante volumen de información bibliográfica sobre

los péptidos inhibidores de la ECA, los datos sobre los péptidos inhibidores de la renina y su eficacia antihipertensiva es limitada. Pihlanto y Makinen (2017), han proporcionado información relevante sobre los péptidos inhibidores de la renina disponibles en fuentes alimentarias como la linaza, las semillas de cáñamo, las proteínas albúminas séricas de bovinos, las proteínas de leguminosas y las algas marinas.

Las proteínas vegetales son de particular interés para la producción de péptidos inhibidores de enzimas que regulan la presión arterial, debido a su bajo costo y a su amplia disponibilidad. Los granos de leguminosas son especialmente prometedoras debido a su alto contenido de proteínas, que podrían mejorar su relevancia al generar hidrolizados proteínicos y fracciones peptídicas potencialmente bioactivas.

Cú-Cañetas et al. (2015), utilizando fracciones peptídicas de frijol caupí (*Vigna unguiculata*) obtenidas por la ultrafiltración de hidrolizados enzimáticos, realizaron estudios de inhibición de la ECA, encontrando que las fracciones con tamaños menores a 1 kDa obtenidas por la hidrólisis de las enzimas Flavourzyme® y el sistema secuencia pepsina-pancreatina, presentaron una inhibición hasta del 79 % y del 62 %, respectivamente. El objetivo de este trabajo fue la evaluación del efecto *in vitro* de fracciones peptídicas de *Vigna unguiculata*, obtenidas mediante hidrólisis enzimática sobre la inhibición de la actividad de la renima.

Materiales y métodos

Obtención del concentrado proteínico de *Vigna unguiculata*

Los granos de frijol caupí (*Vigna unguiculta*) fueron adquiridos en el mercado local de la ciudad de Mérida, Yucatán en México. Se utilizaron 30 kg de granos, los cuales se limpiaron manualmente para eliminar las impurezas y fueron secados durante 2 h a 60 °C en una estufa de convección Fisher Scientific®. Posteriormente, fueron quebrados en un molino de impacto marca Mikrós® (Industrial Machinery, Monterrey, México) y luego fueron molidos en un equipo Cyclotec 1093® (Tecator, Sweeden).

La harina obtenida se tamizó en una malla de 60 para obtener un tamaño de partícula de 250 µm. Se realizó el fraccionamiento húmedo de la harina para obtener un concentrado proteínico preparando una suspensión de la harina con agua destilada en una relación 1:6 p/v, ajustando el pH a 11 con una solución NaOH 1N y agitando durante una hora de acuerdo a los métodos indicados por Cú-Cañetas et al. (2015).

Hidrólisis enzimáticas de los concentrados proteicos

Se realizó la hidrólisis enzimática del concentrado proteínico empleando dos procedimientos; el primero utilizó un sistema enzimático secuencial de pepsina-pancreatina (PP) de acuerdo con Castañeda-Pérez et al. (2021). Los parámetros de hidrólisis fueron: concentración de sustrato 4 %, relación enzima sustrato 1/10 p/v, temperatura de 37 °C, pH 2 para pepsina y pH 7,5 para pancreatina y un tiempo total de 90 min.

Durante los primeros 45 min, la hidrólisis se realizó con pepsina, seguida por la hidrólisis con pancreatina, ambas en un reactor de vidrio de 2 L colocado en un baño de agua Cole-Parmer Poystat®. La agitación se realizó con un agitador mecánico (Caframo RZ-I®) a 300 rpm, empleado un termómetro y un electrodo del potenciómetro Orión Star A215®. El segundo proceso de hidrólisis se realizó con una preparación de Flavourzyme® 500MG (Novo

Laboratories-Copenhagen, Denmark), a 50 °C, ajustando el pH a 7 con una solución de NaOH 0,1 M y manteniendo la suspensión en agitación (Cú-Cañetas et al., 2015).

Ambas hidrólisis fueron detenidas inactivando las proteasas en un baño de agua a 85 °C por 20 min. Los hidrolizados fueron centrifugados a 12 000 *x g* durante 45 min (Centrífuga Hieraeus Fresco 17-Thermo Scientific®). Se recuperaron los sobrenadantes, previo a su conservación en congelación a -20ºC para su análisis posterior.

Determinación del grado de hidrólisis

Se determinaron los aminoácidos libres con la técnica del O-ftaldialdehído de Nielsen et al. (2001), preparando una curva de calibración con diferentes volúmenes en µL de una solución madre del aminoácido L-serina. El grado de hidrólisis se calculó dividiendo el contenido de grupos aminos libres en el hidrolizado total (meq/g de proteína), respecto a aminos totales en el concentrado proteico (meq/g de proteína) y expresados en porcentaje. El contenido de proteína se determinó mediante el método de Lowry (Satpathy et al., 2020). La cuantificación se realizó mediante una curva de calibración preparada a partir de una solución de 1 mg/mL de seroalbúmina bovina (BSA).

Fraccionamiento por ultrafiltración

Las porciones solubles de los hidrolizados enzimáticos fueron sometidas a un fraccionamiento por ultrafiltración basados en lo reportado por Ciau-Solís et al. (2018). Se utilizaron membranas de diferentes cortes moleculares: 1 kDa, 3 kDa, 5 kDa y 10 kDa y una unidad de ultrafiltración Amicon Modelo 2000® (Millipore, Inc., Marlborough, MA, USA). Se pasó a través de las membranas de manera secuencial colectando el retenido en cada la membrana. La fracción peptídica fue liofilizada -47 °C y 13 x 10-3 mbar en un liofilizador Labconco®.

Evaluación de la actividad inhibitoria de renina

La actividad inhibidora sobre la renina de los hidrolizados y fracciones peptídicas se determinó empleando el kit Renin Inhibitor Screening Assay (Li y Aluko, 2010). El buffer empleado para la renina se preparó disolviendo 3 mL en 27 mL de agua grado HPLC, 1:10 (v/v). Ese buffer fue preparado con 50 mM de Tris-HCl, pH 8 y 100 mM de NaCl. Se diluyeron 50 µl de la solución proteínica de renina en 950 µl del buffer, es decir en relación 1:20 (v/v).

Antes de llenar la microplaca, se atemperó la solución de renina a 37 °C. La microplaca se llenó como se indica: Blanco: 20 µL de sustrato, 160 µL de buffer de renina y 10 µL de agua grado HPLC; Actividad máxima (100 %): 20 µL de sustrato, 150 µL de buffer de renina y 10 µL de agua grado HPLC y Celda de inhibición: 20 µL de sustrato, 150 µL de buffer de renina y 10 µL de muestra.

La reacción se inició al añadir la renina a los pocillos de actividad máxima y celdas de inhibición. La microplaca se agitó suavemente por 10 s para homogenizar y se dejó incubar por 15 min a 37 °C. La intensidad de fluorescencia (IF) se midió utilizando la longitud de onda de excitación a 340 nm, y la longitud de onda de emisión a 500 nm. El porcentaje de inhibición se calculó restando el promedio de fluorescencia de la celda blanco a las muestras y la celda de actividad máxima, y aplicando la siguiente ecuación:

% de inhibición= ((IFAM – IFM) / IFAM) x 100 (Ec. 1)

Dónde: IFAM: Intensidad de fluorescencia de la actividad máxima, IFM: Intensidad de fluorescencia de la muestra.

Análisis estadístico

Los resultados fueron procesados mediante estadística descriptiva utilizando medidas de tendencia central (media) y dispersión (desviación estándar). Los datos obtenidos de la actividad inhibitoria de renina se evaluaron mediante análisis de varianza de una vía y comparación de medias por el método de Duncan para establecer las diferencias entre los tratamientos, utilizando el paquete computacional Statgraphics Centurión Versión 19® y de acuerdo a los métodos de Montgomery (2020).

Resultados y discusión

Grado de hidrólisis

Los hidrolizados proteínicos obtenidos con los sistemas enzimáticos pepsina-pancreatina y Flavourzyme® alcanzaron grados de hidrólisis de 58,95 y 38,76 %, respectivamente. Estos valores presentaron diferencia significativa ($p<0,05$) confirmando que el sistema enzimático tuvo un efecto significativo sobre la hidrólisis de la proteína del frijol caupí (Figura 1). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Segura-Campos et al. (2013), al realizar la hidrólisis enzimática de los extractos proteicos de *V. unguiculata* con Flavourzyme®, donde se obtuvo un valor de 58,82 %, mientras que para el sistema secuencial pepsina-pancreatina, se obtuvo un valor de 35,74 %.

La pepsina hidroliza principalmente los enlaces peptídicos que contienen amino-ácidos aromáticos, metionina o leucina, mientras que la pancreatina tiene una mayor especificidad por los enlaces C-terminales de los residuos de metionina y leucina. Sin embargo, el uso *in vitro* de un sistema enzimático secuencial pepsina-pancreatina se considera una acción equivalente a la hidrólisis de péptidos durante la digestión gástrica.

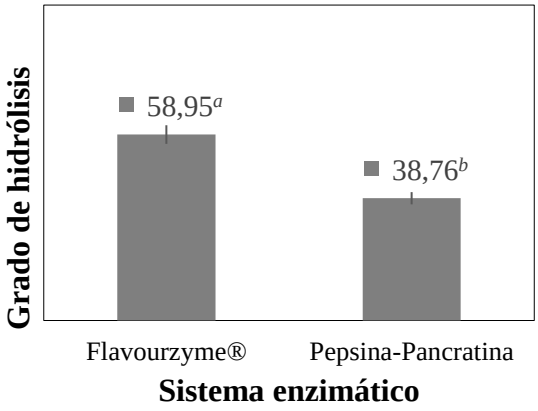

Figura 1. Grados de hidrólisis de los concentrados proteínicos de *V. unguiculata*. [a-b] Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$)

Los resultados indicaron que el uso de ambos sistemas proteolíticos permitió generar hidrolizados extensivos de frijol caupí con grados de hidrólisis superiores al 10 % y sus fracciones peptídicas derivadas podrían tener actividad biológica, es decir, el potencial de regular procesos fisiológicos específicos como la inhibición de enzimas relacionadas con la regulación del sistema renina-angiotensina-aldosterona, principal respon-sable de la hipertensión.

Actividad inhibitoria sobre la renina

Las fracciones peptídicas ultrafiltradas obtenidas de los hidrolizados de *V. unguiculata* con el sistema enzimático secuencial con pepsina-pancreatina, tuvieron valores de actividad inhibidora de la renina que oscilaron entre 5,36 y 33,461 %, teniendo la fracción > 10 kDa el mayor grado de inhibición (Figura 2).

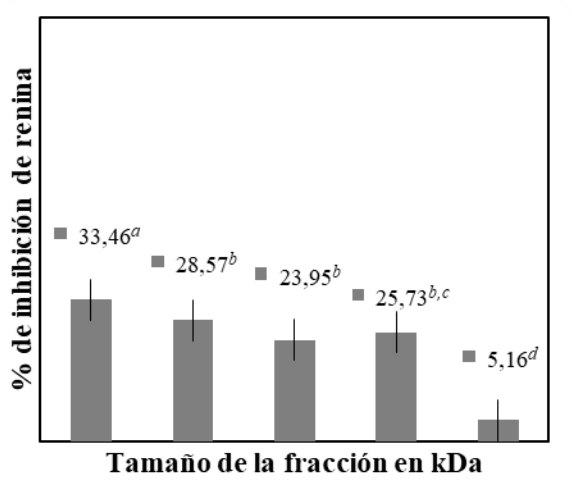

Figura 2. Efecto inhibidor sobre la actividad de la renina de fracciones peptídicas obtenidas por ultrafiltración del hidrolizado proteínico de *V. unguiculata* con pepsina-pancreatina. [a-d] Literales diferentes en las barras indican diferencias estadísticas (p<0,05).

El análisis estadístico indicó que la actividad inhibitoria sobre la renina fue estadísticamente diferente (p<0,05) entre fracciones peptídicas. En la actividad inhibidora sobre la renina en las fracciones obtenidas con el hidrolizado con Flavourzyme®, se presentaron valores de inhibición mayores al 50 % con la fracción >5 KDa y 45 % con la fracción <1 kDa (Figura 3).

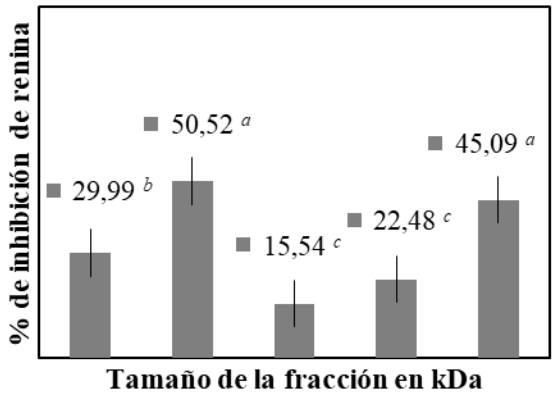

Figura 3. Efecto inhibidor sobre la actividad de la renina de fracciones peptídicas obtenidas por ultrafiltración del hidrolizado proteínico de *V. unguiculata* con Flavoyrzyme®. [a-c] Literales diferentes en las barras indican diferencias estadísticas (p<0,05).

Se observaron diferencias significativas (p<0,05) entre las fracciones ultrafiltradas obtenidas con este sistema enzimático. Este mismo comportamiento fue observado en los estudios de las fracciones peptídicas, obtenidas mediante este mismo método, a partir de proteínas hidrolizadas de semillas de calabaza estriada (*Telfairia occidentalis*), donde la fracción de 5 a 10 kDa, exhibió una actividad inhibidora de la renina significativamente mayor (p<0,05) en comparación con las otras fracciones (Malomo et al., 2020).

El efecto de inhibición de la actividad de la renina que se observó en las fracciones obtenidas por hidrólisis con Flavourzyme®, fue mayor que el que se presentó con pepsina-pancreatina, posiblemente por el tamaño molecular que puedan tener las fracciones, dado que se ha reportado que la hidrólisis con un sistema de exoproteasas y endoproteasas como es Flavourzyme ®, libera dipéptidos de bajo peso molecular e incluso aminoácidos libres y se ha encontrado que a menor peso molecular se presentan mejores efectos inhibidores (Nardo et al., 2020).

En este sentido, Quiroga et al. (2017), reportan valores ligeramente superiores en la capacidad de inhibir a la renina con fracciones peptídicas de *Amatathus hipocondriacus* con una longitud promedio de 4 a 6 aminoácidos. Estos péptidos fueron capaces de inhibir la renina en un 60 %.

La mayoría de los péptidos inhibidores de la renina se han producido mediante hidrólisis de diversas proteínas de granos. Udenigwe et al. (2009), realizaron uno de los trabajos iniciales que informó sobre la capacidad de las fracciones peptídicas de linaza para inhibir la actividad *in vitro* de la renina. La proteína de linaza (*Linum usitatissimum)* se trató con pepsina, ficina, tripsina, papaína, termolisina, pancreatina y

Alcalase® en condiciones óptimas de hidrólisis y se fraccionaron mediante ultrafiltración (1–3 y 3–5 kDa). Las fracciones obtenidas con pepsina y con Alcalasa® mostraron una actividad moderada o no tuvieron actividad sobre la enzima renina respectivamente.

Este mismo estudio encontró relación entre el carácter catiónico de las fracciones obtenidas con su potencial inhibidor, de manera que la fracción con mejor capacidad de inhibición de la renina, fue la que presentaba mayor carácter catiónico, a diferencia del péptido menos catiónico que no tuvo actividad de inhibición de la renina.

Las proteínas de linaza están constituidas principalmente por un 80 % de globulinas similar al 79 % de estas mismas en el frijol caupi. Estas proteínas son mayoritarias en ambos granos y su hidrólisis libera fracciones peptídicas con aminoácidos catiónicos como arginina, histidina y lisina, cuya proporción dependerá de la enzima utilizada (Gonçalves et al., 2020; Mueed et al., 2022). Esto señala que el uso de estas enzimas no siempre produce péptidos potencialmente inhibidores, comportamiento que pudiera explicar lo observado en las fracciones de *V. unguiculata* (Figura 2), que al ser hidrolizadas con el sistema enzimático secuencial de pepsina-pancreatina, presentaron bajos grados de inhibición de la renina.

Ciau-Solís et al. (2018), indicaron que el fraccionamiento en membranas de ultrafiltración mejoró la inhibición de la renina en comparación con los hidrolizados de proteínas de frijol lima (*Phaseolus lunatus*) obtenidos por hidrólisis con Flavourzyme®-Alcalase® y Pepsina-Pancreatina. Las fracciones de ultrafiltración exhibieron valores inhibidores de la renina del 13,7 % al 31,7 %, respectivamente y que resultaron similares a los obtenidos en las fracciones de frijol caupí que fueron obtenidas mediante el sistema pepsina-pancreatina. Sin embargo, la frac-ción >3 kDa con péptidos de menor tamaño, tuvo la mayor inhibición de renina, contra-riamente a lo observado con *V. uguiculata* hidrolizada con Flavourzyme®.

Estos resultados permiten observar la capacidad de inhibición de las distintas fracciones sobre la actividad de la renina y se hace notoria la diferencia entre las fracciones obtenidas por distintos sistemas de hidrólisis. Es posible que el tamaño de los péptidos generados por la hidrólisis sea un factor que influyó en su comportamiento como inhibidores, dado que se puede notar que la fracción >5 kDa con Flavourzyme® y la fracción >10 kDa para Pepsina-Pancreatina, presentaron los mayores niveles inhibición de la enzima y que probablemente esa diferente carga iónica sea importante según la composición de las cadenas proteicas presentes en las fracciones.

Conclusiones

Las fracciones peptídicas producidas por hidrólisis enzimática de proteínas de frijol caupí (*Vigna unguiculata*), seguida de un proceso de ultrafiltración exhibieron actividad biológica *in vitro*, al actuar como inhibidores de la renina presentando inhibición máxima de 50,5 %. Las proteínas hidrolizadas y ultrafiltradas, podrían contemplarse como una alternativa que contribuya a reducir la presión arterial, ayudando a la prevención de eventos vasculares, mediante su uso en alimentos funcionales o nutracéuticos y para regímenes especializados.

Referencias

Aluko, R. E. (2019). Food protein-derived renin-inhibitory peptides: in *vitro* and *in vivo* properties. *Journal of Food Biochemistry*, *43*, e12648. https://doi.org/10.1111/jfbc.12648

Castañeda-Pérez, E., Jiménez-Morales, K., Castellanos-Ruelas, A. Chel-Guerrero, L., &

Betancur-Ancona, D. (2021). Antidiabetic potential of protein hydrolysates and peptide fractions from Lima bean (*Phaseolus lunatus* L): An *in vitro* study. International *Journal of Peptide Research and Therapeutic*, *27*, 1979-1988. https://doi.org/10.1007/s10989-021-10226-8

Chen, Y., Meng, L., Shao, H., & Yu, F. (2013). Aliskiren vs. other antihypertensive drugs in the treatment of hypertension: a meta-analysis. *Hypertension Research*, *36*, 252–261. https://doi.org/10.1038/hr.2012.185

Ciau-Solís, N.A., Acevedo-Fernández, J.J., & Betancur-Ancona, D. (2018). *In vitro* renin-angiotensin system inhibition and in vivo antihypertensive activity of peptide fractions from lima bean (*Phaseolus lunatus* L.). *Journal of the Science and Food Agriculture*, *98*, 781-786. https://doi.org/10.1002/jsfa.8543

Ciau-Solís, N., & Betancur-Ancona, D. (2021). Sistema renina-angiotensina (SRA) en las patologías cardiovasculares: papel sobre la hipertensión arterial. *Journal of Negative and Non Positive Results*, *6*(1), 163-76. https://doi.org/10.19230/jonnpr.3712

Cú-Cañetas, T., Betancur-Ancona. D., Gallegos-Tintoré, S., Sandoval-Peraza, M., & Chel-Guerrero, L. (2015). Estudios de inhibición *in vitro* de la enzima convertidora de angiotensina-I, efectos hipotensor y antihipertensivo de fracciones peptídicas de *V. unguiculata*. *Nutrición Hospitalaria*, *32*(5), 2117-2125. https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.5.9624

Girgih, A.T., Nwachukwu, I.D., Hasan, F., Fagbemi, T.N., Gill, T., & Aluko, R.E. (2015). Kinetics of the inhibition of renin and angiotensin I-converting enzyme by cod (*Gadus morhua*) protein hydrolysates and their antihypertensive effects in spontaneously hypertensive rats. *Food & Nutrition Research*, *59*, 2978. https://doi.org/10.3402/fnr.v59.29788

Gonçalves, F.V., Medici, L.O., Da Fonseca, M.P.S. Gaziola, S.A., Lima, G.R., Macedo, D.C., & Azevedo, R.A. (2020). Characterization of the development of Cowpea cultivars and of the quantity and quality of proteins in their grains. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *55*, e00837, https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.00837

Li, H., & Aluko, R. (2010). Identification and inhibitory properties of multifunctional peptides from pea protein hidrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *58*, 11471-11476. https://doi.org/10.1021/jf102538g

Malomo, S.A., Nwachukwu, I.D., Girgih, A.T., Idowu, A.O., Aluko, R.E., & Fagbemi, T.N. (2020). Antioxidant and renin-angiotensin system inhibitory properties of Cashew Nut and Fluted-Pumpkin protein hydrolysates. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, *70*(3), 275-289. https://doi.org/10.31883/pjfns/122460

Montgomery D.C. (2020). *Design and analysis of experiments*. Hoboken, NJ, USA; Wiley & Sons; pp. 408-72.

Mueed, A., Shibli, S., Korma, S.A., Madjirebaye, P., Esatbeyoglu, T., & Deng, Z. (2022). Flaxseed bioactive compounds: Chemical composition, functional properties, *Food* Applications and Health Benefits-Related Gut Microbes. *Foods*, *11*(20), 3307-3332. https://doi.org/10.3390/foods11203307

Nardo, A.E., Suárez, S., Quiroga, A.V., & Añon, M.C. (2020). Amaranth as a source of antihypertensive peptides. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 578631. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.578631

NCD-RisC. (2017). Worldwide trends in blood pressure from 1975 to 2015: a pooled analysis of 1479 population-based measurement studies with 19·1 million participants. *Lancet*, *7*, 389(10064), 37-55. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31919-5

Nielsen, P.M., Petersen, D., & Dambmann, C. (2001). Improved method for determining food protein degree of hydrolysis. *Journal of Food Science*, *66*, 642-646. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb04614.x

Pihlanto, A., y Makinen, S. (2017). The function of renin and the role of food-derived peptides as direct renin inhibitors. In A. Tolekova (Ed.), *Renin-angiotensin system-past, present and future* IntechOpen. (pp. 241–258). http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.69513

Quiroga, A.V., Aphalo, P., Nardo, A.E., & Añon, M. C. (2017). *In vitro* modulation of renin-angiotensin system enzymes by Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) protein derived

peptides: Alternative mechanisms different from ACE Inhibition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. *65*(34), 7415-7423. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02240

Ramya, K., Suresh, R., Kumar, H.Y., Kumar, B.R.P., & Murthy, N.B.S. (2020). Decades-old renin inhibitors are still struggling to find a niche in antihypertensive therapy. A fleeting look at the old and the promising new molecules. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, *28*(10), 115466. https://doi.org/10.1016/j.bmc.2020.115466

Satpathy, L., Dash, D., Sahoo, P., Anwar, T.N., & Parida, S.P. (2020). Quantitation of total protein content in some common edible food sources by Lowry protein assay. *Letters in Applied NanoBioScience*, *9(3)*, 1275-1283. https://doi.org/10.33263/LIANBS93.12751283

Segura-Campos, M., Ruiz-Ruiz, J., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2012). Antioxidant activity of *Vigna unguiculata* L. walp and hard-to-cook *Phaseolus vulgaris* L. protein hydrolysates, *CyTA-Journal of Food*, *11*(3), 208-215, https://doi.org/10.1080/19476337.2012.722687

Udenigwe, C. C., Lin, Y.-S., Hou, W.C., & Aluko, R. E. (2009). Kinetics of the inhibition of renin and angiotensin I-converting enzyme by flaxseed protein hydrolysate fractions. *Journal of Functional Foods*, 1(2), 199-207. https://doi.org/10.1016/j.jff.2009.01.009

World Health Organization. (2020). *WHO reveals leading causes of death and disability worldwide 2000-2019*. who.int https://www.who.int/es/news/item/09-12-2020-who-reveals-leading-causes-of-death-and-disability-worldwide-2000-2019

Índice de masa corporal en estudiantes de educación primaria

Body mass index in primary school students

Rolando Granados-Muñoz*; Jennifer Estrella García-Serrano; Ariadna Dallanna González-Castro; Ángel Gael Piñón-Velázquez

Corporativo Escolar Grupo IMEI Irapuato. Blvd. Lázaro Cárdenas, #1575, Prolongación la Moderna, CP 36690, Irapuato, Guanajuato. *correo-e: r.granadosmunoz@ugto.mx

Recibido: 31/ago/2023 Aceptado: 18/abr/2024 // https://doi.org/10.32870/rayca.v5i5.81

ID 1er Autor: *Rolando Granados-Muñoz* / **ORC ID**: 0000-0002-8508-0112
ID 2do Coautor: *Ariadna Dallanna González-Castro* / **ORC ID**: 0009-0003-3222-1342

Resumen

Los problemas relacionados con el peso en infantes son condiciones de salud que requieren atención a nivel mundial y local, en el caso de México, es de los países que concentra mayor malnutrición por efecto de las dietas deficientes. El objetivo de esta investigación consistió en identificar bajo peso, peso normal, sobrepeso y obesidad en una muestra de infantes con edades de siete a diez años de una escuela primaria en la ciudad de Irapuato, Guanajuato. Fue un estudio descriptivo donde se midieron peso y talla a 40 estudiantes de tercero y quinto grado, obteniéndose el Índice de Masa Corporal (IMC), los pesos se clasificaron en bajo peso, peso normal, sobrepeso y obesidad. Se encontró que siete estudiantes se encuentran en la categoría de bajo peso (17,5 %), veinte están en la categoría de peso normal (50 %), nueve tienen sobrepeso (22,5 %) y cuatro presentan obesidad (10 %). Se concluye que, aunque no es una muestra representativa, se deben realizar estudios que involucren a un mayor número de alumnos ya que se identificó a la mitad de los estudiantes con problemas de peso (bajo peso, sobrepeso y obesidad).

Palabras clave: Índice de masa corporal, malnutrición, obesidad.

Abstact

Weight-related issues in children are health conditions that require attention worldwide and locally. In the case of Mexico, it is one of the countries that concentrates the highest malnutrition due to the effects of deficient diets. The objective of this research was to identify underweight, normal weight, overweight, and obesity in a sample of children aged seven to ten years from a primary school in the city of Irapuato, Guanajuato. It was a descriptive study where the weight and height of 40 third and fifth-grade students were measured, obtaining the Body Mass Index (BMI). We classified the weights into underweight, normal weight, overweight, and obesity categories. It was found that seven students were in the underweight category (17,5 %), 20 were in the normal weight category (50 %), nine were overweight (22,5 %), and four were obese (10 %). It is concluded that although this is not a representative sample, studies involving a larger number of students should be conducted since half of the students with weight problems (underweight, overweight, and obesity) were identified.

Keywords: Malnutrition, nutritional diseases, obesity, social problems.

Introducción

El bajo peso, el sobrepeso y la obesidad infantil son problemas interrelacionados que requieren un enfoque integral para abordarlos efectivamente. La prevención y tratamiento de estos problemas requieren un enfoque multidisciplinario que involucre a la comunidad, profesionales de la salud y responsables gubernamentales de la política. Bajo esta condición, la Organización Mundial de la Salud (OMS), refiere que los problemas de peso en la infancia son un fenómeno creciente a nivel global y se han asociado con situaciones de salud a largo plazo, incluyendo enfermedades crónicas, como diabetes y enfermedades cardíacas (OMS, 2020).

Para el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, 2016), en México el principal problema nutricio al que se enfrentan los niños entre las edades de seis a 11 años es la presencia de sobrepeso y obesidad, considerando que al menos uno de cada 20 niños menores de cinco años padece obesidad, esta situación favorece la presencia de sobrepeso en el resto de su vida.

En México los problemas relacionados con el peso constituyen una de las principales preocupaciones de salud pública, ya que es considerado un país mayormente mal nutrido, de hecho, ocupa el primer lugar en obesidad infantil a nivel mundial. De igual manera, los datos revelan que México padece de dietas deficientes que ocasionan malnutrición en la primera infancia, ya que existen carencias en el consumo de alimentos como frutas, verduras, huevos, leche, pescado y carne, además de que solamente dos de cada 10 niños en edad escolar (cinco a 11 años) consume verduras y leguminosas (Gobierno de México, 2021).

En ese sentido, los resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT), en México en 2020, muestran que, en niños de cinco a once años, existe una prevalencia nacional de sobrepeso de 19,6 %, distribuyéndose el 17,7 % en hombres y 21,6% en mujeres, y una prevalencia de obesidad de 18,6 %, con un porcentaje de 21,5 % en hombres y 15,6 % en mujeres. Estos resultados indican una tendencia al alza en sobrepeso y obesidad comparados con los resultados de las encuestas nacionales realizadas en otros periodos (Shamah-Levy et al., 2021).

Estos problemas de peso, afectan a la población de cualquier grupo de edad, sin embargo, la niñez y la adolescencia son etapas críticas debido a que las prácticas de alimentación y actividad física tienen un valor significativo en el propio estado de salud de los niños, no solamente al momento, sino también a corto y a largo plazo (Liria, 2012).

De acuerdo con Chacín et al., (2019), la composición corporal de la población puede variar de acuerdo a determinados factores como la edad, el sexo, las etapas del desarrollo, lugar donde se vive, hábitos alimenticios, etc., por esa razón, es que suele utilizarse como medida de estimación el Índice de Masa Corporal (IMC), un indicador que actualmente se sigue usando para evaluar el estado nutricional, elaborar cuadros diagnósticos y parámetros relacionados con el peso. A propósito de los factores que afectan las fluctuaciones de peso y talla a través de los años, también debe tenerse en consideración que las tendencias en cuanto al peso pueden variar en función del sexo y de la edad (De Ruiter et al., 2017).

Para la OMS (2021), el IMC es un indicador que relaciona el peso y la talla para identificar problemas de peso en la población. El IMC se calcula dividiendo el peso de una persona en kilogramos por el cuadrado de su talla en metros (kg/m^2). Este

dato permite de forma eficiente la detección de categorías de peso tendientes a provocar problemas en la salud (Centro Nacional para la Prevención de Enfermedades Crónicas y Promoción de la Salud, 2021). El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), clasifica el IMC en dos grupos: adolescentes de los 10 a los 19 años (IMSS, 2006a) y niños de 5 a 9 años (IMSS, 2006b), en el cuadro 1, se observan las categorías y los valores de referencia respecto al peso en niñas con edades comprendidas entre los siete a los diez años. El cuadro 2, muestra las categoría y valores de referencia para niños con edades comprendidas de los siete a los diez años.

Cuadro 1. Valores y categorías de referencia de peso para niñas de 7 a 10 años

EDAD (años)	NIÑAS			
	Riesgo de desnutrición	Peso normal	Sobrepeso	Obesidad
Siete	≤12,7	15,4 (12,8 a 17,2)	≥17,3	≥19,8
Ocho	≤12,9	15,7 (13 a 17,6)	≥17,7	≥20,6
Nueve	≤13,1	16,1 (13,2 a 18,2)	≥18,3	≥21,5
Diez	≤13,5	16,6 (13,6 a 18,9)	>19,0	≥22,6

(IMSS, 2006a; IMSS, 2006b)

Cuadro 2. Valores y categorías de referencia de peso para niños de 7 a 10 años

EDAD (años)	NIÑOS			
	Riesgo de desnutrición	Peso normal	Sobrepeso	Obesidad
Siete	≤13,1	15,5 (13,2 a 16,9)	≥17	≥19
Ocho	≤13,3	15,7 (13,4 a 17,3)	≥17,4	≥19,7
Nueve	≤13,5	16,0 (13,6 a 17,8)	≥17,9	≥20,5
Diez	≤13,7	16,4 (13,6 a 18,4)	>18,5	≥21,4

(IMSS, 2006a; IMSS, 2006b)

El estudio realizado por Alba-Martín (2016), sobre prevalencia de obesidad infantil y hábitos alimentarios en una muestra de 75 niños, encontró que el 12 % tenían un peso normal, bajo peso (11 %), sobrepeso (15 %) y obesidad (10,5 %); en esa perspectiva, el bajo peso en mujeres fue de 7,5 %, el sobrepeso de 8 % y la obesidad de 6 %, en cuanto a los hombres, el bajo peso fue de 3,5 %, sobrepeso de 7 % y la obesidad de 4,5 %. Por su parte, en el estudio realizado por González et al. (2015), en niños de 3 a 15 años, se pudo apreciar una prevalencia de bajo peso del 8 %, y una prevalencia conjunta de sobrepeso y obesidad del 25 %, es decir, 1 de cada 12 estudiantes presentó bajo peso, 3 de cada 12 presentaron sobrepeso y 1 de cada nueve presentó obesidad, de este estudio cabe destacar que la muestra masculina resultó ser más vulnerable a deficiencias y exceso de peso.

De manera similar, el estudio de Machado et al., (2018) encontró en una muestra de 318 niños de cuarto y quinto grado de escuelas públicas y privadas, que el 28,3 % tenían sobrepeso y 14,5 % obesidad y que la alimentación y el sedentarismo son una pauta importante para que se presenten estos problemas de peso.

Ferrer et al., (2020), encontraron una prevalencia del 14,4 % de sobrepeso y de 16,8 % de obesidad en 125 niños de cinco a diez años, en este trabajo también se destaca la presencia de algunos factores de riesgo asociados como el sobrepeso materno y un peso de 3,5 kilogramos al nacer. El trabajo desarrollado por Catalani et al., (2016), en una muestra de 711 adolescentes de 13 años de edad, obtuvieron los siguientes resultados: 0,7 % bajo peso, 26,4 % sobrepeso y 14,1 % con obesidad. Eyzaguirre et al. (2005), analizaron una muestra de 1 310 individuos con edades de los 2 a los 18 años, encontrando que el 7,3 % tuvo bajo peso, un 66,8 % normo peso, el 13,9 % sobrepeso y el 12 % obesidad.

En este contexto y tomando en consideración el alza en las prevalencias de problemas de salud relacionados con el peso a través de los años a nivel mundial y nacional y sus repercusiones en la salud pública, se planteó identificar las categorías de bajo peso, peso normal, sobrepeso y obesidad en una muestra de estudiantes de educación básica con edades de siete a diez años.

Materiales y Métodos

Se realizó un estudio cuantitativo, transversal y descriptivo (Müggenburg y Pérez (2007). Para la recolección de los datos se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, que implica una técnica de selección de individuos de manera accesible y próxima para quien investiga (Otzen y Manterola, 2017).

La muestra estuvo conformada por 40 estudiantes de educación básica de tercero y quinto grado, ubicada en la ciudad de Irapuato, Guanajuato. Se incluyeron niños con edades de siete, ocho, nueve y diez años. Se solicitó la autorización de la dirección de la primaria para llevar a cabo una sesión inicial donde se les explicó la finalidad del estudio y temas relacionados con problemas de peso que pudieran estar viviendo los participantes.

A los niños se les ofreció una plática interactiva sobre el peso, la obesidad y la buena alimentación, después se aplicó una encuesta sobre hábitos y costumbres de alimentación y actividad física, las instrucciones fueron leídas en voz alta, se les mencionó a los niños sobre la confidencialidad y anonimato de sus datos, la duración de la plática y la aplicación del cuestionario fue de 30 a 40 minutos.

El análisis de los datos se realizó en el programa Excel®, se diseñaron tablas de registro con los datos de peso (en kilogramos) y estatura (en centímetros), una tabla para el grupo de tercero y otra tabla para el grupo de quinto grado.

Se utilizó una báscula digital de piso previamente calibrada para la medición del peso y una cinta métrica para medir la altura, se verificó que la cinta no estuviera doblada o torcida durante el momento de la medición. Las mediciones se realizaron en un salón de clase, primero se subían a la báscula y posteriormente se colocaban de pie con el cuerpo en máxima extensión y la cabeza recta, ubicándose de espalda a la cinta métrica.

El IMC se calculó por medio de la calculadora del IMSS en línea (IMSS, 2023). Posteriormente, se clasificó en las categorías de bajo peso, peso normal, sobrepeso y obesidad. Finalmente, se les hizo la recomendación de mantener una adecuada alimentación y la práctica constante de actividad física.

Resultados

De los 40 estudiantes, 16 eran de tercer grado y 24 de quinto grado de primaria; en

cuanto a la distribución de la muestra un estudiante de tercer grado indicó tener cumplidos siete años, 14 estudiantes de tercer grado indicaron tener ocho años, un estudiante de tercer grado y cinco estudiantes de quinto grado manifestaron tener nueve años, 19 estudiantes de quinto grado refirieron tener 10 años.

El peso promedio de la muestra de tercer grado fue de 27,12 kilogramos. El IMC se muestra en el cuadro 3, se observa que el 56,25 % tiene un peso normal, el 25 % presenta problemas de sobrepeso y obesidad y un 18,75 % bajo peso.

Cuadro 3. Valores y categorías de la muestra de estudiantes de tercer grado

Edad (años)	Peso (kg)	Altura (cm)	IMC	Clasificación
8	20	122	13,44	Normal
8	34	137	18,11	Sobrepeso
8	35	131	20,40	Sobrepeso
8	25	136	13,52	Normal
8	21	120	14,58	Normal
8	21	132	12,05	Bajo peso
8	30	136	16,22	Normal
9	30	135	16,46	Normal
8	20	131	11,65	Bajo peso
8	22	126	13,86	Normal
7	28	133	15,83	Normal
8	20	125	12,80	Bajo peso
8	28	135	15,36	Normal
8	30	137	15,98	Normal
8	30	126	18,90	Sobrepeso
8	40	138	21,00	Obesidad

IMC=Índice de Masa Corporal.
Fuente: elaboración propia.

El peso promedio de la muestra de quinto grado fue de 37,20 kilogramos. El 45,83 % presentó peso normal, 37,5 % sobrepeso y obesidad y 16,66 % bajo peso (cuadro 4).

Cuadro 4. Valores y categorías de la muestra de estudiantes de quinto grado

Edad (años)	Peso (kg)	Altura (cm)	IMC	Clasificación
10	35	144	16,88	Normal
10	27	143	13,20	Bajo peso
9	30	149	13,51	Bajo peso
10	50	151	21,93	Sobrepeso
10	56	157	22,72	Obesidad
10	34	142	16,86	Normal
9	37	136	20,00	Sobrepeso
10	32	148	14,61	Normal
10	30	132	17,22	Normal
10	36	132	20,66	Sobrepeso
10	29	147	13,42	Bajo peso
9	30	141	15,09	Normal
10	78	161	30,09	Obesidad
10	44	143	21,52	Sobrepeso
10	20	141	10,06	Bajo peso
9	31	141	15,59	Normal
10	28	137	14,92	Normal
10	28	136	15,14	Normal
9	26	132	14,92	Normal
10	58	151	25,44	Obesidad
10	35	148	15,98	Normal
10	44	149	19,82	Sobrepeso
10	45	145	21,40	Sobrepeso
10	30	141	15,09	Normal

IMC=Índice de Masa Corporal.
Fuente: elaboración propia.

En resumen, del total de la población estudiada el 50 % está en un peso normal, 22,5 % con sobrepeso, 17,5 % con bajo peso y 10 % con obesidad.

Discusión

Los datos encontrados en este estudio sugieren la necesidad de utilizar otras técnicas que permitan conocer el estado nutricional de los niños de este plantel. En este sentido, la OMS (2020), señala que el

peso por encima de lo normal es un fenómeno creciente que puede favorecer la aparición de enfermedades que ponen en riesgo la salud.

Con respecto, a los estudiantes con peso normal, se encontró un 50 % en esta categoría, lo cual difiere del estudio realizado por Eyzaguirre et al., (2005), donde se encontró el 66,8 % de los estudiantes en peso normal. El 50 % de los niños presentó un IMC fuera de los valores recomendados por las pautas de salud a nivel nacional (IMSS, 2006a, 2006b). Esto sugiere la necesidad de una mayor conciencia y acción tanto a nivel individual como comunitario para abordar los factores subyacentes que contribuyen a esta tendencia.

Los hallazgos destacan la importancia de la educación nutricional y la promoción de estilos de vida saludables desde edades tempranas, ya que al menos uno de cada veinte niños menores de cinco años padece obesidad, y en edades de seis a once años sobrepeso y obesidad (UNICEF, 2016), esto es congruente con los resultados obtenidos, pues al menos dos de cada veinte niños en edades menores a los 10 años presento obesidad, y cuatro de cada veinte niños sobrepeso.

Los datos obtenidos con respecto a bajo peso, sobrepeso y obesidad difieren a lo encontrado por González et al., (2015), quienes reportaron un 33 % con este problema en comparación con el 50 % encontrado en la muestra de estudio.

Machado et al., (2018), mencionan que, aunque existen problemas de peso en el 42,8 % de la población estudiada este porcentaje no es mayor a los que tienen normo peso, lo cual coincide con el presente estudio.

De igual manera, los resultados obtenidos coinciden con otros estudios en cuanto a la prevalencia de sobrepeso y obesidad, ya que estos tienden a ser mayores a los porcentajes relacionados con bajo peso, pero el sobrepeso y la obesidad por sí solos o en conjunto, no se encontraron por encima de la categoría de peso normal (Alba-Martín, 2016; Catalani et al., 2016; Ferrer et al., 2020).

En este contexto, la OMS (2020) recomienda el manejo de los problemas relacionados con el peso desde un enfoque multidisciplinario, es decir, la implementación de programas educativos dirigidos a madres, padres, maestras, maestros y profesionales de la salud, con el objetivo de promover una alimentación equilibrada y la importancia de mantener un nivel adecuado de actividad física. Asimismo, se hace hincapié en la necesidad de colaboración entre instituciones gubernamentales, escuelas y comunidades para abordar conjuntamente este problema de salud pública.

También es necesario poner atención en los datos obtenidos por la ENSANUT, los cuales hacen patente que México ocupa el primer lugar a nivel mundial en obesidad infantil y muestran que los hábitos de alimentación de los mexicanos no son los más adecuados reflejándose en las estadísticas al alza de personas con sobrepeso y obesidad (Shamah-Levy et al., 2021).

Conclusiones

Debido a la cantidad de estudiantes que participaron, no es una muestra que represente la situación real que ocurre en la escuela primaria con referencia a los problemas de peso, por ello, es necesario realizar más estudios que consideren una muestra representativa, debido a que se identificó a la mitad de estudiantes con problemas relacionados con el peso.

Esta investigación resalta la necesidad de tomar medidas preventivas y de intervención para reducir la prevalencia de problemas de peso en niños escolares (promover una alimentación saludable y equilibrada en entornos escolares y comunitarios, fomentar la actividad física, y proporcionar educación nutricional adecuada a niños, padres y educadores. El impacto positivo de abordar estos problemas desde una edad temprana no solo se reflejará en la salud física, sino también en el bienestar general y el desarrollo futuro de esta generación y de las próximas.

Referencias

Alba-Martín, R. (2016). Prevalencia de obesidad infantil y hábitos alimentarios en educación primaria. *Enfermería Global*, *15*(2), 40-62. https://doi.org/10.6018/eglobal.15.2.212531

Catalani, F., Fraire, J., Pérez, N., Mazzola, M., Martínez, A. M., y Mayer, M. A. (2016). Prevalencia de bajo peso, sobrepeso y obesidad en adolescentes escolarizados de la provincia de La Pampa. *Archivos Argentinos de Pediatría*, *114*(2), 154-158. https://dx.doi.org/10.5546/aap.2016.154

Centro Nacional para la Prevención de Enfermedades Crónicas y Promoción de la Salud, División de Nutrición, Actividad Física, y Obesidad. (15 de septiembre de 2021). *Acerca del índice de masa corporal para niños y adolescentes*. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. https://www.cdc.gov/healthyweight/spanish/assessing/bmi/childrens_bmi/acerca_indice_masa_corporal_ninos_adolescentes.html

Chacín, M. C., Carrillo, S., Rodríguez, J. E., Salazar, J., Rojas, J., Añez, R., Angarita, L., Chaparro, Y., Martínez, M., Anderson, H., Reyna, N., Herazo Beltrán, Y., y Bermúdez, V. (2019). Obesidad Infantil: un problema de pequeños que se está volviendo grande. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*, *14*(5), 616-623. https://www.revhipertension.com/rlh_5_2019/16_obesidad_infantil_problema.pdf

De Ruiter, I., Olmedo-Requena, R., Sánchez-Cruz, J. J., y Jiménez-Moleón, J. J. (2017). Tendencia de la obesidad infantil y el bajo peso por año de nacimiento y edad en España, 1983-2011. *Revista Española de Cardiología*, *70*(8), 646-655. https://doi.org/10.1016/j.recesp.2016.11.038

Eyzaguirre, F., Mericq, V., Ceresa, S., Youlton, R., y Zacarías, J. (2005). Prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños que se controlan en pediatría ambulatoria en Clínica Las Condes. *Revista Chilena de Pediatría*, *76*(2), 143-149. https://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062005000200004

Ferrer, M., Fernández, C., y González, M. T. (2020). Factores de riesgo relacionados con el sobrepeso y la obesidad en niños de edad escolar. *Revista Cubana de Pediatría*, *92*(2), e660. https://revpediatria.sld.cu/index.php/ped/article/view/660

Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2016). *Sobrepeso y obesidad en niños, niñas y adolescentes*. Unicef México para cada infancia. https://www.unicef.org/mexico/sobrepeso-y-obesidad-en-ni%C3%B1os-ni%C3%B1as-y-adolescentes

Gobierno de México. (30 de noviembre de 2021). *Obesidad infantil: nuestra nueva pandemia*. Hablemos de salud. https://www.gob.mx/promosalud/es/articulos/obesidad-infantil-nuestra-nueva-pandemia?idiom=es

González, G., Villanueva, J., Alcantar, V. E., y Quintero, A. G. (2015). Sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes de escuelas de tiempo completo de Morelos, México. *Nutrición Hospitalaria*. *32*(6), 2588-2593. https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.6.8943

Instituto Mexicano del Seguro Social, (2023). *Calcula tu IMC*. Salud en Línea. http://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/calculaimc

Instituto Mexicano del Seguro Social. (2006a). *Tabla de Índice de Masa Corporal para adolescentes de ambos sexos*. Salud en Línea. http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/salud/tablas_imc/adolesc_imc.pdf

Instituto Mexicano del Seguro Social. (2006b). *Vigilancia y evaluación del estado nutricional*. Salud en Línea. http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/salud/tablas_imc/ninos_5a9anios_imc.pdf

Liria, R. (2012). Consecuencias de la obesidad en el niño y el adolescente: un problema que requiere atención. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, *29*(3), 357-360. https://doi.org/10.17843/rpmesp.2012.293.369

Machado, K., Gil, P., Ramos, I., y Pírez, C. (2018). Sobrepeso/obesidad en niños en edad escolar y sus factores de riesgo. *Archivos de Pediatría del Uruguay*, *89*(Suplemento 1), 16-25. https://doi.org/10.31134/ap.89.s1.2

Müggenburg, M. C., y Pérez, I. (2007). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *Enfermería Universitaria*, *4*(1), 35-38. https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2007.1.469

Organización Mundial de la Salud. (9 de junio de 2021). *Obesidad y sobrepeso*. Organización Mundial de la Salud. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight

Organización Mundial de la Salud. (2020). Childhood obesity. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/childhood-obesity

Otzen, T., y Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, *35*(1), 227-232. http://www.intjmorphol.com/wp-content/uploads/2017/04/art_37_351.pdf

Shamah-Levy, T., Romero-Martínez, M., Barrientos-Gutiérrez, T., Cuevas-Nasu, L., Bautista-Arredondo, S., Colchero, M. A., Gaona-Pineda, E. B., Lazcano-Ponce, E., Martínez-Barnetche, J., Alpuche-Arana, C., y Rivera-Dommarco, J. (2021). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2020 sobre Covid-19. Resultados nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública. https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2020/doctos/informes/ensanutCovid19ResultadosNacionales.pdf

Inseguridad alimentaria y diversidad dietética en hogares del norte de México: ¿qué alimentos se consumen?

Food insecurity and dietary diversity households in northern Mexico: what foods are consumed?

Andrea Soledad Vázquez-García, Octelina Castillo-Ruíz, Ocairi Almanza-Cruz, Ana Luisa González-Pérez, SanJuana Elizabeth Alemán-Castillo*

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán. Laboratorio de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Calle 16 y Lago de Chapala s/n CP 88740 Reynosa, Tamaulipas, México. * Corereo-e: saleman@docentes.uat.edu.mx

Recibido: 23/jul/2024 Aceptado: 10/sep/2024 // https://doi.org/10.32870/rayca.v5i5.91

ID 1er Autor: *Andrea Soledad Vázquez-García* / **ORC ID**: 0009-0003-7491-1827
ID 1er Coautor: *Octelina Castillo-Ruíz* / **ORC ID**: 0000-0001-9566-3584
ID 2do Coautor: *Ocairi Almanza-Cruz* / **ORC ID**: 0000-0002-8327-575X
ID 3er Coautor: *Ana Luisa González-Pérez* / **ORC ID**: 0000-0001-5815-7631
ID 4to Coautor: *SanJuana Elizabeth Alemán-Castillo* / **ORC ID**: 0000-0002-1701-7592

Resumen

Estudios han identificado que durante la pandemia incrementó la inseguridad alimentaria (IA) en los hogares, especialmente en la población más vulnerable y con ello posiblemente el acceso a la diversidad dietética (DD). El objetivo fue identificar IA y DD en hogares del norte de México y el consumo de alimentos. Se realizó un estudio descriptivo, transversal, con una muestra de 293 hogares seleccionados por conveniencia, a quienes se les aplicaron dos cuestionarios uno para identificar la prevalencia de IA y otro para determinar la DD en el hogar. Los datos fueron recolectados por vía online. El 58,6 % de los hogares tuvieron algún grado de IA, el 38,6 % tuvo DD baja. Al asociar el grupo de alimentos con la DD, se observó que los que tienen menor DD tienen un menor consumo de alimentos preparados con aceite, bebidas azucaradas, azúcar, mientras que los hogares que tienen DD alta presentan mayor consumo de los alimentos antes mencionados. Seis de cada diez hogares tuvieron IA y cuatro de cada diez hogares presentaron DD baja. Resultado que permiten visualizar el tipo de alimentos consumidos que sirven de pauta para realizar las intervenciones nutricionales con énfasis en una alimentación saludable y sostenible.

Palabras clave: Inseguridad alimentaria, diversidad dietética, grupos de alimentos.

Abstract

Studies have identified that during the pandemic, food insecurity (FI) increased in households, especially in the most vulnerable population and with it, possibly access to dietary diversity (DD). The objective was to identify FI and DD in homes in northern Mexico and food consumption. A descriptive, cross-sectional study was carried out with a sample of 293 households selected by convenience, to whom two questionnaires were applied, one to identify the prevalence of FI and the other to determine DD in the home. The data was collected online. 58.6% of households had some degree of FI, 38.6% had low DD. When associating the food group with DD, it was observed that those with lower DD have lower consumption of foods prepared with oil, sugary drinks, and sugar, while households with high DD have higher consumption of the aforementioned foods. Six out of ten households had FI and four out of ten households had low DD. The result allows to visualize the type of foods consumed that serve as a guideline for carrying out nutritional interventions with emphasis on healthy and sustainable eating.

Keywords: Food insecurity, dietary diversity, food groups.

Introducción

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés) indica que la inseguridad alimentaria (IA) es la incapacidad para satisfacer las necesidades mínimas de alimentos durante un periodo prolongado (FAO, 2021). Se caracteriza por una distribución social y económica desigual, lo que limita la cantidad y calidad de la dieta, en consecuencia, se alteran los hábitos alimentarios. Cuando la IA es grave las personas dejan de ingerir alimentos por varios días y ponen en peligro su salud (Landaeta-Jiménez et al., 2018).

La FAO, sostiene que gran parte de la población mundial presenta estados de IA grave por falta de acceso a los alimentos (Parada et al., 2018). En el 2021 durante la pandemia por COVID-19 a nivel mundial el 29,3 % tenían IA grave y moderada. Mientras que en América Latina y el Caribe fue de 40,6 % (FAO, FIDA, OMS, PMA, y UNICEF, 2022). En México la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición en 2012, reportó que el setenta por ciento de hogares presentaban IA, de ellos la tercera parte de los hogares los integraban niños menores de cinco años que presentaban afectación en la alimentación (Mundo-Rosas et al., 2014).

Cabe hacer mención que esta condición presenta mayor prevalencia, en grupos vulnerables como son los niños, embarazadas y las personas de la tercera edad. Algunos de los efectos en los niños son bajo peso, retraso en el crecimiento o baja talla, anemia, sobrepeso y obesidad, además se relaciona con bajo aprendizaje, ansiedad, depresión y comportamiento agresivo (Arellano-Esparza, 2022), que se verán reflejadas en la edad adulta e incidirán directamente en la productividad de quien las padezca (Mundo-Rosas et al., 2018; Parada et al., 2018).

En consecuencia, a este problema, es probable que aumenten la desnutrición, hambre, escasa diversidad dietética y otros problemas relacionados con la nutrición en los adultos. De acuerdo con Mundo-Rosas et al. (2019), las personas de zonas urbanas presentan mayor inseguridad alimentaria, así como la población que migra a las ciudades como la ciudad de México y el norte del país, que van en busca de trabajo y lo consiguen con un bajo salario y sin prestaciones, que los mantiene en pobreza y por ende destinan poco dinero para el consumo de alimentos lo que condiciona a seleccionar alimentos inadecuados y de escaso valor nutricional.

Para medir la inseguridad alimentaria se utilizan diferentes indicadores como el gasto dirigido a la alimentación y la diversidad dietética que es indicador clave de la capacidad que tiene un hogar no solo de proporcionar suficiente alimento, sino de proporcionar una amplia gama de alimentos para una nutrición adecuada (Kundu et al., 2021; Salazar-Rendón et al., 2022). El objetivo del presente trabajo fue identificar la IA, DD y el consumo de alimentos en hogares del norte de México, particularmente en Reynosa Tamaulipas, una ciudad fronteriza con migrantes de diferentes estados del país.

Materiales y métodos

Este estudio fue descriptivo y transversal, correlacional, la muestra estuvo integrada por 293 hogares de niños seleccionados por conveniencia de escuelas públicas de educación básica del turno matutino del área urbana de Reynosa, Tamaulipas, México. Se solicitó autorización a los directores de las escuelas públicas para realizar el proyecto, así mismo se solicitó permiso y se leyó el consentimiento informado a los padres de familia. Una vez que los padres de familia firmaron el consentimiento informado se

procedió a solicitar el llenado de los cuestionarios, los cuales se les hicieron llegar a los padres de familia por formulario de Microsoft Forms® (Office 365, Microsoft®). Se excluyeron los cuestionarios incompletos y los que no firmaron el consentimiento informado.

El cuestionario estuvo integrado por:
i) características generales (edad, jefe de familia, grado escolar del padre, madre, n° de hijos, situación laboral de ambos padres).

ii) inseguridad alimentaria, en este apartado se utilizó la versión armonizada para México de la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA), que identifica la percepción de recursos insuficientes para conseguir alimentos por parte de los miembros de la familia. Este instrumento consta de 15 preguntas dicotómicas (si/no) para hogares con integrantes menores de 18 años. Las preguntas hacen referencia a tres meses previos a la aplicación del instrumento.

Clasifica a los hogares en cuatro categorías: 0 = seguridad alimentaria, indica que ninguno de los integrantes del hogar sacrificó la calidad o cantidad de los alimentos que acostumbra a consumir, tampoco omitió tiempos o días de comida;
1-5 = inseguridad alimentaria leve que indica preocupación porque los alimentos sean insuficientes para los integrantes de la familia, se recurre a la disminución de la calidad de la alimentación (compra de alimentos más baratos densos en calorías);
6-10 = inseguridad alimentaria moderada indica reducción en la cantidad de alimentos consumidos;
y 11-15 = inseguridad alimentaria severa indica que los miembros del hogar omiten tiempos de comida o dejan de comer por todo un día. Algunos autores mencionan que este último se observa primero en los adultos y posteriormente en los niños de acuerdo con la respuesta de la persona encargada de la compra, preparación o administración de los alimentos en el hogar (Mundo-Rosas et al., 2014; Rodríguez-Ramírez et al., 2021; Shamah-Levy et al., 2020).

iii) diversidad dietética del hogar, refleja la accesibilidad que se tiene a los alimentos del hogar, para utilizar esta medida, se utilizaron 10 grupos de alimentos más consumidos en la última semana y se clasificaron como se menciona a continuación:
1) cereales (alimentos elaborados a partir de cereales, raíces o tubérculos);
2) leguminosas;
3) productos lácteos (leche, queso o yogur);
4) carnes (aves, carnes rojas, pescados y mariscos);
5) frutas y verduras ricas en vitamina A (calabaza, zanahorias, verduras de hoja verde; frutas como mango, papaya y guayaba u otros ricos en vitamina A);
6) otras frutas y verduras (incluyendo jugos);
7) alimentos preparados con aceite, grasa o mantequilla;
8) bebidas azucaradas (BA);
9) caramelos y azúcar, y
10) huevo.

La calificación utilizada fue la siguiente: 0 = cuando un grupo de alimentos fue consumido menos de tres días a la semana;
y 1 = cuando se consumió un grupo de alimentos tres o más días a la semana y de acuerdo a los grupos de alimentos consumidos es la sumatoria que se obtiene.

La puntuación máxima es de 10 puntos. Se categoriza como DD baja cuando consumían de 0 a 6 grupos de alimentos, como DD media cuando el consumo es de 7 a 8 grupos y DD alta a la ingesta de 9 a 10 grupos de alimentos (Mamani-Urrutia et al., 2022; Mundo-Rosas et al., 2014).

Consideraciones éticas

El comité de ética institucional de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán (CEI- UAMRA) aprobó el proyecto, siguiendo los lineamientos de la Declaración de Helsinki. Se obtuvo el consentimiento de los participantes que confirmaron su participación voluntaria.

Análisis estadístico

Se realizó estadística descriptiva sobre las características de la muestra de estudio, se utilizó la media y desviación estándar para describir la edad. Para el número de hijos, nivel de estudios y situación laboral del padre y madre, prevalencia de inseguridad alimentaria (leve, moderada, severa) y diversidad dietética (alta, moderada y baja) se presentan las frecuencias y porcentajes. Para relacionar los niveles de DD con los grupos de alimentos se utilizó la prueba Ji-cuadrada, con significancia de $P \leq 0,05$. Se utilizó el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences® (SPSS) v.22.

Resultados

Características generales

Se evaluaron 293 hogares, por medio de los padres (de escolares 4º, 5º y 6º grado de primaria), con un promedio de edad de 35,1 ± 7,5 años, con estudios de preparatoria la mayoría, el 51,2 % de las mamás y 95,6 % de los papás trabajaban fuera de casa (cuadro 1).

Seguridad alimentaria y diversidad dietética

El 58,6 % de los encuestados está con algún grado de IA (figura 1). En el reactivo 1 del cuestionario de ELCSA, donde se les pregunta si alguna vez se preocupó porque se acabarán los alimentos, el 44,4 % de la muestra contestó de manera positiva (cuadro 2).

Cuadro 1. Características de la muestra de estudio

Características	Frecuencia	%
Nº de hijos		
1	175	59,7
2	92	31,4
3	25	8,5
Más de 4	1	0,4
Grado de escolaridad del padre		
Ninguno	11	3,8
Primaria	24	8,2
Secundaria	78	26,6
Preparatoria	82	28,0
Universidad completa	63	21,5
Universidad incompleta	32	10,9
Posgrado	3	1,0
Grado de escolaridad de la madre		
Ninguno	3	1,0
Primaria	31	10,6
Secundaria	84	28,7
Preparatoria	91	31,1
Universidad completa	50	17,1
Universidad incompleta	29	9,9
Posgrado	5	1,7
Situación laboral durante la pandemia (padre)		
No trabaja	13	4,4
Trabaja	280	95,6
Estudia	0	0,0
Situación laboral durante la pandemia (madre)		
No trabaja	139	47,4
Trabaja	150	51,2
Estudia	4	1,4

Fuente: Elaboración propia

El promedio de DD fue 6,90 ± 2,35 de acuerdo con el consumo de alimentos, el 68,0 % presentaron diversidad dietética baja y media (figura 2).

Cabe mencionar que la tendencia de las personas que tienen una baja (5,4 %) y media (15,2 %) DD tienen un menor consumo de caramelos y azúcar en comparación con los que presentaron alta

DD (79,3 %) (p=0,001). Por su parte, los de baja DD consumen menos huevo, carnes, productos lácteos, frutas y verduras ricas en vitamina A y leguminosas (p=0,001). Los de alta DD consumen mayor variedad de frutas y verduras, cereales, alimentos preparados con aceites, BA, caramelos y azúcar (p=0,001) como se muestra en el cuadro 3.

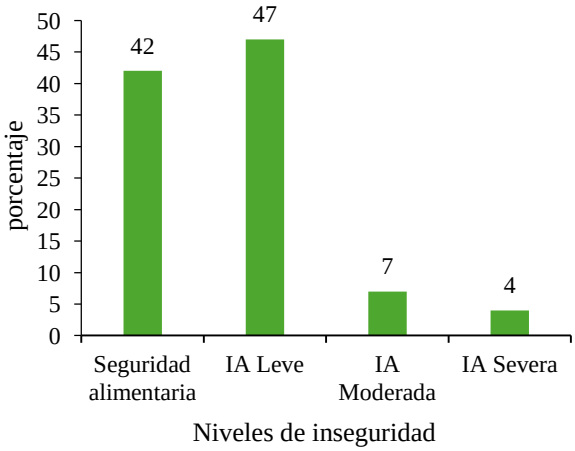

Figura 1. Nivel de inseguridad alimentaria
I.A.= inseguridad alimentaria
Fuente: elaboración propia

Discusión

Los hallazgos presentados en este estudio muestran que el 58,0 % de los hogares tienen algún grado de IA que puede ir de leve a severo. La encuesta nacional de salud y nutrición (ENSANUT) en México, indicó que en 2012 y 2016 el 69,8 % y 69,6 % tenía algún grado de Inseguridad Alimentaria, respectivamente, problema que disminuyó a nivel nacional 14,3 puntos porcentuales para el año 2018 (55,5 %).

Estudios realizados en México en diversas regiones reportaron que en el sur (83,0 %), occidente (76,2 %) y centro del país (86,3 %) tenían mayor prevalencia de Inseguridad Alimentaria (Guzmán et al., 2019; Haro-Mota et al., 2016; Martínez-Rodríguez et al., 2015).

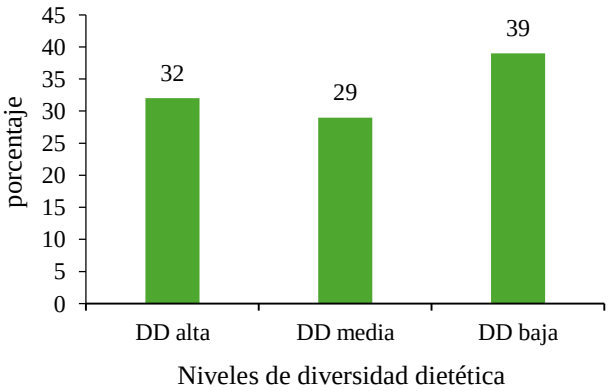

Figura 2. Nivel de diversidad dietética
DD= diversidad dietética
Fuente: elaboración propia

Mientras que Shamah-Levy et al. (2020) reportaron una incidencia similar al presente estudio (IA leve: 38,5 %; IA moderada: 12,8 %; IA severa: 7,8 %). De igual manera a los resultados de Ávila-Arcos et al. (2021) en un estudio realizado en la Ciudad de México (59,4 % de IA: leve 38,6 %, moderada 13,0 %, severa 7,8 %).

Al comparar a nivel internacional se observó que en Chile durante la pandemia encontraron que la IA fue de 44,3 % (Prada et al., 2021), en Argentina fue de 50,5 % (Cordero y Cesani 2020), en Canadá 16,2 %, (Hutchinson y Tarasuk, 2022), en Bangladesh aumentó del 22,7 % al 25,8 % (Yeh et al., 2021), aun así, siguen siendo menores al presente estudio.

En el presente estudio prevaleció la DD baja (39,0 %) seguido de la DD media (29 %). En el estudio de Kundu et al. (2021) realizado en Bangladesh reportaron una prevalencia de DD media de 44,9 %, superior a lo reportado en el presente estudio, mientras que ellos indicaron que en su muestra de estudio el 13,6 % tenían DD baja, inferior a lo reportado en el presente estudio.

Cuadro 2. Resultados del cuestionario ELCSA de los hogares estudiados

Dimensión que mide la pregunta	Pregunta	Frecuencia	%
Preocupación			
	1. Alguna vez se preocupó porque se acabarán los alimentos	130	44,4
Calidad			
	2. Han dejado de tener una alimentación sana	67	22,9
	3. Consumió una variedad limitada de alimentos	64	21,8
	4. Menores dejaron de tener una alimentación sana	35	11,9
	5. Niños consumen pocos tipos de alimentos	64	21,8
	6. Se quedaron algún día sin comida	11	3,8
	7. Algún adulto comió menos	56	19,1
	8. Menores de edad comieron menos	14	4,8
	9. Los niños disminuyeron la cantidad de comida	22	7,5
Hambre			
	10. Algún adulto se quedó sin un tiempo de comida	34	11,6
	11. Menores quedaron sin un tiempo de comida	7	2,4
	12. Algún adulto pasó hambre	24	8,2
	13. Algún adulto se pasó todo un día sin comer	13	4,4
	14. Menores sintieron hambre	15	5,1
	15. Menores pasaron un día sin comer alimentos por alguna situación	5	1,7

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. Consumo de alimentos de acuerdo con la diversidad dietética

Grupos de alimentos	Diversidad (%)			Valor de p	Diversidad dietética
	Baja	Media	Alta		
Carne	30,1	32,1	37,8	0,001	85,0
Productos lácteos	28,2	33,1	38,8	0,001	83,6
Otras frutas y verduras	26,4	32,9	40,7	0,001	78,8
Leguminosas	25,1	33,3	41,6	0,001	74,7
Frutas y verduras ricas en vitamina A	29,3	31,2	39,5	0,001	73,4
Huevo de gallina	30,4	31,4	38,2	0,001	69,6
Cereales	22,1	29,7	48,2	0,001	66,6
Alimentos preparados con aceites	16,0	34,6	49,5	0,001	64,2
Bebidas azucaradas	18,0	32,2	49,7	0,001	62,5
Caramelos y azúcar	5,4	15,2	79,3	0,001	31,5

Fuente: elaboración propia Ji-cuadrado ($P < 0,05$)

En 2020, Cheteni et al. (2020), reportaron que, en la provincia del Cabo Oriental, Sudáfrica, el 60,0 % de los hogares tenía DD baja y el 19,0 % DD media, estos resultados son superiores al presente estudio, considerando que este es un país con problemas en el acceso a los alimentos.

Dentro de esta diversidad dietética se observó que el 80,0 % de los encuestados reportaron el consumo de carne y productos lácteos, el 70,0 % frutas, verduras, leguminosas y el 60,0 % mencionaron el consumo de alimentos preparados con aceite y BA.

Cabe mencionar que Kundu et al. (2021) reportaron resultados similares en el consumo de verduras (79,09 %), tuvieron menor porcentaje en el consumo de leguminosas (25,4 %), aceites y grasas (26,9 %) en comparación con el presente estudio. Mientras que Ghanbari-Movahed et al. (2022) reportaron una mayor diversidad dietética en Irán respecto al consumo de cereales (99,8 %), verduras (92,3 %), BA (90,6 %), y dulces (80,5 %). Büyüksoy et al. (2022) en Turquía reportaron que el 94,3 % de los hogares consumió pan y bollería, 74,9 % consumió huevos, superiores al presente estudio, con excepción de la leche y derivados lácteos (79,1 %).

Al categorizar los grupos de alimentos por niveles de DD: baja, media y alta, se observó que los hogares con baja DD tienen un menor consumo de alimentos densos en calorías como: alimentos preparados con aceite, BA, caramelos y azúcar, en comparación con la DD media y alta (p=0,001). Entre el 20 % y 30 % tienen un consumo de más de tres días de frutas, leguminosas y cereales. Mientras que los hogares que tienen alta DD presentan mayor consumo de los alimentos antes mencionados. Un estudio realizado por Mamani-Urrutia et al. (2022) en Perú asociaron que las personas con mayores ingresos económicos tienen una DD alta comparado con aquellos que tienen menores ingresos (p<0,01). Confirmado por Kundu et al. (2021) quienes reportaron que tener bajos ingresos fue determinante para tener DD baja.

Una de las fortalezas del presente estudio fue identificar la presencia de IA y DD que vulnere la población residente debido a que es una ciudad fronteriza en la que se encuentran personas de otras regiones del estado, del país y de aquellos que han migrado, así como focalizar los programas sociales hacia la población con IA y DD.

Entre las limitaciones que se identificaron fue el modo de aplicación de los instrumentos, ya que al haber utilizado únicamente un formato en línea puede sugerir un sesgo de muestreo al excluir involuntariamente a aquellos que no tienen acceso a internet. Además de que no se solicitó el ingreso económico y el gasto en la compra de alimentos.

Conclusiones

En el presente estudio el 58,6 % y el 38,6 % tuvieron algún grado de IA y DD baja, respectivamente. Además, se observó que los hogares que presentaron DD baja, consumieron menos productos ultra procesados como bebidas azucaradas, alimentos preparados con aceite y caramelos en comparación con los categorizados con DD alta y media. Estos resultados permiten visualizar el tipo de alimentos consumidos que sirven de pauta para realizar las intervenciones nutricionales con énfasis en una alimentación saludable y sostenible.

Referencias

Arellano-Esparza, C. A. (2022). Seguridad alimentaria y política pública: un desafío civilizatorio. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo*

regional, *32*(59). https://doi.org/10.24836/es.v32i59.1203

Ávila-Arcos, Méndez-Gómez, Huamarán, I., Morales-Rúan, M. del C., López-Olmedo, N., Barrientos-Gutiérrez, T., y Shamah-Levy, T. (2021). La inseguridad alimentaria y factores asociados en hogares mexicanos con casos de COVID-19. *Salud Pública de México*, *63*(6), 751-762. https://doi.org/10.21149/13026

Bulucu Büyüksoy, G. D. Çatıker, A., y Özdil, K. (2022). Food insecurity and affecting factors in households with children during the COVID-19 pandemic: A cross-sectional study. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, *16*(6), 2528-2533. https://doi.org/10.1017/dmp.2021.172

Cheteni, P., Khamfula, Y., y Mah, G. (2020). Exploring food security and household dietary diversity in the Eastern Cape Province, South Africa. *Sustainability*, *12*(5), 1851. https://doi.org/10.3390/su12051851

Cordero, M. L. y Cesani, R.M. F. (2020). Percepción de inseguridad alimentaria en Tucumán (Argentina) en el contexto de la pandemia del COVID-19. *Revista De Salud Pública-Córdoba*, 9-21. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/121548

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *Hambre e inseguridad alimentaria*. https://www.fao.org/hunger/es/

Food and Agriculture Organization, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Organización Mundial de la Salud, Programa Mundial de Alimentos y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2022). *Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles*. Roma, FAO. https://doi.org/10.4060/cc0640es

Ghanbari-Movahed, R., Maleki-Fard, F., Gholamrezai, S., y Pakravan-Charvadeh, M. R. (2022). The Impact of COVID-19 pandemic on food security and food diversity of Iranian rural households. *Frontiers in Public Health*, *10*, 862043. https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.862043

Guzmán Pérez, S. N., Barragán Lizama, L. A., y Gallegos Gallegos, R. P. (2019). Seguridad alimentaria en alumnos de la Secundaria del sureste mexicano. *Horizonte sanitario*, *18*(3), 373-381. https://doi.org/10.19136/hs.a18n3.2495

Haro-Mota, R., Marceleño-Flores, S., Bojórquez-Serrano, J. I., y Nájera-González, O. (2016). La inseguridad alimentaria en el estado de Nayarit, México, y su asociación con factores socioeconómicos. *Salud Pública de México*, *58*(4), 421-427. https://doi.org/10.21149/spm.v58i4.8022

Hutchinson, J. y Tarasuk, V. (2022). The relationship between diet quality and the severity of household food insecurity in Canada. *Public Health Nutrition*, *25*(4), 1013-1026. https://doi.org/10.1017/S1368980021004031

Kundu, S., Banna, Md. H. A., Sayeed, A., Sultana, Mst. S., Brazendale, K., Harris, J., … Khan, M. S. I. (2021). Determinants of household food security and dietary diversity during the COVID-19 pandemic in Bangladesh. *Public Health Nutrition*, *24*(5), 1079-1087. https://doi.org/10.1017/S1368980020005042

Landaeta–Jiménez, M., Sifontes, Y., & Herrera, C.M. (2018). Venezuela entre la inseguridad alimentaria y la malnutrición. In *Anales Venezolanos de Nutrición*, *31*(2), 66-77. https://www.analesdenutricion.org.ve/ediciones/2018/2/art-4/

Mamani-Urrutia, V., Olivares-Etchebaster, M., Tume, F., Becerra-Castillo, S. G., Apaza-Panca, C. M., y Espinoza-Rojas, R. (2022). Diversidad alimentaria en habitantes de tres provincias de Perú durante la COVID-19 y factores asociados. *Revista chilena de nutrición*, *49*(3), 352-359. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182022000300352

Martínez-Rodríguez, J. C., García-Chong, N. R., Trujillo-Olivera, L. E., y Noriero-Escalante, L. (2015). Inseguridad alimentaria y vulnerabilidad social en Chiapas: el rostro de la pobreza. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 475-481. https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7944

Mundo-Rosas, V., de la Cruz-Góngora, V., Jiménez-Aguilar, A., y Shamah-Levy, T. (2014). Diversidad de la dieta y consumo de nutrimentos en niños de 24 a 59 meses de edad y su asociación con inseguridad alimentaria. *Salud Pública de México*, *56*, s39-s46. https://doi.org/10.21149/spm.v56s1.5164

Mundo-Rosas, V., Unar-Munguía, M., Hernández-F., M., Pérez-Escamilla, R., y Shamah-Levy, T. (2019). La seguridad alimentaria en los hogares en pobreza de México: una mirada desde el acceso, la disponibilidad y el consumo. *Salud Pública de México*, *61*(6), 866-875. https://doi.org/10.21149/10579

Mundo-Rosas, V., Vizuet-Vega, N. I., Martínez-Domínguez, J., Morales-Ruán, M del C. Pérez-Escamilla, R., y Shamah-Levy, T. (2018). Evolución de la inseguridad alimentaria en los hogares mexicanos: 2012-2016. *Salud Pública de México*, *60*(3): 309-318. https://doi.org/10.21149/8809

Parada, G. Á.M., Loaiza, C.J.E., Artavia, J.M.L., y Benavides,V.S. (2018). Seguridad alimentaria y nutricional: una mirada retrospectiva. *Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad*, *5*(15), 1-21. https://www.redalyc.org/journal/4695/469565683001/469565683001.pdf

Prada, G. E., Durán-Agüero, S., y Moya-Osorio, J. L. (2021). Confinamiento e inseguridad alimentaria durante la pandemia por covid-19 en Chile. *Revista chilena de nutrición*, *48*(5), 678-686. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182021000500678

Rodríguez-Ramírez, S., Gaona-Pineda, E. B., Martínez-Tapia, B., Romero-Martínez, M., Mundo-Rosas, V., y Shamah-Levy, T. (2021). Inseguridad alimentaria y percepción de cambios en la alimentación en hogares mexicanos durante el confinamiento por la pandemia de COVID-19. *Salud Pública de México*, *63*(6), 763-772. https://doi.org/10.21149/12790

Salazar-Rendón, J. C., Estrella-Uscanga, C., Dickinson, F., y Azcorra, H. (2022). Análisis de la diversidad dietética en mujeres embarazadas del sureste de México. *Revista chilena de nutrición*, *49*(6), 734-742. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182022000700734

Shamah-Levy, T., Vielma-Orozco, E., Heredia-Hernández, O., Romero-Martínez, M., Mojica-Cuevas, J., Cuevas-Nasu, L., Santaella-Castell, J. A. y Rivera-Dommarco, J. (2020). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-19: Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública. https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_informe_final.pdf

Yeh, C. W., Lo, Y. T. C., Chen, Y. C., Chen, W. C., y Huang, Y. C. (2021). Perceived Food Insecurity, Dietary Quality, and Unfavorable Food Intake among Children and Adolescents from Economically Disadvantaged Households. *Nutrients*, *13*(10), 3411. https://doi.org/10.3390/nu13103411

Reflexiones sobre la inteligencia artificial en la industria alimentaria

Reflections on artificial intelligence in the food industry

Carlos Alberto Campos-Bravo*; Alfonsina Núñez-Hernández; Zoila Gómez-Cruz; Salvador Hernández-Macías

Departamento de Salud Pública, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez N° 2100. Las Agujas, Zapopan, Jalisco, C.P. 45200. *Correo-e: carlos.cbravo@academicos.udg.mx

Recibido: 30/jul/2024 Aceptado: 30/sep/2024 // https://doi.org/10.32870/rayca.v5i5.99

ID 1er Autor: *Carlos Alberto Campos-Bravo* / **ORC ID**: 0000-0002-3981-5608
ID 1er Coautor: *Alfonsina Núñez-Hernández* / **ORC ID**: 0000-0002-5849-7676
ID 2do Coautor: *Zoila Gómez-Cruz* / **ORC ID**: 0000-0002-1758-9945
ID 3er Coautor: *Salvador Hernández-Macías* / **ORC ID**: 0000-0002-4640-2342

Resumen

La Inteligencia Artificial (IA) se aplica en diversas situaciones de la vida diaria. El objetivo de la presente revisión es mostrar el amplio panorama actual respecto a las implicaciones del uso de la IA respecto a la industria alimentaria. Para lo cual es necesario un marco normativo que ya existe en lo general en Organismos Internacionales y en países como México, Chile, Estados Unidos, China y la Unión Europea. Hay que tomar en cuenta que el empleo de esta tecnología tiene impacto directo e indirecto en el medio ambiente a través de la industria alimentaria, en la cual sus usos abarcan, pero no se limitan a: inocuidad/salud, optimización de la cadena de suministro, manufactura/control de calidad, administración pública y servicios, producción sostenible y personalización de la experiencia del consumidor/ desarrollo de nuevos productos. La inteligencia artificial está revolucionando la industria alimentaria, contribuyendo a mejorar la eficiencia, la calidad y la inocuidad de los productos alimentarios a nivel mundial. Se requiere legislación específica para el uso de esta tecnología en la industria alimentaria.

Palabras clave: Alimentos, tecnología, inteligencia artificial.

Abstract

Artificial Intelligence (AI) is applied in various situations of daily life. The objective of this review is to show the broad current panorama regarding the implications of the use of AI with respect to the food industry. For which a regulatory framework is necessary that generally already exists in International Organizations and in countries such as Mexico, Chile, the United States, China and the European Union. It must be taken into account that the use of this technology has a direct and indirect impact on the environment through the food industry, in which its uses include, but are not limited to: safety/health, supply chain optimization, manufacturing/quality control, public administration and services, sustainable production and personalization of the consumer experience/development of new products. Artificial intelligence is revolutionizing the food industry, helping to improve the efficiency, quality and safety of food products worldwide. Specific legislation is required for the use of this technology in the food industry.

Keywords: Food, technology, artificial intelligence.

Introducción

De acuerdo a la Real Academia Española (RAE), la inteligencia artificial (IA), se define como: "disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico" (RAE, 2024).

Muy similar a la definición de la Unión Europea (UE): "la habilidad de una máquina de presentar las mismas capacidades que los seres humanos, como el razonamiento, el aprendizaje, la creatividad y la capacidad de planear", la UE la considera una prioridad dentro de sus políticas (Parlamento Europeo [PE], 2020).

Al explorar aspectos intrínsecos asociados a la IA, se menciona que: "es la capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones tal y como lo haría un ser humano" (Bidyalakshmi et al., 2024 Rouhiainen, 2018).

Desde hace más de 60 años datan los antecedentes de la IA, aunque es en años recientes cuando se han presentado los cambios tecnológicos más evidentes para el público en general, debido a la gran cantidad de datos disponibles y a la generación de nuevos algoritmos más complejos y con mayores alcances. Con la IA se pretende transformar casi todos los aspectos de la vida y la economía (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2022; PE, 2020).

La IA se aplica en diversas situaciones. Algunos usos aun cuando no son detectados por los usuarios, están presentes en el día a día y están creciendo rápidamente en la actualidad, por ejemplo a través de las compras por internet, la publicidad que se recibe en el correo electrónico o en los teléfonos celulares, distribución de contenido en las redes sociales, las búsquedas en la web, los asistentes personales digitales en los teléfonos móviles, las traducciones automáticas, el ahorro de energía en casas, algunas funciones de seguridad en los vehículos (que cada vez se amplía más en los vehículos autónomos), la ciberseguridad, la lucha contra la desinformación (a través de la detección de noticias falsas), e incluso en épocas recientes para luchar contra el Covid-19 (termosensores y tomografías computarizadas), mejoras del desempeño de la estrategia algorítmica comercial, implementada en el sector financiero, detección y clasificación de objetos (tiene potencial para muchos campos), la protección contra amenazas de seguridad cibernética (es una herramienta importante para los bancos y los sistemas que envían y reciben pagos en línea) (PE, 2020; Rouhiainen, 2018).

Lo anterior también tiene implicaciones en la industria alimentaria además de que el uso de esta tecnología está presente a través de los aparatos que son capaces de recibir información del entorno y de esta manera relacionarse con él, para resolver problemas o actuar con un fin específico de acuerdo a cada situación presentada.

El dispositivo tecnológico puede recibir datos proveídos por los humanos o por medio de sus sensores (cámaras o termómetros), los procesa y emite una respuesta. En lo general la IA puede analizar los datos recabados y almacenarlos e ir adaptando sus respuestas trabajando autónomamente (PE, 2020; Rouhiainen, 2018). Es decir, detecta patrones en los datos, tales como anomalías y/o similitudes, y utiliza ese conocimiento histórico para predecir con precisión los resultados futuros (United Nations, 2024).

De acuerdo a la Comisión Europea, la IA puede presentarse como: software (asistentes virtuales, software de análisis de imágenes,

motores de búsqueda, sistemas de reconocimiento de voz y rostro), o como IA integrada (robots, drones, vehículos autónomos, internet de las cosas) (PE, 2020).

Una de las grandes ventajas de la IA con respecto a los humanos, es el procesamiento de una gran cantidad de información en lapsos de tiempo relativamente cortos, con menor probabilidad de errores que el humano (dependiendo de la programación) y sin cansancio (Rouhiainen, 2018), lo cual representa un atributo muy útil en la industria de los alimentos. Pero el gran crecimiento de la IA también obliga a estar atentos para prevenir y analizar las posibles desventajas directas o indirectas que pueda generar su proliferación, lo cual puede ser acotado por medio del marco normativo.

El objetivo de la presente revisión es mostrar el amplio panorama actual respecto a las implicaciones del uso de la IA en la industria alimentaria.

Legislación respecto a la IA

De acuerdo a la UNESCO (2022), el empleo de la IA, "influye en el pensamiento, las interacciones y la adopción de decisiones de los seres humanos y afecta a la educación, las ciencias sociales y humanas, las ciencias exactas y naturales, la cultura, la comunicación y la información".

Sin duda sus beneficios son enormes y representan un cambio importante en los paradigmas de nuestra sociedad, pero, por otro lado, los riesgos también están latentes como en todas las actividades humanas si no se legisla adecuadamente. Lo anterior tiene repercusiones en todos los ámbitos productovos, de lo cual no puede sustraerse la industria alimentaria.

Es por eso que resulta indispensable emitir leyes, reglamentos y normas sobre IA, orientadas a preservar el bienestar de los seres vivos y por lo tanto del planeta mismo. Lo cual plantea posibles escenarios de desigualdad por mejorar la calidad de vida de unos cuantos seres humanos y el consiguiente deterioro de otros muchos (Salazar y Pruneda, 2023; UNESCO, 2022), y a su vez esto está asociado a los entornos en el que se desenvuelven, teniendo impactos que posiblemente ampliarían la brecha, por lo que las implicaciones ético-morales, son ineludibles.

El uso de las nuevas tecnologías plantea también el asunto de los derechos fundamentales, lo cual involucra desde el punto de vista jurídico: libertad de expresión, privacidad, protección de datos, no discriminación, el debido proceso, seguridad y valores democráticos (Chavan et al., 2024; Salazar y Pruneda, 2023; UNESCO, 2022). Otro aspecto importante a considerar es que las tecnologías de la IA pueden ser beneficiosas para el medio ambiente y los ecosistemas, sin embargo, deben tenerse en cuenta, los probables daños y/o repercusiones negativas que pudieran ocasionar en esos entornos (Chavan et al., 2024; UNESCO, 2022).

En junio de 2018, la ONU organizó el tercer Foro de Ciencia, Tecnología e Innovación para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), encabezado por Japón y México. En el cual se abordó el tema del impacto de los rápidos cambios tecnológicos en los ODS, en particular aquellos asociados a la IA (Loyola, 2023).

El 23 de noviembre del 2021, la UNESCO, emite el primer Acuerdo Mundial sobre la Ética de la Inteligencia Artificial, el cual fue aprobado por los 193 estados miembros y es de adopción voluntaria (UNESCO, 2022).

Existen importantes antecedentes en este rubro a nivel internacional, por ejemplo: la

"Orden Ejecutiva para el Desarrollo Seguro, Protegido y Confiable de la Inteligencia Artificial" publicada por los Estados Unidos de América (Biden, 2023). La "Ley de Inteligencia Artificial" propuesta en la UE (European Commission [EC], 2024; PE, 2023). El proyecto de ley para regular la inteligencia artificial en Chile (Roberts, 2024) y la normativa China (Embajada de la República Popular China, 2023).

En México se ha abordado en diferentes documentos con carácter oficial el tema de la IA, a continuación, se mencionan algunos de los aspectos más relevantes. México fue uno de los primeros países en la ONU, en alertar sobre la importancia de la IA, ya que, en 2017 presentó las resoluciones 72/242 y 73/17, iniciando así un debate internacional sobre el impacto global de la IA (Loyola, 2023).

En marzo de 2018 se publicó el informe: "*Hacia una estrategia de IA en México: aprovechando la revolución de la IA"*, elaborado por expertos ingleses y mexicanos (Loyola, 2023; Salazar y Pruneda, 2023). El 23 de mayo de 2018, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) creó el Consorcio en Inteligencia Artificial, cuyo objetivo se centra en "articular un grupo de investigación interdisciplinario en el campo de la IA, para beneficio de la sociedad mexicana" (Loyola, 2023).

El 30 de marzo de 2023, se presentó al pleno en la Cámara de Diputados la "iniciativa que expide la ley para la regulación ética de la inteligencia artificial y la robótica para los Estados Unidos Mexicanos" (Loyola, 2023).

El 02 de abril de 2024, se expidió la «Ley Federal que Regula la Inteligencia Artificial». Algunos puntos destacables, son: a) Prevé aplicación extraterritorial de la ley; b) La autoridad reguladora será el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT); c) Propone la creación de una Comisión Nacional de Inteligencia Artificial, como órgano consultivo del IFT, y conformada por científicos; d) Propone clasificar a los Sistemas de Inteligencia Artificial atendiendo a los riesgos que se puedan generar, de manera similar como lo establece la normativa de la UE, las clasificaciones de riesgo son: «Riesgo Inaceptable», «Alto Riesgo» y «Bajo Riesgo»; e) Se requerirá autorización previa del IFT para comercializar Sistemas de IA en México, incluso si son gratuitos; f) Prevé multas de hasta el 10% de los ingresos anuales para los infractores (Sistema de Información Legislativa [SIL], 2024).

Impacto al medio ambiente por el uso de IA

La expectativa es grande respecto a que la IA ayude a disminuir la emergencia mundial respecto a la situación del medio ambiente, por ejemplo, a vigilar las emisiones de metano (uno de los principales gases de efecto invernadero), no obstante, es necesario asegurarse de que el efecto tenga un balance positivo, antes de su implementación a escala masiva en los sistemas productivos alimentarios y no alimentarios (Programa de las Naciones Unidas para para el Medio Ambiente [PNUMA], 2024).

Algunos de los efectos negativos detectados tienen relación no solo con la propia tecnología, sino con toda la infraestructura asociada (PNUMA, 2024; United Nations, 2024; United Nations Environment Programme [UNEP], 2024a; UNEP, 2024b):

1. El número de centros de procesamiento de datos a aumentado de 500 000 en 2012 a 8 millones en la actualidad, la mayoría impulsados por la IA, estos servidores producen desechos de equipos eléctricos y electrónicos, fabricar una computadora de 2 kg requiere 800 kg de materias primas, que

contienen metales pesados como mercurio y plomo.

2. Consumen gran cantidad de agua para su construcción y para el enfriamiento de los componentes eléctricos cuando están en funcionamiento. La infraestructura relacionada con la IA pronto podría consumir seis veces más agua que Dinamarca, un país de 6 millones de habitantes, lo cual se constituye en un gran problema dado que una cuarta parte la población mundial no tiene actualmente acceso a agua potable y saneamiento.

3. Dependen de minerales críticos y raros para fabricar los microchips, que se extraen de manera insostenible para el medio ambiente.

4. Utilizan grandes cantidades de electricidad que provienen frecuentemente de la quema de combustibles fósiles, por lo que se emiten gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento del planeta. Como ejemplo: Una pregunta realizada en ChatGPT®, consume 10 veces la electricidad que una búsqueda en Google®.

Con el objetivo de reducir el impacto por el uso de la IA, el PNUMA (2024), recomienda cinco áreas de acción:

1. Establecer procedimientos normalizados para medir el impacto ambiental de la IA.

2. Elaborar reglamentos que exijan a las empresas que divulguen las consecuencias ambientales directas de los productos y servicios basados en la IA.

3. Las empresas tecnológicas pueden hacer que los algoritmos de IA sean más eficientes, reduciendo su demanda de energía, al tiempo que reciclan el agua y reutilizan los componentes cuando sea posible.

4. Los países pueden alentar a las empresas a que sus centros de datos sean más ecológicos, incluso mediante el uso de energías renovables y la compensación de sus emisiones de carbono.

5. Los países pueden integrar sus políticas relacionadas con la IA en sus normativas medioambientales más amplias.

Sin duda la industria alimentaria por la naturaleza de sus operaciones tiene impacto directo sobre el medio ambiente y por lo tanto sobre los ecosistemas, por lo que el uso de IA potencialmente puede contribuir a reducir o minimizar dicho efecto, sobre todo si se introducen como políticas o se establecen como Programas Prerrequisito enmarcados en la Responsabilidad Social Empresarial, las cinco áreas de acción mencionadas anteriormente, sin embargo, hay que tener en cuenta, que por sí solo el uso de IA (independientemente del área en la que se aplique), tiene un elevado factor de impacto en el medio ambiente, dado que su uso en esta industria se ha ido diversificando en los últimos años, por lo tanto son riesgos añadidos por duplicado al equilibrio de los ecosistemas.

La IA en la industria alimentaria

La IA está transformando la industria alimentaria en diversos aspectos y momentos dentro de las cadenas productivas, por ejemplo: salud, optimización de la cadena de suministro y de los procesos unitarios, administración pública, servicios, mejora de productos y asegurando la inocuidad alimentaria. A continuación, se presentan algunos de sus usos más destacados en este sector.

Inocuidad / Salud

La IA ayuda a vigilar la cadena alimentaria de suministros, identificando riesgos potenciales y asegurando que los productos cumplan con las normativas, puede mejorar la trazabilidad y la inocuidad de los productos, mediante protocolos de higiene y desinfección. Empleando herramientas de IA para la detección temprana de la contaminación protocolos de vigilancia, apps de inspección, descontaminación basada en luz que puede mejorar la evaluación de riesgos. (Chavan et al., 2024; Zatsu et al., 2024).

Los investigadores estudian cómo usar la IA para el procesamiento y análisis eficiente y escalable de grandes cantidades de datos de pacientes relacionados con la salud para encontrar patrones que podrían llevar a nuevos descubrimientos en la medicina y a otras formas de mejorar los diagnósticos individuales, lo cual está relacionado, entre otros, con las enfermedades transmitidas por agua y alimentos (ETA), y ayudará a que la atención médica sea más efectiva y eficiente (PE, 2020; Rouhiainen, 2018).

Un proyecto cofinanciado por la UE, está desarrollando servicios de búsqueda y texto en varios idiomas que ayuden a las personas a encontrar la información médica más relevante disponible (PE, 2020).

La inocuidad alimentaria es una perocupación crítica en la industria alimentaria, y la IA puede desempeñar un papel crucial en la detección de riesgos. Los algoritmos de esta pueden analizar grandes cantidades de datos para identificar patrones y anomalías que podrían indicar problemas relacionados con la contaminación (Awasthi, 2024; Chavan et al., 2024; Zatsu et al., 2024). Esto permite una respuesta más rápida y efectiva ante posibles crisis alimentarias.

La IA puede sugerir con base en las características del alimento las condiciones óptimas de almacenamiento y transporte, por ejemplo, respecto a temperatura y humedad (Awasthi, 2024; Zatsu et al., 2024)

La IA también mejora la trazabilidad en la cadena de suministro, lo que es esencial para alcanzar la seguridad alimentaria (abasto, disponibilidad, nutrición e inocuidad). Mediante el uso de tecnologías como *blockchain*, las empresas pueden rastrear el origen de los alimentos y asegurar que cumplan con los estándares de calidad (Awasthi, 2024; Chavan et al., 2024; Zhang et al., 2024).

Optimización de la cadena de suministro

La IA puede ayudar a funciones generales o partes específicas de la cadena de suministro, que incluyen, pero no se limitan a planificación, abastecimiento, fabricación, entrega y devolución (Awasthi, 2024; Yadav et al., 2024; Zhang et al., 2024).

Podría mejorar la seguridad, velocidad y eficiencia del tránsito de vehículos al minimizar la fricción de las ruedas, maximizar la velocidad y permitir la conducción autónoma (Awasthi, 2024; PE, 2020).

Lo cual se complementa con el uso de procedimientos más eficientes para optimizar rutas de distribución y minimizar costos, mejorando la eficiencia en la entrega de alimentos y bebidas, ya que la IA se utiliza para predecir la tendencia en la demanda y optimizar la gestión logística, situación que puede contribuir a reducir el desperdicio de alimentos y mejorar la eficiencia (Awasthi, 2024; Yadav et al., 2024).

De acuerdo al estudio de Calle García et al. (2024), la implementación de algoritmos de IA en la gestión de la cadena de sumi-

nistro puede reducir los niveles de inventario entre 20 y 30 %, y mejorar la precisión de las previsiones de demanda entre 15 y 20 %.

Manufactura / Control de Calidad

La IA puede ayudar a que los productores sean más eficientes, optimizar los recorridos de ventas o con predicciones puntuales del mantenimiento necesario en "fábricas inteligentes". Además, se pueden detectar problemas de calidad analizando datos históricos de la producción y recomendar medidas correctivas con base en causas-raíz y planear el mantenimiento preventivo de los equipos (Awasthi, 2024; PE, 2020; Zatsu et al., 2024).

Complementado lo anterior, se puede utilizar para asegurar la conformidad respecto a la normatividad y estándares de calidad e inocuidad, al incorporar protocolos de seguridad alimentaria, o de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) (Zatsu et al., 2024).

El proyecto de investigación denominado "*SatisFactory*" cofinanciado por la UE, usa sistemas colaborativos de realidad aumentada para incrementar la satisfacción en el trabajo en este tipo de fábricas (PE, 2020), que combinados con el sistema de gestión harían más eficientes los procesos en la industria alimentaria.

La IA se utiliza para inspeccionar productos alimenticios e identificar defectos o contaminantes, los sistemas de visión por computadora basados en IA pueden identificar productos defectuosos con una precisión superior a la de los inspectores humanos (Zhang et al., 2024; Zatsu et al., 2024).

Administración pública y servicios

Al usar enormes cantidades de datos y reconocer patrones, la IA podría prever desastres naturales, permitir una preparación adecuada y reducir sus consecuencias (PE, 2020), en dichas circunstancias la provisión de agua y alimentos es indispensable, asociado a un programa de prevención de ETA.

También se ha implementado el reconocimiento de imágenes estáticas, clasificación y etiquetado, lo cual es de mucha utilidad en una amplia gama de industrias alimentarias. Así como en el área del mantenimiento predictivo, un componente imprescindible en los sistemas de gestión de la calidad e inocuidad de los bienes de consumo alimentario (Rouhiainen, 2018).

Las tecnologías de IA, como el aprendizaje automático para el control de calidad, se aplican para una detección más rápida y precisa de defectos en los productos alimentarios durante la producción, asegurando estándares de calidad más altos (Chavan et al., 2024; Bidyalakshmi et al., 2024; Zatsu et al., 2024).

La IA también está transformando el procesamiento de alimentos. Las tecnologías de visión por computadora y aprendizaje profundo se utilizan para mejorar la calidad de los productos alimentarios. Por ejemplo, las empresas pueden implementar sistemas de clasificación automatizados que utilizan cámaras y algoritmos de IA para identificar y clasificar productos defectuosos, lo que mejora la calidad y reduce el desperdicio (Bidyalakshmi et al., 2024; Zatsu et al., 2024).

Producción sostenible de alimentos

Las perspectivas del uso de la IA son prometedoras en la industria alimentaria, puede usarse para construir un sistema alimentario

sostenible, podría contribuir al aprovisionamiento de alimentos inocuos y de calidad al minimizar el uso de fertilizantes y pesticidas y el empleo de sistemas de riego más eficientes, orientados a mejorar la productividad y reducir el impacto medioambiental. Además, los robots podrían quitar las malas hierbas y reducir el uso de herbicidas. Existen granjeros europeos que usan la IA para controlar el movimiento, la temperatura y el consumo de alimentos de sus ganados (Bidyalakshmi et al., 2024; PE, 2020).

Uno de los usos más significativos de la IA en la industria alimentaria es su aplicación en la producción agrícola. A través de técnicas como el análisis de datos y el aprendizaje automático, los agricultores pueden prever rendimientos y optimizar el uso de recursos. La IA permite a los agricultores analizar datos climáticos y del suelo para tomar decisiones más informadas sobre la siembra y la cosecha. Esto se traduce en una reducción de costos y un aumento en la eficiencia (Bidyalakshmi et al., 2024; Eli-Chukwu, 2019).

Los drones equipados con tecnología de IA son herramientas valiosas en la agricultura moderna. Estos dispositivos pueden recopilar datos en tiempo real sobre el estado de los cultivos, identificar plagas y enfermedades, y monitorear el crecimiento de las plantas (Liakos et al., 2018). Esto no solo mejora la producción, sino que también ayuda a minimizar el uso de pesticidas y fertilizantes, contribuyendo a una agricultura más sostenible (Bidyalakshmi, et al., 2024; Eli-Chukwu, 2019).

La automatización impulsada por IA en las líneas de producción permite a las empresas optimizar sus procesos. Los robots pueden realizar tareas repetitivas con alta precisión, lo que no solo aumenta la eficiencia, sino que también reduce el riesgo de errores humanos. Según un informe de McKinsey & Company (2019), la automatización de procesos en la industria alimentaria podría aumentar la productividad en un 20-30%.

En cuanto a la optimización de la producción agrícola, la IA se emplea para analizar datos de cultivos y prever rendimientos, permitiendo a los agricultores tomar decisiones informadas sobre el cultivo y la optimización del manejo y uso de recursos como agua y fertilizantes. Esto no solo mejora la eficiencia, sino que también reduce el impacto ambiental al optimizar el uso de recursos, lo que lleva a una agricultura más sostenible (Bidyalakshmi, et al. 2024; Eli-Chukwu, 2019; Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018; Liakos et al., 2018; Singh y Kaur, 2022).

Personalización de la experiencia del consumidor / Desarrollo de nuevos productos

Las empresas pueden utilizar IA para analizar las preferencias de los consumidores y de esa manera ofrecerles recomendaciones personalizadas o personalizar productos y servicios, lo que mejora la experiencia de compra, aumenta la satisfacción del cliente y por lo tanto las ventas, así como el desarrollo de nuevos productos de acuerdo a los datos que arrojan los análisis de mercado (Huang & Rust, 2018; Zatsu et al., 2024).

Se puede utilizar en evaluaciones sensoriales de textura, sabor (lengua electrónica) y apariencia, color, olor (nariz electrónica) e incluso pH, integrando retroalimentación subjetiva de los paneles en datos cuantificables para el desarrollo de nuevos productos o mantener la calidad de los existentes (Zatsu et al., 2024).

Expectativas del uso de la IA en la industria alimentaria

Sin duda, seguirán desarrollándose nuevas metodologías basadas en el uso de IA orientadas a mejorar el abordaje actual o a solucionar los retos presentes y futuros a lo largo de la cadena alimentaria, con estrategias específicas para cada uno de sus eslabones, continuando con su potencial transformador y cuidando a través de la vigilancia de la aplicación de la legislación los aspectos ético-morales, de sostenibilidad y de cuidado del medio ambiente.

El futuro de la IA en el sector alimentario requiere del apoyo de la investigación y el desarrollo continuos y la colaboración interdisciplinaria para asegurar una adopción responsable, informada y ética conforme el campo se vaya desarrollando (Bidyalakshmi et al., 2024; Zatsu et al., 2024).

Algunas áreas en las que se continúa trabajando la aplicación de la IA, son: Monitoreo medioambiental, empaques sostenibles, etiquetas inteligentes asociadas a la optimización de la vida de anaquel, detección de fraudes, optimización en el consumo de energía e integración de energías renovables, formulación de nuevos productos bajo la perspectiva nutricional y nutrición personalizada, entre otras (Zatsu et al., 2024).

La IA tiene el potencial de mejorar significativamente la eficiencia, seguridad y sostenibilidad del sistema alimentario mundial actual y sus demandas futuras. Una industria más coherente y operativamente eficiente pueden ser el resultado de la adopción responsable de esta tecnología (Zatsu et al., 2024).

Conclusiones

1. La inteligencia artificial está revolucionando la industria alimentaria, contribuyendo a mejorar la eficiencia, la calidad y la inocuidad de los productos alimentarios a nivel mundial.

2. Se requiere legislación específica para el uso de esta tecnología en la industria alimentaria.

3. El impacto de la IA sobre el medio ambiente debe ser un tema primordial en el uso y desarrollo de este tipo de tecnologías.

Referencias

Awasthi, S. (2024). Artificial Intelligence in Supply Chain Management. *Journal of student research*, *13*(1), 1-7. https://doi.org/10.47611/jsrhs.v13i1.5996

Biden, J.R. (october 30, 2023). Executive Order on the Safe, Secure, and Trustworthy Development and Use of Artificial Intelligence. The White House. https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2023/10/30/executive-order-on-the-safe-secure-and-trustworthy-development-and-use-of-artificial-intelligence/

Bidyalakshmi, T., Jyoti, B., Mansuri, S.M., Srivastava, A., Mohapatra, D., Kalnar, Y.B., Narsaiah, K.& Indore, N. (2024). Application of Artificial Intelligence in Food Processing: Current Status and Future Prospects. *Food Engineering Reviews*. https://doi.org/10.1007/s12393-024-09386-2

Calle García, J.S., Pincay Delgado, M.A., Mendoza Pionce, B.S., & Bravo Quijije, G.S. (2024). Uso estratégico de la inteligencia artificial en la gestión de la cadena de suministro empresarial. *Ciencia y Desarrollo*, *27*(2), 267-276. http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v27i2.2620

Chavan, Y., Paul, K., & Kolekar, N. (2024). Food Safety and Hygiene: Current Policies, Quality Standards, and Scope of Artificial Intelligence. In: Chakraborty, R., Mathur, P., Roy, S. (Eds.) *Food Production, Diversity, and Safety Under Climate Change. Advances in Science, Technology &*

Innovation. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51647-4_26

Eli-Chukwu, N.C. (2019). Applications of Artificial Intelligence in Agriculture: A Review. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, *9*(4), 4377–4383. https://doi.org/10.48084/etasr.2756

Embajada de la República Popular China. (junio 11, 2023). Iniciativa para la Gobernanza Global de la Inteligencia Artificial. https://gq.china-embassy.gov.cn/esp/zxxx/202311/t20231107_11174897.htm

European Commissión. (2024). AI Act. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai

Huang, M.-H., & Rust, R. T. (2018). Artificial intelligence in service. *Journal of Service Research*, *21*(2), 155-172. https://doi.org/10.1177/1094670517752459

Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, *147*, 70-90. https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.04.018

Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, *18*(8), 2674. https://doi.org/10.3390/s18082674

Loyola, V.I. (2023). *Iniciativa que expide la ley para la regulación ética de la inteligencia artificial para los Estados Unidos Mexicanos, suscrita por el diputado Ignacio Loyola Vera y legisladores integrantes del grupo parlamentario del PAN*. Palacio Legislativo de San Lázaro, a 30 de marzo de 2023. http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2023/04/asun_4543395_20230413_1680209417.pdf

McKinsey & Company. (2019). Automation in food and beverage: 3 trends to watch. https://www.mckinsey.com/industries/food-and-beverage/our-insights/automation-in-food-and-beverage-3-trends-to-watch

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2022). *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*. UNESCDOC Biblioteca digital. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_spa

Parlamento Europeo. (2020). ¿Qué es la inteligencia artificial y cómo se usa? Publicado: 08-09-2020. Última actualización: 26-03-2021. https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20200827STO85804/que-es-la-inteligencia-artificial-y-como-se-usa

Parlamento Europeo. (2023). Ley de IA de la UE: primera normativa sobre inteligencia artificial. Publicado: 12-06-2023. Última actualización: 19-06-2024. https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20230601STO93804/ley-de-ia-de-la-ue-primera-normativa-sobre-inteligencia-artificial

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente**.** (15 julio 2024). *Un informe prospectivo mundial sobre la salud del planeta y el bienestar humano.* https://www.unep.org/es/resources/global-foresight-report

Real Academia Española. (2024). Inteligencia. Inteligencia artificial. Diccionario de la lengua española. https://dle.rae.es/inteligencia#2DxmhCT

Roberts, M.R. (julio, 2024). *Consulta experta: Proyecto de ley sobre sistemas de Inteligencia Artificial (Boletín 16821-19).* Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Asesoría Técnica Parlamentaria. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/36220/2/Resultado_Consulta_experta_IA___BCN.pdf

Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial 101: cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Planeta. https://proassetspdlcom.cdnstatics2.com/usuaris/libros_contenido/arxius/40/39307_Inteligencia_artificial.pdf

Salazar, U.P. y Pruneda, G.P. (2023). La regulación de la Inteligencia Artificial en México. *Suplemento Obsidiana: Ciencia y Cultura por México*. *1*(2), 18-19. Periódico Reforma.

Singh, P., & Kaur, A. (2022). Chapter 2 - A systematic review of artificial intelligence in agricultura. In Ramesh Chandra Poonia, Vijander Singh, Soumya Ranjan Nayak (Eds.), *Cognitive Data Science in Sustainable Computing, Deep Learning for Sustainable Agriculture* (pp. 57-80). Academic Press.

Sistema de Información Legislativa. (2024). Ley Federal que Regula la Inteligencia Artificial. Gobierno de México.

http://sil.gobernacion.gob.mx/Librerias/pp_ContenidoAsuntos.php?SID=da50379055d2759108e785b11976eaf9&Clave=4729480

United Nations. (2024). *2024 Digital economy report. Shaping an environmentally sustainable and inclusive digital future. United Nations Trade And Development*. United Nations Publications. https://unctad.org/publication/digital-economy-report-2024

United Nations Environment Programme. (july 21, 2024a). *Navigating New Horizons: A global foresight report on planetary health and human wellbeing*. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45890

United Nations Environment Programme. (september 21, 2024b). *Artificial Intelligence (AI) end-to-end: The Environmental Impact of the Full AI Lifecycle Needs to be Comprehensively Assessed.* https://wesr.unep.org/sites/default/files/2024-09/AI%20Environmental%20Impact%20Issues%20Note%20%281%29.pdf

Yadav, A., Garg, R.K., & Sachdeva, A. (2024). Artificial intelligence applications for information management in sustainable supply chain management: A systematic review and future research agenda. *International Journal of Information Management Data Insights*, *4*(2), 100292. https://doi.org/10.1016/j.jjimei.2024.100292

Zhang, L., Zhang, M., Mujumdar, A.S., & Chen, Y. (2024). From farm to market: Research progress and application prospects of artificial intelligence in the frozen fruits and vegetables supply chain. *Trends in Food Science & Technology*, *153*, 104730. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104730

Zatsu, V., Shine, A.E., Tharakan, J.M., Peter, D., Ranganathan, T.V., Alotaibi, S.S., Mugabi, R., Muhsinah, A.B., Waseem, M., & Nayik, G.A. (2024). Revolutionizing the food industry: The transformative power of artificial intelligence-a review. *Food Chemistry: X*, *24*, 101867. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101867

Alimentación y
Ciencia de los Alimentos
Año 5, Nº 5,
enero-diciembre 2024

Fotografía en portada:
Carlos A. Campos Bravo
"Ciencia y mesa". Valle de Bravo, Estado de México

Diseño de portada:
Erwin Astorga

COMITÉ DE ARBITRAJE Año 5, Nº 5, enero-diciembre 2024

Dra. Laura Eugenia Pérez Cabrera	Universidad Autónoma de Aguascalientes
Dra. Alexandra Tijerina Sáenz	Universidad Autónoma de Nuevo León
Dra. María Leonor Valderrama Cháirez	Universidad de Guadalajara
M.C. María Eugenia Vera Herrera	Universidad Autónoma Metropolitana
M.C. Luis Alfonso Jiménez Ortega	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo

ISSN 2007-7076