

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Departamento de Agroindustria Alimentaria**  
**Ingeniería en Agroindustria Alimentaria**



Proyecto Especial de Graduación

**Comparación nutricional y evaluación sensorial de tres mezclas de  
harina de maíz (*Zea mays L.*) cacahuacintle, rojo y VIMEX-B con harina  
de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L.*) para la elaboración de  
atoles, en el Estado de México.**

Estudiante

Valeria Elizabeth López Badillo

Asesores

Adriana Hernández Santana, D.Sc.

José Sergio Barrales Domínguez, Ph.D.

Honduras, septiembre 2024

**Autoridades**

**SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO**

Rector

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ADELA ACOSTA MARCHETTI**

Directora Departamento Agroindustria Alimentaría

**JULIO NAVARRO**

Secretaría General

### **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal (ICAMEX), por su apoyo financiero durante estos 4 años, que ha posibilitado realizar mis estudios en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Además, valoro la oportunidad que me brindaron para llevar a cabo mis prácticas profesionales e investigación en sus instalaciones.

## Contenido

Agradecimientos .....	3
Índice de Cuadros.....	6
Índice de Figuras .....	7
Índice de Anexos.....	8
Resumen .....	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Materiales y Métodos .....	14
Ubicación del Estudio.....	14
Materia Prima .....	14
Formulaciones.....	15
Preparación de Harina de Maíz con Harina de Amaranto para la Elaboración de Atoles .....	15
Limpieza de Grano .....	16
Hidratado .....	16
Reventado.....	17
Cribado.....	17
Molido .....	17
Desgrane .....	18
Tostado .....	18
Enfriado.....	18
Molido .....	18
Almacén .....	18
Pesado.....	19
Mezclado.....	19

	5
Empaquetado.....	19
Elaboración del Atole .....	19
Análisis bromatológicos .....	19
Descripción de cada método analítico.....	20
Humedad.....	20
Proteína.....	21
Grasas Totales.....	23
Grasas Saturadas.....	24
Fibra Cruda.....	24
Carbohidratos Totales.....	27
Calorías.....	27
Azúcares totales.....	28
Análisis Sensorial.....	29
Diseño Experimental.....	29
Resultados y Discusión.....	31
Comparación Nutricional.....	31
Aporte de Valor Diario.....	35
Análisis Sensorial.....	38
Conclusiones.....	41
Recomendaciones.....	42
Referencias.....	43
Anexos.....	48

### Índice de Cuadros

Cuadro 1 Formulación de harinas para atoles en base de maíz y amaranto.....	15
Cuadro 2 Métodos analíticos para determinar la composición nutricional de las harinas. ....	20
Cuadro 3 Tratamientos para la evaluación del contenido nutricional de harinas de maíz (HM) y amaranto (HA). ....	30
Cuadro 4 Valor nutricional de la semilla de amaranto en comparación con otros cereales y soya (contenido en 100 g).....	31
Cuadro 5 Primera parte; composición proximal (100 g) de las harinas de maíz con amaranto para atole. ....	33
Cuadro 6.....	35
Cuadro 7 Comparación del % VD en una porción de 240 mL atole calculado en una dieta de 2000 Kcal según las recomendaciones de la FAO/OMS. ....	36
Cuadro 8 Comparación del % VD en una porción de 240 mL de atoles comerciales y atole de maíz con amaranto, calculado en una dieta de 2000 Kcal según las recomendaciones de la FAO/OMS.....	37
Cuadro 9 Resultados de las características sensoriales de la prueba de aceptación de atoles a base de harina de maíz y amaranto. ....	39
Cuadro 10 Resultados del análisis de correlación de Pearson del análisis sensorial de atol preparado con harina de maíz y de amaranto. ....	40

### Índice de Figuras

Figura 1 Flujo de proceso para la elaboración de la harina de amaranto. ....	16
Figura 2 Flujo de proceso para la elaboración de la harina de maíz.....	17
Figura 3 Flujo de proceso para la elaboración de la harina para atole de maíz con amaranto.....	18

## Índice de Anexos

Anexo A Elaboración de atole de maíz con amaranto en una comunidad Mazahua. San José del Rincón, Estado de México (2019). .....	48
Anexo B Elaboración de atole de maíz con amaranto en la comunidad de Jiquipilco, Estado de México (2024). .....	49
Anexo C Variedades de maíces utilizadas .....	50
Anexo D Molino de maíz .....	51
Anexo E Grano de amaranto y amaranto reventado. ....	52
Anexo F Cultivo de amaranto.....	53
Anexo G Reventadora de amaranto .....	54
Anexo H Cribado de amaranto.....	55
Anexo I Molido de amaranto .....	56
Anexo J Harinas para la elaboración de atoles .....	57
Anexo K Boleta de evaluación sensorial .....	58
Anexo L Muestras de atoles .....	59
Anexo M Aplicación del análisis sensorial.....	60

## Resumen

El atole es una bebida prehispánica, tradicionalmente preparada con agua y harina de maíz. Para mejorar su calidad nutricional, se han añadido pseudocereales como amaranto. Esta investigación tuvo como objetivo determinar diferencias nutricionales entre tres mezclas de harina de amaranto (HA) (30%) con harina de maíz (HM) (70%): cacahuacintle, rojo y VIMEX-B, y evaluar su aceptación sensorial como atole. VIMEX-B es una variedad sintética desarrollada por el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX) para aumentar el rendimiento. Se determinó humedad, contenido energético y composición nutricional en los laboratorios de ICAMEX. Para el análisis sensorial, se utilizó una escala hedónica de 1 a 3, evaluándose color, olor, consistencia, sabor, dulzura y aceptación general. Participaron 100 panelistas de 25 comunidades del Estado de México, quienes probaron cada atole, preparado con 60 g de la mezcla HM/HA en un litro de agua. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar y separación de medias con la prueba Duncan y Tukey ( $p < 0.05$ ). Los resultados mostraron que la mezcla HM VIMEX-B/HA y HM rojo/HA presentaron aportes calóricos superiores (390.70 y 390.59 kcal/100 g, respectivamente). La mezcla HM VIMEX-B/HA tuvo el mayor aporte proteico (9.49 g/100 g) con diferencia significativa. Los atoles de HM/HA mostraron un mejor perfil nutricional respecto a los atoles comerciales de maíz y arroz; sin embargo, no pueden considerarse fuente de proteína ni de fibra, según la normativa mexicana. La HM rojo/HA obtuvo la mejor aceptación general. Se recomienda incrementar 10% de amaranto en los tratamientos.

*Palabras clave:* Aporte nutricional, maíz nativo, maíz sintético, pseudocereal, sensorial de aceptación.

### Abstract

Atole is a pre-Hispanic beverage, traditionally prepared with water and corn flour. To enhance its nutritional quality, pseudocereals like amaranth have been added. This research aimed to determine nutritional differences among three blends of amaranth flour (AF) (30%) with corn flour (CF) (70%): cacahuacintle, red, and VIMEX-B, and to evaluate their sensory acceptance as atole. VIMEX-B is a synthetic variety developed by the Institute of Agricultural, Aquacultural, and Forestry Research and Training of the State of Mexico (ICAMEX) to increase yield. Moisture content, energy content, and nutritional composition were determined in ICAMEX laboratories. Sensory analysis used a hedonic scale from 1 to 3, evaluating color, aroma, consistency, flavor, sweetness, and overall acceptance. One hundred panelists from 25 communities in the State of Mexico participated, tasting each atole prepared with 60 g of the CF/AF blend in one liter of water. A Completely Randomized Design was used, and mean separation was performed using Duncan and Tukey tests ( $p < 0.05$ ). Results showed that CF VIMEX-B/AF and CF red/AF blends had higher caloric contributions (390.70 and 390.59 kcal/100 g, respectively). CF VIMEX-B/AF had the highest protein content (9.49 g/100 g) with significant differences. CF/AF atoles displayed a better nutritional profile compared to commercial corn and rice atoles; however, they cannot be considered a source of protein or fiber according to Mexican regulations. CF red/AF obtained the highest overall acceptance. It is recommended to increase amaranth content by 10% in treatments.

*Key words:* Native corn, nutritional contribution, pseudocereal, sensory acceptability, synthetic corn

## Introducción

La seguridad alimentaria nutricional se define como el derecho a tener acceso físico, económico y social, oportuno y permanente, a una alimentación adecuada en cantidad y calidad, con pertinencia cultural, preferiblemente de origen nacional, así como a su adecuado aprovechamiento biológico, para mantener una vida saludable y activa, sin discriminación de raza, etnia, color, género, idioma, edad, religión, opinión política o de otra índole, origen nacional o social, posición económica, nacimiento o cualquier otra condición social (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2010), sin embargo, entre 691 y 783 millones de personas padecieron hambre en 2022 (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2023). Mientras, más de 340 millones de niños menores de cinco años tienen carencias de micronutrientes. El sobrepeso afecta a unos 135 millones de niños de cinco a nueve años en el mundo y a 2500 millones de adultos (mayores de 18 años) (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2024). Esta forma de malnutrición está impulsada por sistemas alimentarios fallidos, que se caracterizan por el escaso acceso a alimentos nutritivos, seguros y asequibles y el consumo de alimentos baratos, ultra procesados y pobres en nutrientes (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF], 2023).

La salud de los mexicanos genera una gran preocupación pues se ha reportado que cerca de 12% de la población presenta insuficiencia nutricional (Secretaría de Salud [SSA], 2023) y existe una prevalencia de obesidad del 36.9% en personas adultas (Escamilla et al., 2023). Esta situación refleja la doble carga de morbilidad en el país, donde los padecimientos están ligados tanto al bajo aporte calórico como a la deficiencia de un sistema alimentario que no garantiza el acceso a alimentos de alto valor nutricional. Además, se ha observado una tendencia a elegir alimentos ultra procesados o de bajo valor nutricional sobre los más saludables.

La inquietud relacionada al medio ambiente, lo constituye la producción de los alimentos, por sus efectos en la sostenibilidad y el aprovechamiento máximo de los recursos naturales. Ante esta situación, como respuesta a la mitigación de los efectos del cambio climático, el amaranto se presenta

como un cultivo estratégico porque ha demostrado una alta capacidad de adaptación en diversos climas, resistente a sequías e inclusive el crecimiento en suelos pobres. Este cultivo se utiliza en la agricultura de temporal, es decir que, depende del comportamiento de las lluvias y de la capacidad del suelo para captar el agua, considerándose sostenible, ambientalmente sana y económicamente aceptable (Facultad de Ciencias Agronómicas, 2023).

El amaranto es un pseudocereal que nutricionalmente es altamente competitivo con otros más conocidos. Es así como en 1977, fue designado por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos como "El mejor alimento de origen vegetal para consumo humano", y recientemente se ha considerado como uno de los 50 alimentos de futuro (Fondo Mundial para la Naturaleza [WWF], 2019a). El amaranto, posee un alto potencial agroalimentario ya que tiene antioxidantes como el escualeno, que puede contribuir en el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas como: osteoporosis, hipertensión arterial, tratamiento del estreñimiento, nivelación de la glucosa, insuficiencia renal y hepática (Porr, 2012). A pesar de todas las ventajas, el consumo per cápita del amaranto en México, es apenas de 46 gramos (Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero [SIAP], 2024a). Mientras que, a nivel nacional, el consumo es de 335.2 kg de maíz, 56.1 kg de trigo, 8.5 kg de arroz (Statista Research Department [Statista], 2024).

Los maíces nativos forman parte del patrimonio biológico que se resguarda en México, y (Ávalos, 2021) actualmente se reconocen 64 razas de maíces en México, de las cuales 59 se consideran nativas (Mota et al., 2020). El maíz, es considerado uno de los cultivos más importante para el país, pues es la base de alimentación de millones de mexicanos además de ser una fuente de trabajo. En 2021 su producción fue de más de 27 millones de toneladas, ocupando el séptimo lugar a nivel mundial como productor de este grano (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2023). El maíz es considerado una excelente fuente de energía por el alto contenido de hidratos de carbono de fácil digestión y que a la vez es saciante; además, contiene antioxidantes como carotenoides y antocianinas que combaten los radicales libres y el envejecimiento celular (Castañeda, 2011). VIMEX-

B, es una variedad de maíz azul sintética de polinización desarrollada por el Instituto de Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal (ICAMEX), fue generada con la finalidad de alcanzar una mayor eficiencia en los sistemas de producción de alimentos y al mismo tiempo, garantizar a los productores una mayor rentabilidad. Sin embargo, su consumo aún representa un reto, pues la participación de producción de maíces pigmentados es de apenas 6.8% en la producción total de maíz en México (SIAP, 2024b).

Los atoles que se consumen en México han sido la base de la alimentación de diversas comunidades, los toman abuelos, niños y las familias en general. Tienen como ingrediente principal el maíz disuelto en agua. Hoy en día el atole tiene múltiples variantes ya que se le añade leche y frutas y/o especias, se endulza con piloncillo, azúcar o miel (Cazal y Flores, 2024). La bebida se incluye en el desayuno de gran parte de la población, pues semanalmente el 16% de los mexicanos la consume (Ávalos, 2021), y que, dependiendo de la región, usan las variedades de maíces nativos para su elaboración, que varían en su contenido nutricional.

El maíz por su alto contenido de carbohidratos es una buena fuente de energía; sin embargo, no posee suficiente proteína, tanto en calidad como en cantidad, ya que faltan aminoácidos esenciales como la lisina y triptófano, y es insuficiente en niacina y minerales (Urango, 2018). La combinación de maíz con amaranto promete ser una fuente de energía, proteínas, minerales y fibra, en zonas urbanas y rurales, y así contribuir a la oferta de productos de gran valor nutricional. El atole de maíz y amaranto es una alternativa saludable para todas aquellas harinas comerciales de maíz, arroz o soya para preparar atoles instantáneos, las cuales tienen un contenido proteico bajo y grandes cantidades de azúcar.

Esta investigación tiene el objetivo de realizar una evaluación nutricional y sensorial de tres mezclas constituidas de harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L.*) con dos variedades nativas de maíz (*Zea mays L.*): cacahuacintle, rojo y una variedad mejorada: VIMEX-B, para la elaboración de atoles.

## Materiales y Métodos

### Ubicación del Estudio

El estudio se llevó a cabo en el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal (ICAMEX), ubicado en Metepec, Estado de México. Los análisis bromatológicos de las muestras de harina se realizaron en los Laboratorios Agroindustriales de ICAMEX. Mientras que el análisis sensorial se llevó a cabo, en sus distintos departamentos técnicos: Dirección General, Investigación y en el centro de capacitación del Estado de México (CECAEM) en las mismas instalaciones de ICAMEX.

### Materia Prima

Para este estudio se eligieron dos variedades de maíces nativos y una variedad sintética de polinización libre; las cuales son de tres distintos municipios pertenecientes al Estado de México: maíz cacahuazintle de Calimaya, maíz rojo de Jiquipilco y VIMEX-B de Metepec, desarrollada por ICAMEX. El amaranto es de la variedad *Areli*, el cual fue sembrado y transformado en el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica (CITT), ubicado en Metepec.

Harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L*): Se obtiene al moler el grano reventado de amaranto. En su valor nutritivo resalta su contenido de proteína, pues varios autores han reportado valores de 15 a 17% de esta. Pero su importancia no radica sólo en la cantidad, sino en su calidad, porque presenta un excelente balance de aminoácidos esenciales.

Harina de maíz cacahuazintle (*Zea mays L.*): Entre sus características principales, se encuentra que sus granos son grandes, harinoso, predomina el color blanco en las mazorcas. Es rico en fibra, vitaminas y minerales (Vitamina A, C, E, niacina, calcio, hierro, yodo, potasio y magnesio). Este maíz es ampliamente consumido por la población.

Harina de maíz rojo (*Zea mays L.*): Su color es rojo intenso, su grano es grande y su forma es dentado-plano. Las mazorcas son semicilíndricas. Contiene potentes antioxidantes conocidos como

carotenoides. Su consumo, es menor, por lo regular es para autoconsumo, su uso en platillos es principalmente es atoles y tortillas.

Harina de maíz VIMEX-B (*Zea mays L.*): Esta es una variedad sintética de polinización libre que fue desarrollada por ICAMEX desde 2016 y culminó en 2022. Tiene un color azul, con algunos granos rojos. Las variedades azules se caracterizan por tener altos porcentajes de antioxidantes, antocianinas, vitaminas y minerales. Su uso se ha considerado para la elaboración de tortillas, pues tiene un rendimiento de masa de superior a otras variedades.

### **Formulaciones**

Para establecer los tratamientos (Cuadro 1), se consideró como base la harina de maíz (70%) y de amaranto (30%), de acuerdo con investigaciones realizadas en Tlaxcala (Barrales, 2019).

#### **Cuadro 1**

*Formulación de harinas para atoles en base de maíz y amaranto.*

Tratamiento	Porcentaje de maíz	Porcentaje de amaranto
Cacahuacintle	70%	30%
Rojo	70%	30%
VIMEX-B	70%	30%

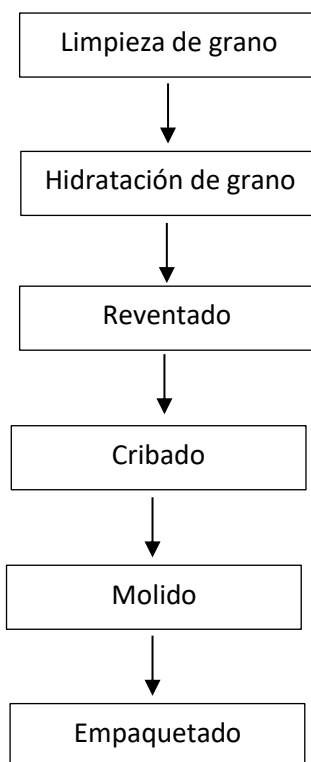
### **Preparación de Harina de Maíz con Harina de Amaranto para la Elaboración de Atoles**

Se elaboraron tres mezclas de harina de amaranto con harina de tres variedades de maíces: Cacahuazintle, rojo y VIMEX-B. A continuación, se detallan los procesos:

El procedimiento para la elaboración de la harina de amaranto se detalla en la Figura 1:

**Figura 1**

*Flujo de proceso para la elaboración de la harina de amaranto.*



### ***Limpieza de Grano***

Se utilizó una criba con una abertura de 0.84 mm, para limpiar el grano de material extraño, como semillas de otro cultivo o restos vegetativos de campo, que podrían detener el reventado.

### ***Hidratado***

Permite incrementar el rendimiento del reventado, ya que el almidón absorbe la humedad. A medida que la temperatura aumenta, el agua se evapora, lo que genera un aumento de presión y provoca el reventado del amaranto. Se utilizó una relación de 30 mL de agua para un kg de grano. Se dejó reposar por aproximadamente cinco a seis horas antes del reventado.

**Reventado**

Se utilizó una reventadora industrial de lámina de acero inoxidable. Se reventó a una temperatura de 210 °C, que pasó a la cámara de reventado por cuatro segundos.

**Cribado**

Se requirió un tamiz con una abertura de 1.19 mm. El cribado se realiza para eliminar todo el grano que no fue reventado.

**Molido**

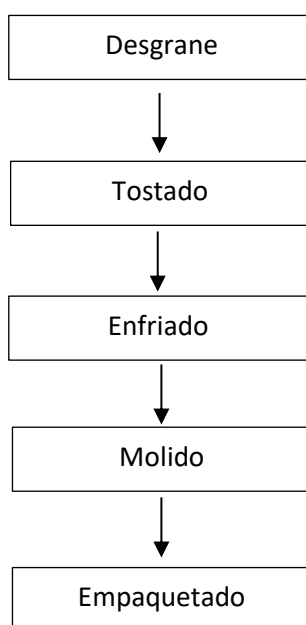
Se utilizó un molino de uso convencional para nixtamalización, para obtener harina de 420 micras.

Almacenamiento: La harina se almacenó en bolsas de polietileno a temperatura ambiental, y fueron selladas térmicamente.

El procedimiento para la elaboración de la harina de maíz se detalla en la Figura 2:

**Figura 2**

*Flujo de proceso para la elaboración de la harina de maíz.*



**Desgrane**

Se desgranaron manualmente las mazorcas, para separar los granos del olote.

**Tostado**

En una olla se colocó el grano, sin adicionar nada, a una temperatura de 170 °C por 15 minutos con un movimiento constante.

**Enfriado**

Se dejó enfriar el maíz por cinco horas a temperatura ambiente.

**Molido**

Se utilizó un molino de uso convencional para nixtamalización, para obtener partículas de 420 micras.

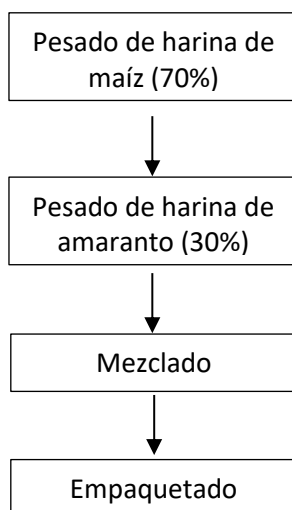
**Almacén**

La harina se almacenó en bolsas de polietileno a temperatura ambiental, y fueron selladas térmicamente.

El procedimiento para la elaboración de la harina de maíz se detalla en la Figura 3:

**Figura 3**

*Flujo de proceso para la elaboración de la harina para atole de maíz con amaranto.*



***Pesado***

Dependiendo de la cantidad que se procesará, se realiza una regla de tres y se pesa lo equivalente a 70% de harina de maíz y 30% de harina de amaranto.

***Mezclado***

Se incorporó homogéneamente las harinas para integrarlas, el tamaño de partículas fue de 420 micras.

***Empaquetado***

La harina se almacenó en bolsas de polietileno a temperatura ambiente, y fueron selladas térmicamente.

**Elaboración del Atole**

Para la elaboración del atole, los porcentajes de agua y harina se determinaron a partir de pruebas preliminares: 60 gramos en un litro de agua. La preparación se detalla a continuación:

Calentar un litro de agua.

Tomar 250 mililitros de agua tibia perteneciente al litro de agua.

Disolver 60 gramos en los 250 mililitros de agua en una licuadora para homogenizar la mezcla.

Reincorporar la disolución al resto del litro de agua.

Hervir por 10 minutos, y mantener un constante movimiento.

**Análisis bromatológicos**

En los laboratorios de Bromatología del ICAMEX, se determinó la cantidad de humedad, grasas totales, grasas saturadas, proteína, fibra, minerales, carbohidratos, calorías y azúcares totales. En el Cuadro 2 se detallan los análisis que se utilizaron:

**Cuadro 2**

*Métodos analíticos para determinar la composición nutricional de las harinas.*

Parámetro	Análisis	Número de mediciones por unidades experimentales	Unidades	Norma
Humedad	Estufa de secado	3	%	NMX-F-083-1986
Calorías	Cálculos por diferencia de componentes	3	Kcal	NOM-051-SCFI/SSA1-2010
Carbohidratos totales	Cuantificación de los componentes del alimento.	3	g	
Azúcares totales	Fenol-sulfúrico	3	g	
Fibra cruda	Medio ácido-alcalino (Equipo fibra cruda)	3	g	NOM-F-090-S-1978
Grasas totales	Extracción solvente (Equipo Goldfish)	3	g	
Proteína	Nitrógeno total Kjeldahl	3	g	NMX-F-068-S-1980

*Nota.* g: gramos, kcal: kilocalorías

**Descripción de cada método analítico*****Humedad*****Material y equipo.**

Cápsula o crisol

Balanza analítica

Espátula

Horno o estufa de secado

**Procedimiento.**

Colocar las cápsulas o crisoles en la estufa a una temperatura de 100 °C durante 10 minutos.

Sacar las cápsulas o crisoles de la estufa y colocarlos en el desecador durante 15 minutos.

Pesar las cápsulas o crisoles y registrar el dato

Repetir el paso tres veces hasta obtener un peso constante.

Pesar en las cápsulas o crisol 10 g de muestra y llevarlos a la estufa a una temperatura de 100 °C.

Dejar las cápsulas o crisoles de cuatro a ocho horas en la estufa (observar si la muestra está totalmente seca).

Sacar las cápsulas o crisoles de la estufa y dejar enfriar por 10 minutos.

Pesar las cápsulas o crisoles y registrar el dato.

Cálculos:

$$\%Humedad = \frac{W_1 - W_2}{w} \times 100 \quad [1]$$

Donde:

W1= peso de crisol más muestra húmeda (g)

W2= peso de crisol más muestra seca más crisol (g)

W= peso de la muestra

## **Proteína**

### **Material y equipo.**

Papel libre de nitrógeno

Espátula

Matraz de bola de 800 mL

Probeta de 100 mL

Balanza analítica

Campana de extracción

Perlas de ebullición

### **Reactivos.**

Ácido sulfúrico concentrado

Hidróxido de sodio al 50%

Mezcla de selenio

Zinc en polvo

Ácido bórico

### **Digestión.**

Se pesa de 2.000 g a 2.500 g de muestra seca en papel (se envuelve el papel y se coloca en el matraz de bola de 800 mL).

Agregar de seis a ocho perlas de ebullición.

Agregar 25 mL de ácido sulfúrico concentrado.

Agregar 0.4 g de mezcla de selenio.

Dejar durante tres horas y media en digestión y si aún no se aclara la muestra dejar otros 30 minutos.

Dejar enfriar de dos a cuatro horas.

### **Destilación.**

Agregar 300 mL de agua destilada al matraz con ayuda de una probeta de 500 mL

Agregar 70 mL de hidróxido de sodio con ayuda de una probeta de 100 mL

Agregar 0.4 g de zinc metálico

Para la recuperación poner un matraz con 50 mL de ácido bórico al 4%

Prender la parrilla y abrir la llave.

Apartar 250 mL del destilado preparado anteriormente.

### **Titulación.**

Agregar tres gotas de indicador mixto

Titular con ácido sulfúrico 0.1N

Nota: Al agregar el indicador mixto nos dará un color verde, si es que hay presencia de proteína, el cual al momento de titular pasará a un color gris rosáceo.

Nota: La NMX-F-068-S-1980 usa como factor general 6.25 para determinar la estimación del contenido de proteínas en alimentos.

Cálculos:

$$\%N \text{ total} = \frac{NA \times Vg \times 0.014 \times 100}{w} \quad [2]$$

$$\%Proteína = \%N \times Fc \quad [3]$$

Donde:

NA= normalidad del ácido

Vg= volumen gastado del ácido (mL)

0.014= miliequivalentes del nitrógeno

W= peso de la muestra

FC= factor de conversión

### **Grasas Totales**

#### **Material y Equipo.**

Vaso de 100 mL para aparato Goldfish

Balanza analítica

Cartuchos de celulosa

Dedal de vidrio

Dedal de vidrio con orificio

Papel filtro Whatman N.42 diámetro 125 mm

Éter anhidro

#### **Procedimiento.**

Colocar los vasos en la estufa a una temperatura de 100 °C durante 15 minutos.

Pasar los vasos al desecador durante 15 minutos y pesar.

Repetir el paso tres veces hasta obtener un peso constante.

Pesar de 2.000 g a 2.500 g de muestra seca en papel Whatman N. 42 con ayuda de la balanza analítica y colocar en el dedal de celulosa.

Colocar el dedal de celulosa en el dedal de vidrio con orificio y colocarlo en el aparato Goldfish.

Durante cuatro horas, continuamente al vaso de precipitado de 100 mL agregar 25 mL de éter anhidro y colocarlo en el aparato, abriendo la llave de paso de agua para que no haya evaporación.

Pasadas las cuatro horas se retira el dedal de celulosa y el dedal de vidrio con orificio.

Colocar el dedal de recuperación para que se recupere el éter de la muestra durante 15-20 minutos.

Se retira el vaso y se coloca en la estufa durante 15 minutos a 100 °C.

Colocar los vasos al desecador por 15 minutos.

Pesar el vaso en la balanza analítica y por diferencia de peso se obtiene el porcentaje de grasas.

Cálculos:

$$\%Grasa\ totales = \frac{W1-W2}{W} \times 100 \quad [4]$$

Donde:

W1= peso del vaso con grasa

W2= peso del vaso vacío

W= peso de la muestra

### **Grasas Saturadas**

$$\%Grasa\ saturadas = \frac{Gt}{C} \quad [5]$$

Donde:

Gt= grasas totales

C= calorías

### **Fibra Cruda**

#### **Material y Equipo.**

Espátula

Vasos con boquilla redonda de 600mL

Desecador

Crisoles

Tela de lino

Pinzas

Perlas de ebullición

Matraz Erlenmeyer 1 L

Matraz Kitasato 1 L

Peseta

Probeta 250 mL

Embudo de filtración

Pipeta graduada

Balanza analítica

Bomba de vacío

Mufla

Estufa

### **Reactivos.**

Ácido sulfúrico 1.25%

Hidróxido de sodio 1.25%

Agua destilada

### **Procedimiento.**

Colocar los crisoles en la mufla a 600 °C durante 30 minutos.

Sacar los crisoles de la mufla con pinzas y colocarlos en el desecador por 30 minutos.

Pesar los crisoles en la balanza analítica y registrar el dato.

Repetir el paso tres veces hasta obtener un peso constante.

Pesar de 2.000 g a 2.500 g de muestra en un vaso de 600 mL y poner de seis a ocho perlas de ebullición.

Agregar al vaso 210 mL de ácido sulfúrico 1.25% con ayuda de la probeta de 250 mL.

Colocar los vasos en el aparato de fibra cruda a 300 °C durante dos horas (abrir paso de agua, para evitar la evaporación).

### **Filtración.**

Colocar la manguera del matraz Kitasato a la bomba de vacío y poner el embudo en la boca del matraz.

Poner una tela de lino en el embudo para llevar a cabo la filtración de las muestras. (encender la bomba para la succión del líquido).

Con ayuda del agua destilada caliente quitar las perlas de ebullición y ponerlas en el vaso correspondiente a la muestra, la muestra se quedará en la tela de lino y se retirará con ayuda de la espátula realizando un raspado, una vez obtenida la muestra esta se colocará en el vaso correspondiente.

### **Segunda Digestión.**

Agregar en el vaso de vidrio 210 mL de hidróxido de sodio al 1.25% y colocarlo nuevamente en el aparato de fibra cruda durante dos horas.

Quitar las perlas de ebullición enjuagándolas con la piseta para no dejar residuos de la muestra.

Poner el raspado en el crisol (que está a peso constante).

Colocar los crisoles con la muestra en la estufa a una temperatura de 100 °C durante cinco horas.

Pasar los crisoles al desecador durante 10 minutos y pesar en la balanza analítica (peso estufa).

Poner los crisoles con la muestra en la mufla durante cuatro horas a una temperatura de 600 °C para calcinación.

Pasar los crisoles al desecador durante 10 minutos y pesar en la balanza analítica (peso mufla).

Cálculos:

$$\% \text{ Fibra} = \frac{W1-W2}{W} \times 100 \quad [5]$$

Donde:

W1= peso estufa

W2= peso mufla

W= peso de la muestra

### **Carbohidratos Totales**

La determinación de carbohidratos se realiza con la cuantificación de los principales componentes de los alimentos.

Cálculos:

$$\%CHOS = 100 - \%Proteína + \%grasas\ totales + \%minerales + \%fibra + \%humedad \quad [6]$$

### **Calorías**

El cálculo de energía se lleva a cabo de acuerdo con la a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010

Carbohidratos disponibles= cuatro kcal/g-17 kJ/g

Proteínas= cuatro kcal/g -17 kJ/g

Grasas= nueve kcal/g- 37 kJ/g

Cálculos:

$$\text{Calorías} = \text{carbohidratos disponibles} \times 4 + \text{proteínas} \times 4 + \text{grasas} \times 9 \quad [7]$$

## ***Azúcares totales***

### **Material y Equipo.**

Vaso de precipitado de 100 mL

Papel filtro Whatman No.42

Matraz volumétrico 100 mL

Tubo de ensayo

Pipeta graduada.

Parrilla de calentamiento

### **Reactivos.**

Ácido sulfúrico concentrado

Fenol 5%

Agua destilada

Sacarosa

### **Procedimiento.**

Pesar 0.5 g de muestra en el vaso de precipitado y agregar 25 mL de agua destilada.

Colocar en la parrilla de calentamiento a 75 °C por 20 min.

Filtrar la muestra y aforar en un matraz volumétrico de 100 mL.

Tomar un mL de muestra y agregar a un tubo de ensayo.

Añadir 0.5 mL de fenol y 2.5 mL de ácido sulfúrico.

Leer en espectrofotómetro UV-Visible a 490 nm.

Para la curva se prepara una solución de sacarosa de 30, 60,90 y 120 mg/L.

Cálculos:

$$y = mx + b \quad [8]$$

Donde:

m= pendiente de la recta en el grafico

b= intersección

### **Análisis Sensorial**

Se realizó una prueba afectiva de aceptación, utilizando una escala hedónica del uno al tres, donde uno significaba “no me gusta”, dos “indiferente” y tres “me gusta”. Los atributos que se evaluaron fueron olor, color, consistencia, sabor, dulzura y aceptación general. El panel sensorial se integró por 100 panelistas no entrenados. Los participantes son parte de los departamentos que integran ICAMEX (dirección general, dirección de investigación y apoyo técnico y difusión), y se aplicó también a personas que asistieron a un foro en las instalaciones de ICAMEX. El análisis sensorial se aplicó en un solo día, pues fue lo que permitió reunir a panelistas de 25 diferentes municipios del Estado de México, con una gran variabilidad de edades y actividades labores.

Como requisito para la aplicación sensorial, se realizó un análisis bacteriológico a los tres tratamientos para mantener la inocuidad en el alimento. Se analizaron coliformes fecales, con el método de número más probable, arrojando resultados de ausencia.

El análisis sensorial, se llevó a cabo para determinar si existen diferencias de aceptación apreciables entre los atoles elaborados a base de dos variedades de maíces nativos y una variedad híbrida, pertenecientes al Estado de México. El desarrollo del análisis sensorial se detalla a continuación:

1. El sensorial se aplicó a los panelistas en un lugar cerrado e individual, para evitar errores.
2. A cada persona se le explicó el llenado de la boleta de evaluación de aceptación.
3. Se les presentaron las tres muestras de atole en vasos de 15 mililitros y un vaso de agua.

### **Diseño Experimental**

Para esta investigación se realizó el análisis de datos con el programa estadístico de SAS. Para comparar la composición proximal de los tratamientos, se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) y una separación de medias con la prueba Duncan y Tukey ( $P < 0.05$ ). En cuanto al análisis

sensorial, se realizó un diseño de bloques completos al azar (BCA), separación de medias con la prueba Duncan y Tukey ( $P < 0.05$ ) y un análisis de correlación. En ambos análisis de datos, se utilizó la estadística descriptiva a través de medidas de tendencia central (media) y medias de dispersión (desviación estándar y coeficiente de variación).

Cada tratamiento, tuvo tres repeticiones, dando un total de nueve unidades experimentales.

Los tratamientos se detallan en el Cuadro 3.

### **Cuadro 3**

*Tratamientos para la evaluación del contenido nutricional de harinas de maíz (HM) y amaranto (HA).*

Mezcla	Tratamiento
Harina de maíz cacahuacintle con harina de amaranto	1
Harina de maíz rojo con harina de amaranto	2
Harina de maíz VIMEX-B con harina de amaranto	3

## Resultados y Discusión

### Comparación Nutricional

El Cuadro 4 demuestra que el perfil nutricional del amaranto es superior para todos los parámetros analizados, por lo que se pueden llegar a producir alimentos de alta calidad nutricional con base de amaranto (L. Martínez, 2016). Debido a sus características nutricionales superiores con otros cereales, el amaranto se integró a la canasta básica desde el año 2019, y con esta iniciativa se promueve el consumo de alimentos sanos y nutritivos, a través de la conservación, mejoramiento y aprovechamiento de las plantas nativas del país (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2019). La soya, es una leguminosa con un alto valor nutricional, sin embargo, en cuanto a su producción como cultivo, tiene puntajes de sostenibilidad socio ambiental bastantes críticos, alcanzando los puntajes más bajos en todos los indicadores (Miller et al., 2019), y a medida que la producción de soya se expande rápidamente, los ecosistemas se ven amenazados (WWF, 2019b).

### Cuadro 4

*Valor nutricional de la semilla de amaranto en comparación con otros cereales y soya (contenido en 100 g).*

Nutriente	<sup>a</sup> Amaranto	<sup>b</sup> Maíz	<sup>c</sup> Arroz	<sup>d</sup> Trigo	<sup>e</sup> Soya
Energía (kcal)	371	365	360	339	446
Grasas totales (g)	7.02	4.74	0.58	2.47	19.9
Grasas saturadas (g)	1.46	0.667	0.158	0.454	2.88
Grasas poliinsaturadas (g)	2.78	2.16	0.155	0.978	11.3
Grasas monoinsaturadas (g)	1.68	1.25	0.181	0.344	4.4
Carbohidratos (g)	65.2	74.3	79.3	71.1	30.2
Azúcares (g)	1.69	5.54	0.1	0.4	7.33
Proteína (g)	16	9.42	6.61	13.7	36.5
Fibra (g)	6.7	2.4	0.4	2.7	9.33
Hierro (mg)	7.61	2.71	0.8	3.52	15.7
Calcio (mg)	159	7	9	34	277
Lisina (g)	0.747	0.265	0.239	0.303	2.71

*Nota.* g: gramos, mg: miligramos, kcal: Kilocalorías. <sup>a</sup>(United States Department of Agriculture [USDA], 2019a). <sup>b</sup>(USDA, 2019c). <sup>c</sup>(USDA, 2019b). <sup>d</sup>(USDA, 2019e). <sup>e</sup>(USDA, 2019d).

De acuerdo con un estudio realizado por Contreras et al. (2010), se evaluaron las propiedades nutricionales fisicoquímicas de harinas para preparar atole de amaranto. Se realizó una comparación

nutricional con otros atoles comerciales elaboradas con maíz y arroz. En dicho estudio, se determinó que las harinas con mayor porcentaje de aporte nutricional fueron las que contenían amaranto.

Investigaciones sugieren que el consumo de atole de amaranto favorece la ganancia muscular en adultos mayores (González et al., 2018), mientras tanto, en niños se ha observado que puede ayudar en la erradicación de la desnutrición infantil (Calderón, 2022). En 1986, en la comunidad de Huixcazdhá, perteneciente al Estado de Hidalgo, el 67% de la población presentaba desnutrición. El Dr. Benito Manrique de Lara superó el problema con el consumo de suplementos alimenticios hechos a base de amaranto. Finalmente, para el año 2007, se declaró a esa comunidad libre de desnutrición infantil (Mendoza, 2017).

En el Estado de México, existen diversas regiones donde se cultivan variantes criollas de maíces rojo y azul, principalmente las razas que se cultivan son de tipo Chalqueño, Cónico y Cacahuacintle (Herrera et al., 2004). No obstante, la importancia de estos tipos de maíz actualmente sigue siendo escasa la información sobre las características físicas y químicas de maíces pigmentados criollos originarios de México (García et al., 2020).

La mezcla de amaranto y maíces puede ayudar a disminuir el problema de desnutrición en México, pues mejora la concentración de minerales, lípidos y fibra (Calderón, 2022). El maíz, aunque es nutritivo, no contiene todos los nutrimentos que el organismo requiere. Sin embargo, una manera de elevar la calidad de la proteína de la dieta es su combinación con el amaranto, que complementa al maíz de forma significativa elevando así su calidad (Alemán, 2022).

De acuerdo con el Cuadro 5, se demuestra que se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de humedad. El porcentaje más alto fue en el tratamiento 1 (harina de maíz cacahuacintle con amaranto). De acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-147-SSA1-1996, establece un máximo de 15% de humedad, por lo que ningún tratamiento superó esta regulación (Secretaría de Gobernación [SEGOB], 1997).

Se determinó que las harinas de maíz rojo con amaranto y la de maíz VIMEX-B con amaranto presentaron el mayor aporte energético. (390.59 y 390.70 kcal/100g, respectivamente). Este contenido, se relaciona directamente con el contenido de carbohidratos, proteínas y grasas. El maíz es una fuente importante de carbohidratos, pues representan alrededor del 80% del peso total del grano. Los polisacáridos más importantes en el maíz son los de tipo estructural, encontrándose: pectina, hemicelulosa, celulosa y lignina. En cuanto al amaranto, son prevalentemente polisacáridos (50-60%), los cuales se almacenan en el perisperma (Schmidt et al., 2021).

Los lípidos representan el 5% del maíz azul. La mayoría de los lípidos son triglicéridos y se componen por los ácidos linoleico (50%), oleico (35%), palmítico (13%), esteárico (4%) y linolénico (3%). Los maíces azules, contienen una elevada cantidad de antioxidantes naturales llamadas antocianinas, lo que permite mantener a los lípidos estables y ser una excelente fuente de ácidos grasos y aceites de gran calidad (Boyer et al., 1987). El contenido de grasas en el amaranto oscila entre un 6% y un 10%, concentrándose principalmente en el germen. Este germen es notablemente rico en ácidos grasos poliinsaturados, que constituyen el 76% de las grasas presentes. Entre estos ácidos, destacan el ácido linoleico (18:2) y el ácido linolénico (18:3), aunque este último se encuentra en una proporción menor. Estos ácidos grasos para el ser humano son de interés vital porque proveen de energía, bajan el colesterol y disminuyen el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Aleman, 2022).

## Cuadro 5

*Primera parte; composición proximal (100 g) de las harinas de maíz con amaranto para atole.*

Tratamiento	Humedad (%)	Energía (Kcal)	Carbohidratos (g)	Azúcares (g)	Fibra (g)
	Media ± D. E.				
Tratamiento 1 HMC con HA	8.25± 1.31 <sup>a</sup>	380.17± 5.13 <sup>b</sup>	73.95±1.48 <sup>a</sup>	9.39±4.16 <sup>a</sup>	1.46±0.22 <sup>a</sup>
Tratamiento 2 HMR con HA	5.95±1.43 <sup>c</sup>	390.59±6.08 <sup>a</sup>	76.29±1.82 <sup>a</sup>	9.34±2.80 <sup>a</sup>	1.53±0.10 <sup>a</sup>
Tratamiento 3 HVM con HA	6.24±0.60 <sup>bc</sup>	390.70±1.20 <sup>a</sup>	74.82±1.16 <sup>a</sup>	10.54±0.65 <sup>a</sup>	1.62±0.22 <sup>a</sup>
%CV	13.49	0.70	1.42	20.15	12.67

*Nota.* a-b-c Medias seguidas de letras distintas en cada columna indican diferencias entre los tratamientos (P < 0.05). D.E.: Desviación

Estándar. CV%: Coeficiente de Variación. HA: Harina de amaranto. HMC: Harina de maíz cacahuacintle, HMR: Harina de maíz rojo y HVM: Harina de maíz VIMEX-B.

El Cuadro 6 indica que la mezcla de maíz VIMEX-B con amaranto obtuvo el mayor contenido de proteína, encontrándose diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). De acuerdo con algunos autores, el porcentaje de proteína de variedades de maíz azul tienen un contenido de proteína que varía de 6.73% a 9.37% (Agama et al., 2011). Las proteínas de maíz están conformadas por cerca del 54% por prolaminas, en su mayoría zeínas (proteínas de almacenamiento del grano) y gluteínas (40%) (P. Martínez, 2023). Los maíces azules ofrecen algunas características nutricionales muy interesantes destacando: una menor cantidad de almidón, un índice glucémico inferior al maíz normal y una carga proteica superior en un 20% al maíz blanco (Méndez et al., 2005).

Mientras que, el contenido proteico del amaranto oscila entre el 14 y 19%, teniendo una distribución aproximada: 20.7% albúminas, 19.2% globulinas, 2.2% prolaminas, 44% glutelinas y 13.4% residuos (Pérez, 2017). Estas proteínas, dado su buen balance de aminoácidos, son capaces de complementar proteínas de otras fuentes como cereales, leguminosas y oleaginosas (Avanza, 2006). Además de tener 93% de digestibilidad (Ayala et al., 2017).

Las proteínas del amaranto están libres de gluten, por lo que su ingesta es adecuada para personas celíacas o que buscan bajar el consumo de esta proteína (Reyes et al., 2024). Los valores presentados en proteína son inferiores a los valores individuales reportados en el Cuadro 4, esto podría deberse a distintos factores, pues el contenido de macronutrientes depende de la especie *Amaranthus*, la fertilización, y las condiciones ambientales y agrícolas (Schmidt et al., 2021). Por lo que sería importante considerar estos aspectos en siguientes investigaciones.

En cuanto a fibra no se encontraron diferencias significativas. El contenido de fibra en el maíz se encuentra mayormente en el pericarpio, que representa aproximadamente el 87% de la fibra total. Esta fibra está compuesta principalmente por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0,15%). Esta fibra está integrada por heteroxilanos (propiedad importante para el incremento de absorción de minerales) las cuales son clasificadas como fibra soluble; celulosa, ácidos fenólicos, ácido ferúlico

(Márquez et al., 2018). La fibra contenida en el amaranto es dietética, favoreciendo la salud digestiva y reduciendo los niveles de colesterol en la sangre (E. Martínez y Mátar, 2017).

En los azúcares, no se observaron diferencias significativas entre los tres tratamientos ( $p>0.05$ ), pero es importante mencionar que las mezclas de harinas para atoles no tienen azúcares añadidas, su contenido es parte de su composición natural del maíz y amaranto. La distribución de los azúcares en los granos de maíz oscila entre 1% y 3% en sacarosa, componente principal; el resto está compuesto por maltosa, glucosa, fructosa y rafinosa en mínimas cantidades, estos azúcares están ubicados en el germen (Urango, 2018). Los principales azúcares encontrados en el amaranto son: sacarosa, glucosa, rafinosa y fructosa. La sacarosa es el azúcar libre encontrado y el más abundante principalmente en todas las especies de amaranto (E. Martínez y Mátar, 2017).

## Cuadro 6

*Segunda parte; composición proximal (100 g) de las harinas de maíz con amaranto para atole.*

Tratamiento	Grasas totales (g)	Grasas saturadas (g)	Proteína (g)
	Media $\pm$ D. E.		
Tratamiento 1 HMC con HA	5.37 $\pm$ 0.34 <sup>a</sup>	1.41 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	9.02 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>
Tratamiento 2 HMR con HA	5.61 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>	1.44 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	8.73 $\pm$ 0.51 <sup>b</sup>
Tratamiento 3 HMH con HA	5.94 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>	1.52 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	9.49 $\pm$ 0.38 <sup>a</sup>
%CV	5.45	5.66	2.02

*Nota.* a-b-c Medias seguidas de letras distintas en cada columna indican diferencias entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ). D.E.: Desviación

Estándar. CV%: Coeficiente de Variación. HA: Harina de amaranto. HMC: Harina de maíz cacahuacintle, HMR: Harina de maíz rojo y HMV:

Harina

## Aporte de Valor Diario

El aumento de la obesidad y otras formas de malnutrición es en parte resultado de los alimentos muy elaborados e hipercalóricos, con alto contenido de grasas saturadas, azúcares y sal, y que son a menudo más baratos y fáciles de conseguir. Comer esos alimentos puede significar que se

cubren sus necesidades diarias de calorías, pero faltarían nutrientes esenciales para mantener su cuerpo sano y en buen funcionamiento (FAO, 2022).

El etiquetado nutricional forma parte de un conjunto de herramientas políticas que pueden ayudar a reequilibrar los entornos alimentarios no saludables. Las etiquetas de información nutricional y complementaria en los alimentos envasados y en los suplementos dietéticos pueden facilitar la toma de decisiones informadas. El %VD (valor diario), permite identificar cuánto contribuye a su dieta diaria un nutriente en una sola porción de un alimento envasado individual o un suplemento dietético (Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos [FDA], 2024).

El desarrollo de productos con amaranto es una alternativa significativa para crear alimentos con valor nutritivo. La combinación de harina de maíz con harina de amaranto ofrece una proteína superior a las harinas convencionales, compuestas principalmente por fécula de maíz (almidón) (Contreras et al., 2010). El Cuadro 7, detalla el aporte del %VD de los tres tratamientos:

### Cuadro 7

*Comparación del % VD en una porción de 240 mL atole calculado en una dieta de 2000 Kcal según las recomendaciones de la FAO/OMS.*

Nutriente	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
	HMC con HA	HMR con HA	HMV con HA
	%VD		
Energía	3	3	3
Carbohidratos	4	4	4
Azúcares	3	3	3
Fibra cruda	1	1	1
Grasas totales	1	1	1
Grasas saturadas	1	1	1
Proteína	3	3	3

*Nota.* %VD: Porcentaje de valor diario. HA: Harina de amaranto. HMC: Harina de maíz cacahuacintle, HMR: Harina de maíz rojo y HMV:

Harina de maíz VIMEX-B.

**Cuadro 8**

*Comparación del % VD en una porción de 240 mL de atoles comerciales y atole de maíz con amaranto, calculado en una dieta de 2000 Kcal según las recomendaciones de la FAO/OMS.*

Nutriente	<sup>a</sup> Atole Incaparina	<sup>b</sup> Atole de arroz	<sup>c</sup> Atole Maicena	Atole de maíz con amaranto
	%VD			
Energía	3	3	2	3
Carbohidratos	4	4	3	4
Azúcares	0	0	0	3
Fibra cruda	8	0	0	1
Grasas totales	2	0	0	1
Grasas saturadas	0	0	0	1
Proteína	8	0	0	3

*Nota.* %VD: Porcentaje de valor diario. <sup>a</sup>(INCAPARINA, s. f.). <sup>b</sup>(Pampera, s. f.) <sup>c</sup>(Maizena, s. f.).

Incaparina es una harina para preparar atole hecho de maíz y soya, desarrollado por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) para aumentar la disponibilidad de proteínas a través del consumo de alimentos de origen vegetal (INCAPARINA, s. f.). El Cuadro 8, expresa el %VD de tres mezclas de atoles comerciales, en el cual se observa que INCAPARINA tiene un contenido superior en proteína y fibra respecto a los demás atoles. En cuanto al %VD de las harinas de maíz con amaranto, tiene un aporte energético y en grasas similar, pero con un contenido inferior en proteína y fibra con relación a Incaparina, sin embargo, el uso de amaranto favorece a la soberanía alimentaria, sostenibilidad ambiental para la producción de alimentos (Ayala et al., 2017). En contraste con la harina de fécula de maíz y la harina de arroz, que únicamente tienen un aporte calórico, careciendo de proteínas y fibra dietética.

Las grasas totales y saturadas presentes en las mezclas de harina con amaranto no superan el 5%VD, por lo que estos nutrientes se consideran bajos según la FDA. El contenido de lípidos del amaranto se compone de ácidos grasos insaturados, entre los que se encuentran los ácidos oleico, linoleico y palmítico. Además, se ha encontrado un contenido relativamente alto de escualeno en el aceite de la semilla (1.32%) (Avanza, 2006).

## **Análisis Sensorial**

Los 100 panelistas que realizaron el análisis sensorial, lo conformaron: servidores públicos (66%), productores (26%), amas de casa (4%) y estudiantes universitarios (2%), provenientes de 25 diferentes municipios pertenecientes al Estado de México: Metepec (31%), Toluca (20%), Zinacantepec (7%), Nezahualcóyotl (5%), Atlacomulco (3%), Villa Guerrero (3%), Almoloya de Juárez (3%), Temascaltepec (2%), Ixtlahuaca (2%), Santa María del Rayón (2%), Santiago Tianguistenco (2%), San Antonio la Isla (2%), Tenango del Valle (2%), Villa Victoria (1%), Calimaya (1%), San Cristóbal (1%), Santa Cruz Atizapán (1%), Mexicaltzingo (1%), Tenancingo (1%), Ecatepec (1%), Lerma (1%), Nicolas Romero (1%), San Felipe del Progreso (1%) Chapa de Mota (1%), Jiquipilco (1%), con edades entre 21 y 79 años.

De acuerdo con una investigación por Contreras et al., (2010) se caracterizaron las propiedades sensoriales de tres distintos sabores para la preparación de atole a base de amaranto, en este, se evaluó la consistencia en boca y aparente, gusto dulce, olor a almidón, entre otros parámetros específicos del sabor. Este estudio, destaca que la consistencia aparente y en la boca, fueron los que tuvieron valores superiores, principalmente los atoles de amaranto sabor chocolate y fresa. Sin embargo, los perfiles descriptivos cuantitativos de los atoles analizados parecen indicar que la harina de amaranto con la que se elaboran les confiere propiedades sensoriales similares a los que no contienen amaranto, lo cual indica una deficiencia en las formulaciones en cuanto al sabor/olor/aroma y consistencia en boca y aparente.

**Cuadro 9**

*Resultados de las características sensoriales de la prueba de aceptación de atoles a base de harina de maíz y amaranto.*

Tratamiento	Color	Olor	Consistencia	Sabor	Dulzura	Aceptación general
	Media $\pm$ D. E					
Tratamiento 1 HMC con HA	2.48 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>	2.49 $\pm$ 0.63 <sup>a</sup>	2.44 $\pm$ 0.72 <sup>ab</sup>	2.16 $\pm$ 0.80 <sup>a</sup>	1.81 $\pm$ 0.71 <sup>b</sup>	2.33 $\pm$ 0.58 <sup>ab</sup>
Tratamiento 2 HMR con HA	2.46 $\pm$ 0.66 <sup>a</sup>	2.49 $\pm$ 0.58 <sup>a</sup>	2.59 $\pm$ 0.62 <sup>a</sup>	2.25 $\pm$ 0.66 <sup>a</sup>	2.04 $\pm$ 0.76 <sup>a</sup>	2.49 $\pm$ 0.72 <sup>a</sup>
Tratamiento 3 HMC con HA	2.04 $\pm$ 0.82 <sup>b</sup>	2.25 $\pm$ 0.69 <sup>b</sup>	2.27 $\pm$ 0.74 <sup>b</sup>	2.13 $\pm$ 0.80 <sup>a</sup>	1.86 $\pm$ 0.71 <sup>b</sup>	2.22 $\pm$ 0.65 <sup>b</sup>
%CV	29.66	22.61	25.93	31.58	25.79	25.98

*Nota.* a-b Medias con diferente letra en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). CV%: Coeficiente de Variación. D.E.: Desviación Estándar. Escala usada: 1=No me gusta, 2= Indiferente y 3= Me gusta. HA: Harina de amaranto. HMC: Harina de maíz cacahuacintle, HMR: Harina de maíz rojo y HMC: Harina de maíz VIMEX-B.

De acuerdo con el Cuadro 9, el análisis sensorial mostró diferencias significativas en todos los atributos, excepto en sabor. El tratamiento dos, la mezcla de maíz rojo con amaranto fue el más preferido. Esto sugiere la posibilidad de promover el consumo de maíces pigmentados, ya que la cultura de consumo de estos maíces es limitada en México. El maíz blanco representa el 82.9% de la producción, el maíz amarillo el 10.3%, y otros tipos de maíz el 6.8% del total de la producción (SIAP, 2024b). La mayor parte de la producción de maíces de colores se destina al autoconsumo, lo que implica que la población no está acostumbrada a consumir estas variedades de colores.

La harina de maíz rojo con amaranto presentó diferencias significativas en el atributo de consistencia, este resultado se relaciona con el contenido superior de carbohidratos presentes en el maíz rojo, brindándole características como el espesor, y que, de acuerdo con algunos panelistas, este atributo es buscado cuando consumen atole. El contenido de almidón favorece la absorción de agua, haciendo posible que un alimento espese cuando es calentado y agitado simultáneamente (Castillo et al., 2022). Mientras que el contenido de carbohidratos de la harina de maíz VIMEX-B con amaranto fue inferior, siendo considerado por los panelistas con la consistencia menos aceptada.

Aunque el consumo a nivel nacional el México se incline por maíces blancos, sin embargo, en los últimos años los maíces pigmentados se están introduciendo en los mercados debido a que el consumidor no acostumbra a consumirlo, y está adoptando estos productos de manera satisfactoria por las características funcionales y nutricionales (Morales, 2022).

Los resultados del Cuadro 10, sugieren que todos los atributos sensoriales evaluados (color, olor, consistencia, sabor y dulzura) presentan correlaciones bajas respecto a la decisión de aceptación general, siendo el sabor el atributo con un mayor grado de asociación ( $r = 0.47919$ ), pero no es suficiente para considerarlo como una correlación media ( $r = 0.50$  a  $0.69$ ) y que esto permitiera predecir la relación de los atributos evaluados sobre la decisión de aceptación general. Los valores de  $P > |r|$  son todos menores a  $0.0001$ , es decir que, todas las correlaciones encontradas son estadísticamente significativas, es decir, la relación observada en la muestra es representativa de la población en general.

Esta evaluación sensorial es esencial, pues permite conocer la aceptación del atole de maíz con amaranto, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones y mejorar los atributos. Las causas por las cuales el producto no se consume es porque desconocen las propuestas culinarias para su preparación y consumo (Reyes et al., 2024). En el caso mexicano se busca fortalecer la cadena de valor del amaranto a través de la generación de una estrategia nacional que promueva la innovación productiva sostenible (FAO, 2023).

#### **Cuadro 10**

*Resultados del análisis de correlación de Pearson del análisis sensorial de atol preparado con harina de maíz y de amaranto.*

	Atributos					
	Aceptación general	Color	Olor	Consistencia	Sabor	Dulzura
r		0.28950	0.29603	0.36047	0.47919	0.42316
P >  r		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

*Nota.* r: coeficiente de correlación de Pearson. Prob>|r|: probabilidad.

### **Conclusiones**

Se determinó que las harinas de maíz rojo con amaranto y la de maíz VIMEX-B con amaranto presentaron el mayor aporte energético, y la harina de maíz VIMEX-B con amaranto mostró el mayor contenido proteico. Sin embargo, los porcentajes de valor diario (%VD) de proteína y de fibra por porción, no son suficientes para clasificar los tratamientos como fuentes de estos nutrientes.

El atole de maíz rojo con amaranto obtuvo la mejor aceptación general, resultando el sabor como el principal atributo que influyó en esta decisión.

### **Recomendaciones**

Evaluar el incremento del porcentaje de amaranto (10%) en los tratamientos.

Cuantificar el contenido de micronutrientes, aminoácidos y antioxidantes presentes en las harinas de maíz con amaranto.

Establecer el tiempo de vida de anaquel de las mezclas de harinas de maíz con amaranto.

## Referencias

- Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos. (2024). *Los mínimos y máximos del porcentaje de Valor Diario*. <https://www.fda.gov/food/nutrition-facts-label/los-minimos-y-maximos-del-porcentaje-de-valor-diario>
- Agama, E., Pacheco, G. y Bello, L [L] (2011). Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: morfología del almidón. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas.*, 2(3), 317–329.
- Alemán, R. B. (2022). *Evaluación de harina de amaranto (Amaranthus spp) variedad INTA soberano en productos de panificación en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria, en el periodo de octubre 2021 a junio 2022* [Trabajo de Tesis]. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnq02a367.pdf>
- Ávalos, A. (2021). *Menos mexicanos consumieron tamales y atole*. KANTAR. <https://www.kantar.com/latin-america/inspiracion/consumidor/consumo-tamales-y-atole-2021#:~:text=Semanalmente%20el%2030%25%20de%20los,y%20%2D7.4%25%20el%20atole.>
- Avanza, M. V. (2006). *Propiedades funcionales de proteínas de amaranto capacidad de gelificación* [Trabajo de Tesis]. Universidad Nacional del Nordeste, Chile. <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/28517#:~:text=Estas%20prote%C3%ADnas%2C%20dado%20su%20buen,como%20cereales%2C%20leguminosas%20y%20oleaginosas.>
- Ayala, A. V., Espitia, E., Márquez, S., Muñiz, E. y Escobedo, D. (2017). *La cadena de valor de amaranto en México Descripción, análisis y retos* (1ª ed.). Plaza y Valdes.
- Boyer, C., Shannon, J., Watson, S. y Ramstad, P. (1987). Carbohidratos del grano. *Maíz: Química Y Tecnología* (2).
- Calderón, M. E. (2022). *Consumo de amaranto como alternativa para promover el desarrollo nutricional de la población infantil de Tochimilco, Puebla*. Colegio de Postgraduados, México. [http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/4881/Calderon\\_Martinez\\_ME\\_DC\\_%20EDAR\\_2022.pdf;jsessionid=BE2A5352C56F96AD3AEBAB8BE0DF7A5B?sequence=1](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/4881/Calderon_Martinez_ME_DC_%20EDAR_2022.pdf;jsessionid=BE2A5352C56F96AD3AEBAB8BE0DF7A5B?sequence=1)
- Castañeda, A. (2011). Propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul (*Zea mays* L.). *Temas Selectos De Ingeniería De Alimentos*, 5(2), 75–83. [https://issuu.com/webudlap/docs/tsia-vol5no2-castaneda\\_sanchez\\_75-8](https://issuu.com/webudlap/docs/tsia-vol5no2-castaneda_sanchez_75-8)
- Castillo, A., Martínez, H., Gómez, O., Posada, C., Londoño, S. y Rodríguez, M. (2022). *El don del almidón: la partícula espesante*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). <https://ciencia.unam.mx/leer/1262/el-don-del-almidon-la-particula-espesante#:~:text=%C2%BFCu%C3%A1l%20es%20el%20don%20del,tienen%20la%20misma%20capacidad%20espesante.>
- Cazal, A. y Flores, A. (2024). Atole de Maíz Nuevo como parte del sistema alimentario local de Quintana Roo. *Sosquua*, 6(1), 11–42. <https://doi.org/10.52948/sosquua.v6i1.981>
- Contreras, E., Jaimez, J., Porras, G., Juaréz, L. F., Añorve, J. y Villanueva, S. (2010). Propiedades fisicoquímicas y sensoriales de harinas para preparar atole de amaranto. *Archivos*

*Latinoamericanos De Nutrición (ALAN)*, 60(2).  
<https://www.alanrevista.org/ediciones/2010/2/art-12/>

- Escamilla, M. C., Castro, L., Romero, M., Zárate, E. y Rojas, R. (2023). Detección, diagnóstico previo y tratamiento de enfermedades crónicas no transmisibles en adultos mexicanos. *Encuesta Nacional De Salud Y Nutrición (ENSANUT) Salud Publica De México*, 65(1).  
<https://doi.org/10.21149/14726>
- Facultad de Ciencias Agronómicas (Ed.). (2023). *Amaranto: Cultivo con potencialidad ante la escasez hídrica*. Universidad de Chile. <https://agronomia.uchile.cl/noticias/203267/amaranto-cultivo-con-potencialidad-ante-la-escasez-hidrica>
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2023). *Desnutrición infantil*. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). <https://www.unicef.es/causas/desnutricion-infantil#:~:text=El%20sobrepeso%20afecta%20a%20unos,procesados%20y%20pobres%20en%20nutrientes.>
- Fondo Mundial para la Naturaleza. (2019a). *Los 50 alimentos del futuro*. Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF).  
[https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/knorr\\_future\\_50\\_report\\_final\\_online\\_\\_1\\_.pdf](https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/knorr_future_50_report_final_online__1_.pdf)
- Fondo Mundial para la Naturaleza. (2019b). *La verdadera historia sobre la soya*.  
<https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/la-verdadera-historia-sobre-la-soya#:~:text=A%20medida%20que%20la%20producci%C3%B3n,nuestros%20ecosistemas%20se%20ven%20amenazados.&text=Despu%C3%A9s%20de%20la%20industria%20de,deforestaci%C3%B3n%20en%20todo%20el%20mundo.>
- García, A. U., Cruz, R. G., Rayas, A., Jiménez, J., Fabela, M., Salgado, M. d. I. P., Cortés, A., Villanueva, A. y Díaz, M. (2020). Caracterización físico-química de maíz (*Zea mays* L.) criollo (azul y rojo) del Estado de México. *Agro Productividad*, 13(7). <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1728>
- González, O., Reyes, J., Gaytan, D., Victoria, C. I. y Palos, A. G. (2018). Atole de amaranto y su efecto potencial sobre la composición corporal de adultas mayores. *Nutrición Clínica Y Dietética Hospitalaria*, 39(1), 114–119. <https://www.revistanutricion.org/articles/amaranth-drink-and-its-potential-effect-on-the-body-composition-of-older-adults.pdf>
- Herrera, E., Castillo, F., Sánchez, J., Hernández, M., Ortega, R. y Major, M. (2004). Diversidad del maíz chalqueño. *Agrociencia*, 38(2), 191–206. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30238207.pdf>
- INCAPARINA. (s. f.). *Datos nutricionales*. <https://www.incaparina.com/incaparina.php>
- Maizena. (s. f.). *Maizena de vainilla*. <https://www.lacolonia.com/maizena-vainilla-preparar-atole-47-gr-ref7411000343784/p>
- Márquez, J., Carvajal, E., López, Y., Valenzuela, E. y Rascón, A. (2018). Efecto prebiótico de los Arabinosilanos y los Arabinosilo-Oligosacáridos y su relación con la promoción de la buena salud. *CienciaUAT*, 13(1), 146–164.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-78582018000200146](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582018000200146)
- Martínez, E. y Matar, I. (2017). *Elaboración de harina de amaranto. Estudio de factibilidad [Proyecto final]*. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael., Argentina.

<https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/1573/AMARANTO.PF.MM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Martínez, L. (2016). Seguridad alimentaria, autosuficiencia y disponibilidad del amaranto en México. *Revista Latinoamericana De Economía*, 47(186), 107–132. <https://www.redalyc.org/journal/118/11846179006/html/>
- Martínez, P. (2023). *Caracterización física, química, nutracéutica y propiedades tecnofuncionales de tres variedades de maíz (Zea mays) criollo pigmentado (blanco, amarillo y negro)* [Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos]. Universidad Autónoma de Querétaro, México. <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/4340>
- Méndez, G., Solorza, J., Velázquez del Valle, M., Gómez, N., Paredes, O. y Bello, L [Luis] (2005). Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. *Agrociencia*, 39(3), 267–274. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30239303.pdf>
- Mendoza, L. (2017). *Huixcazdhá, lugar entre huizaches y amaranto*. La Jornada. <https://www.jornada.com.mx/2017/02/18/cam-huizaches.html>
- Miller, M. L., Schermer, M., Lobmann, M., Zbinden, V. S. y Zerbe, S. (2019). Valoración de la sostenibilidad en cultivos de soya, cultivos familiares y agroforestales: aplicación de la herramienta RISE en Cerrado. *Espacio Y Desarrollo*, 34, 57–86. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201902.003>
- Morales, F. (2022). *Azul, que te quiero azul*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). <https://www.cimmyt.org/es/noticias/azul-que-te-quiero-azul/>
- Mota, C., González, R. M., Burgeff, C., Enríquez, C., Oliveros, O. y Acevedo, F. (2020). *Razas de Maíz de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Hambre e inseguridad alimentaria*. <https://www.fao.org/hunger/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). *FAO y Gobierno Mexicano: Alianza para el fortalecimiento a la cadena de valor del amaranto con 'Un país, un producto prioritario'*. Organización de las Naciones Unidas (ONU). <https://mexico.un.org/es/254517-fao-y-gobierno-mexicano-alianza-para-el-fortalecimiento-la-cadena-de-valor-del-amaranto-con>
- Organización Mundial de la Salud. (2024). *Obesidad y sobrepeso*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Organización Panamericana de la Salud. (2010). *Seguridad Alimentaria y Nutricional*. <https://www.paho.org/es/noticias/3-10-2010-seguridad-alimentaria-nutricional>
- Pampera. (s. f.). *Harina de Arroz*. <https://www.pampaltda.com.co/producto/harina-de-arroz-pampera.html>
- Pérez, M. F. (2017). *Malteo de la semilla de amaranto para la elaboración de cerveza artesanal* [Tesis para obtener el grado de maestría en biotecnología.]. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México. [https://bindani.izt.uam.mx/concern/file\\_sets/rr171x224?locale=es](https://bindani.izt.uam.mx/concern/file_sets/rr171x224?locale=es)

- Porr, M. (2012). *El amaranto pequeñas semillas con fuerzas colosales*. [https://www.el-pan-alegre.org/Guia\\_Amaranto.pdf](https://www.el-pan-alegre.org/Guia_Amaranto.pdf)
- Reyes, Y., Andrade, O., Coré, K. y Morales, Y. R. (2024). Producción, agronomía y usos culinarios del *Amaranthus* spp. de Tochimilco, Puebla, México. *Revista Alimentos, Ciencia E Ingeniería*, 31(1). <https://doi.org/10.31243/aci.v31i1.2256>
- Schmidt, D., Verruma, M., Forti, V. y Ribeiro, M. T. (2021). Quinoa and Amaranth as Functional Foods: A Review. *Food Reviews International* (4). <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1950175>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *La canasta básica ¿qué es y para qué sirve?* <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-canasta-basica-que-es-y-para-que-sirve-189256#:~:text=En%20segundo%2C%20se%20incorpora%20en,en%20ocho%20estados%20del%20pa%C3%ADs.>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). *Razas de maíz, riqueza del campo mexicano*. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/razas-de-maiz-riqueza-del-campo-mexicano?idiom=es>
- Secretaría de Gobernación (SEGOB) (1997, 15 de agosto). *Proyecto de norma oficial mexicana nom-147-ssa1-1996. Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas o sus mezclas y productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales*. (Norma Oficial Mexicana, NOM-147-SSA1-1996). Diario Oficial de la Federación. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4891221&fecha=15/08/1997#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4891221&fecha=15/08/1997#gsc.tab=0)
- Secretaría de Salud. (2023). *Cerca de 12% de la población en México presenta insuficiencia nutricional*. <https://www.gob.mx/salud/prensa/044-cerca-de-12-de-la-poblacion-en-mexico-presenta-insuficiencia-nutricional#:~:text=Cerca%20de%2012%25%20de%20la,Salud%20%7C%20Gobierno%20%7C%20gob.mx>
- Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero. (2024a). *Panorama Agroalimentario 2024*. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/expectativas-agroalimentarias-2024>
- Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero. (2024b). *Producción Agrícola*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Statista Research Department. (2024). *Consumo anual per cápita de algunos granos y cereales en México en 2022, por tipo(en kilogramos)*. <https://es.statista.com/estadisticas/592154/consumo-aparente-de-los-principales-cultivos-basicos-en-mexico/>
- United States Department of Agriculture. (2019a). *Food Data Central Grano de amaranto, crudo*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170682/nutrients>
- United States Department of Agriculture. (2019b). *Food Data Central: Arroz blanco, de grano medio, crudo, sin enriquecer*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169760/nutrients>
- United States Department of Agriculture. (2019c). *Food Data Central: Grano de maíz, blanco*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168920/nutrients>
- United States Department of Agriculture. (2019d). *Food Data Central: Soja, semillas maduras, crudas*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174270/nutrients>

United States Department of Agriculture. (2019e). *Food Data Central: Trigo, duro*.  
<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169721/nutrients>

Urango, L. A. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. *Fondo Editorial Biogénesis*, 187–203. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/336229/20791758>

**Anexos****Anexo A**

*Elaboración de atole de maíz con amaranto en una comunidad Mazahua. San José del Rincón, Estado de México (2019).*



**Anexo B**

*Elaboración de atole de maíz con amaranto en la comunidad de Jiquipilco, Estado de México (2024).*



Anexo C

*Variedades de maíces utilizadas*



Cacahuacintle (tratamiento 1)



Rojo (tratamiento 2)



VIMEX-B (tratamiento 3)

**Anexo D**

*Molino de maíz*



**Anexo E**

*Grano de amaranto y amaranto reventado.*



**Anexo F**

*Cultivo de amaranto.*



*Nota: Variedades PQ2, Nutrisol Rojo y Areli.*

**Anexo G**

*Reventadora de amaranto*



## Anexo H

### *Cribado de amaranto*



**Anexo I**

*Molido de amaranto*



**Anexo J***Harinas para la elaboración de atoles*



Cacahuacintle (tratamiento 1)

Rojo (tratamiento 2)

VIMEX-B (tratamiento 3)

## Anexo K

## Boleta de evaluación sensorial

**Boleta de Evaluación Sensorial.**

① **Prueba de aceptación de atoles de Amaranto con Maíces Nativos del Estado de México.**

Nombre: Everardo Lovemí Gómez Edad: 69 Fecha: 21 Feb 24

Municipio de procedencia: Atzacamal Ocupación: Estudiante  Servidor público  Productor  Otro

Instrucciones: Se le presentarán 3 muestras de atoles, sírvase a evaluar cada muestra. Antes y después de cada muestra tomar un sorbo de agua para limpiar su paladar. Indique el grado en el que le gusta o disgustan los atributos, basándose en los puntajes del cuadro 1, anotando sus respuestas en el cuadro 2 y 3 para calificar lo siguiente:

Cuadro 1. Tabla de valores

1	2	3
No me gusta	Indiferente	Me gusta

Cuadro 2. Tabla de respuesta

# Muestra	Color	Olor	Consistencia	Sabor	Dulzura	Aceptación general
315	2	2	3	3	3	3 ✓
526	3	2	3	2	3	3
816	2	2	3	2	3	2

**Anexo L***Muestras de atoles*

**Anexo M**

*Aplicación del análisis sensorial.*

