



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

Elaboración de un empanizador a base de nopal (*Opuntia ficus*) amaranto (*Amaranthus spp.*) y ahuate

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el
Grado de

Ingeniero Agroindustrial

Presenta

Santiago Primero Hernández

Dirigido por:

Dra. Ana Angélica Feregrino Pérez

Querétaro, Qro. A 27 de Febrero de 2025.

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería

Elaboración de un empanizador a base de nopal (*Opuntia ficus*) amaranto (*Amaranthus spp.*) y ahuate

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Ingeniero Agroindustrial

Presenta
Santiago Primero Hernández

Dirigido por:
Dra. Ana Angélica Feregrino

Dra. Ana Angélica Feregrino Pérez
Presidente

Firma

Dr. Juan Fernando García Trejo
Secretario

Firma

Dra. Elsa Gutiérrez Cortez
Secretario

Firma

Dra. Margarita Contreras Padilla
Suplente

Firma

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Fecha de aprobación por el Consejo Universitario (Febrero, 2025)

RESUMEN

El aumento de la población demanda un aumento en la producción de alimentos causando un incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero, no sólo en la cadena de producción si no también con la pérdida de alimentos que se da en toda la cadena de suministros. Aunado a esto se tienen problemas graves relacionados con la alimentación entre ellos se pueden destacar la desnutrición y la obesidad causados en parte por el alto consumo de productos industrializados que bien tienen un alto aporte calórico y escaso aporte en nutrientes. Es por ello que este trabajo presenta la elaboración de un empanizador a base de nopal amaranto y ahuate el cual nos proporciona un alto contenido nutricional. El proceso de elaboración comienza desde la cosecha del nopal, la deshidratación bajo condiciones controladas, seguido de la molienda y la mezcla de todos los ingredientes, así como un horneado y una segunda molienda. El objetivo del trabajo fue probar la aceptación del empanizador propuesto frente a uno comercial. Esto con una prueba de preferencia pareada a dos colas con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ se tuvo una preferencia hacia la propuesta del 80% contra el 20% del comercial. Finalmente, para determinar el motivo de la preferencia se toman en cuenta las características sensoriales de sabor, textura y color con las cuales se aplica una prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales con ayuda del analizador de datos de Microsoft 2016 en las cuales se encuentran áreas de oportunidad en el color y sabor y se prueba el porqué de la preferencia hacia nuestro empanizador propuesto. Además de ciertos hallazgos que nos llevan a una reducción en el consumo de aceite por parte de nuestro empanizador propuesto y que por los ingredientes que contiene represente una opción potencial a una mayor cantidad de valor nutricional frente a uno comercial, libre de gluten y que se considere como una opción que coadyuve a una mejor salud teniendo en cuenta los problemas relacionados a la alimentación presentes en el país tales como obesidad y desnutrición.

Palabras clave: ahuate, amaranto, axayácatl, empanizador, nopal.

SUMMARY

The increase in population demands an increase in food production, causing an increase in greenhouse gas emissions, not only in the production chain but also with the loss of food that occurs throughout the supply chain. In addition to this, there are serious problems related to food, among which we can highlight malnutrition and obesity caused in part by the high consumption of industrialized products that have a high caloric content and little nutritional content. That is why this work presents the elaboration of a breader based on amaranth, nopal and ahuatele which provides us with a high nutritional content. The elaboration process begins with the harvest of the cactus, dehydration under controlled conditions, followed by grinding and mixing all the ingredients, as well as baking and a second grinding. The objective of the work was to test the acceptance of the proposed breader against a commercial one. This with a two-tailed paired preference test with a significance level $\alpha = 0.05$ there was a preference towards the proposal of 80% against 20% of the commercial. Finally, to determine the reason for the preference, the sensory characteristics of flavor, texture and color are taken into account with which a t test is applied for two samples assuming equal variances with the help of the Microsoft 2016 data analyzer in which areas of opportunity are found in color and flavor and the reason for the preference towards our proposed breader is tested. In addition to certain findings that lead us to a reduction in oil consumption by our proposed breader and that due to the ingredients it contains, it represents a potential option with a greater amount of nutritional value compared to a commercial, gluten-free one and that is considered as an option that contributes to better health taking into account the problems related to food present in the country such as obesity and malnutrition.

Key words: ahuatele, amaranth, axayacatl, breader, nopal.

DEDICATORIA

A mi familia, que gracias a su motivación y su apoyo esto se hizo posible. A mi padre y mi madre y mis hermanas que sabiendo que no existirá una forma de agradecer toda una vida de sacrificios y esfuerzos, sepan que la fuerza que me ayudó a conseguir lo que he logrado, es su apoyo, cuidado, amor y comprensión

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanas

Por el apoyo incondicional que me dieron dándome la oportunidad de una gran educación, por poner su confianza sobre mí, por motivarme a no rendirme y seguir siempre adelante, por su cariño y amor y por ser ejemplo para superarme y ser mejor día a día, por esos regaños que cuando era pequeño siempre fueron por mi bien y que ahora puedo decir que si lo fueron ya que gracias a eso se formó en parte lo que soy ahora.

A mis maestros

Por las enseñanzas que me dieron, por ser unos grandes ejemplos, por ser unos segundos padres para mí o al menos así percibí a muchos de ellos, por creer en mí y en el desarrollo de este proyecto y sobre todo por su paciencia, su ayuda comprensión, sabiduría y por ser de las mejores personas que pude haberme topado, los recordaré siempre con mucho cariño porque además de mis padres ustedes también hicieron la persona que soy hoy en día.

A mis amigos

Porque uno siempre se topa con muchas personas, pero no todos se quedan para ser amigos, los que ya formaban parte de esas personas a las que puedo decir amigos y a los que formaron parte al conocerlos en la escuela, agradecerles el llenarme de felicidad y motivación a mi vida. A mis amigos de la escuela gracias por formar parte de esta gran experiencia profesional que sin duda alguna fue de las mejores en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

Resumen	III
Summary.....	IV
Dedicatoria	V
Agradecimientos.....	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
Lista de Tablas.....	X
Lista de Figuras.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Los alimentos y la población.....	1
1.2. Descripción del problema	1
1.3. Justificación.....	2
2. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES.....	3
2.1. Consumo de Insectos.....	3
2.1.1. Consumo de Insectos en el mundo.....	3
2.1.2. Consumo de Insectos en México.....	6
2.1.3. Beneficios ambientales.....	18
2.1.4. Beneficios para la salud	18
2.1.5. Beneficios para el medio social y los medios de vida	19
2.1.6. Empresas de producción, transformación, empaque y distribución	19
2.2. Ahuautle (huevo)	22
2.2.1. Consumo.....	25
2.2.2. Valor nutritivo	26
2.2.3. Características del ahuautle.....	29
2.3. Nopal	30
2.3.1. Condiciones climáticas	32
2.3.2. Condiciones edáficas	32
2.3.3. Producción	33
2.3.4. Valor nutritivo	34
2.3.5. Usos del Nopal.....	36
2.4. Amaranto	37
2.4.1. Condiciones climáticas	39
2.4.2. Condiciones edáficas	39
2.4.3. Producción	39

2.4.4.	Valor nutritivo	40
2.4.5.	Usos del Amaranto	43
2.5.	Empanizadores	44
2.5.1.	Categorías de empanizadores	44
2.5.1.1.	Miga de galleta (harina de galleta CM)	44
2.5.1.2.	Pan rallado americano (ABC).....	46
2.5.1.3.	Pan rallado japonés (JBC)	47
2.5.1.4.	Migas extruidas.....	48
2.5.1.5.	Empanados de harina de cereales y empanados sin harina de cereales 50	
2.5.2.	Aplicación de empanizadores a varios sustratos.....	52
2.5.2.1.	Aplicación a aves de corral.....	53
2.5.2.2.	Aplicación a mariscos	53
2.5.2.3.	Aplicación a Carnes rojas.....	53
2.5.2.4.	Aplicación a vegetales	54
2.5.2.5.	Aplicación a queso, frutos secos y otros productos.....	54
3.	OBJETIVOS E HIPÓTESIS	55
3.1.	Objetivo general.....	55
3.2.	Objetivos particulares	55
3.3.	Hipótesis	55
4.	METODOLOGÍA.....	56
4.1.	Localización	56
4.2.	Elaboración de sólidos granulares de Nopal	56
4.2.1.	Nopal.....	56
4.2.1.1.	Obtención de materia prima	56
4.2.1.2.	Deshidratación del nopal y obtención de harina	56
4.2.2.	Amaranto.....	58
4.2.2.1.	Obtención de Materia Prima.	58
4.2.2.2.	Obtención de Sólidos Granulares de Amaranto.....	58
4.2.3.	Ahuautle.....	59
4.2.3.1.	Obtención de materia prima	59
4.3.	Elaboración del empanizador	60
4.3.1.	Elaboración de galletas saladas	60
4.3.2.	Molienda.....	61
4.4.	Análisis sensorial.....	62

4.4.1.	Preparación de muestras para la prueba	62
4.4.2.	Prueba de preferencia pareada	62
4.4.2.1.	Técnica de ensayo	63
4.4.3.	Prueba de aceptabilidad	65
4.4.3.1.	Técnica de ensayo	65
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
5.1.	Resultados de la prueba de preferencia pareada.....	68
5.2.	Resultados de la prueba de aceptabilidad.....	72
5.2.1.	Resultados de la prueba de aceptabilidad para el color	73
5.2.2.	Resultados de la prueba de aceptabilidad para el sabor	75
5.2.3.	Resultados de la prueba de aceptabilidad para la textura.....	77
6.	CONCLUSIONES	80
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	81
	Anexo 1. Tabla de valores críticos de Chi Cuadrada. Bajo probabilidad de que $H_0 \geq X^2$...	84
	Anexo 2. Valores críticos superiores de la distribución t de Student con grados de libertad	86

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Insectos comestibles registrados para el mundo y número de países que los consumen.	5
Tabla 2 Empresas alrededor del mundo que se dedican a la producción, transformación, empaque y distribución de insectos.	19
Tabla 3 Estados y municipios de Consumo del Ahuautle y el axayácatl en México.	25
Tabla 4 Contenido proteico del ahuahutle y el axayácatl.....	26
Tabla 5. Contenido de aminoácidos esenciales (mg acido amino/g proteína cruda) del ahuahutle y el axayácatl.....	27
Tabla 6. Contenido calórico del ahuahutle y el axayácatl	27
Tabla 7. Contenido de minerales del ahuahutle y el axayácatl en g/100 g	28
Tabla 8. Contenido de vitaminas A, C, D, tiamina, riboflavina y niacina del ahuahutle y el axayácatl	29
Tabla 9. Principales estados productores de Nopal	33
Tabla 10. Contenido proteico y de fibra en el nopal.....	34
Tabla 11 Contenido calórico del nopal	34
Tabla 12. Contenido de minerales del nopal	35
Tabla 13. Contenido de vitaminas del nopal	35
Tabla 14. Principales estados productores de amaranto	40
Tabla 15. Contenido proteico del amaranto.....	41
Tabla 16. Contenido calórico del amaranto	41
Tabla 17. Contenido de minerales del amaranto	42
Tabla 18. Contenido de vitaminas del amaranto	42
Tabla 19. Características de los empanizadores.....	52
Tabla 20. Análisis de datos de la prueba de preferencia pareada usando la prueba de X^2 en los empanizadores 296 y 692	70
Tabla 21. Evaluación por panelista tomando en cuenta el color, sabor y textura por empanizador	72
Tabla 22. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales para el color.....	75
Tabla 23. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales para el sabor	77
Tabla 24. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales para la textura	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica de los insectos comestibles del mundo	4
Figura 2. Distribución geográfica de los Orthoptera comestibles en México.	7
Figura 3. Distribución geográfica de los Hemiptera comestibles en México.	8
Figura 4 Distribución geográfica de los Homoptera comestibles en México	9
Figura 5 Distribución geográfica de los Coleoptera comestibles en México.	10
Figura 6 Distribución geográfica de los Lepidóptera comestibles en México.	11
Figura 7 Distribución geográfica de los Diptera comestibles en México.	12
Figura 8 Distribución geográfica de los Hymenoptera (Apidae) comestibles en México. .	13
Figura 9 Distribución geográfica de los Hymenoptera (Meliponini) comestibles en México.	14
Figura 10 Distribución geográfica de los Hymenoptera (Vespidae) comestibles en México.	15
Figura 11 Distribución geográfica de los Hymenoptera (Formicidae) comestibles en México.	16
Figura 12 Distribución geográfica estudiada de los insectos comestibles de los órdenes <i>Anoplura, Ephemeroptera, Odonata, Megaloptera y Trichoptera</i>	17
Figura 13 Insecto Axayácatl (Corixido y Notonectido)	24
Figura 14 Huevecillos del ahuate depositados sobre material vegetal	24
Figura 15. Ahuate proveniente de diversos axayácatl	30
Figura 16. Cladodios de nopal con frutos.	31
Figura 17. Cultivo de Amarantho.	38
Figura 18. Empanizador comercial de migas de galleta	45
Figura 19. Empanizador comercial del tipo pan rallado americano.....	46
Figura 20. Pan rallado japonés	48
Figura 21. Empanizador comercial de migas extruidas	50
Figura 22. Empanizado con harina	51
Figura 23. Obtención de Sólidos Granulares de Nopal.	57
Figura 24. Obtención de Sólidos Granulares de Amarantho	58
Figura 25. Ahuate	59
Figura 26 Elaboración de galletas saladas	61
Figura 27. Molienda del empanizador	62
Figura 28. Prueba de preferencia.....	64
Figura 29. Sesión de prueba de preferencia.....	65
Figura 30. Sesión de prueba de aceptabilidad	66

Figura 31. Prueba de Aceptabilidad	67
Figura 32. Preferencia por panelista entre el empanizador 296 y 692	69
Figura 33. Preferencia por panelista entre el empanizador 296 y 692 en porcentaje	69
Figura 34. Resultados de la prueba de aceptabilidad para el color en porcentaje, tomando en cuenta las calificaciones de los panelistas	74
Figura 35. Resultados de la prueba de aceptabilidad para el sabor en porcentaje, tomando en cuenta las calificaciones de los panelistas	76
Figura 36. Resultados de la prueba de aceptabilidad para la textura en porcentaje, tomando en cuenta las calificaciones de los panelistas	78

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Los alimentos y la población

El paradigma dominante de la seguridad alimentaria mundial es que la humanidad va a necesitar aumentar la producción de cultivos hasta un 60 % para el año 2050 por la demanda mundial de alimentos (World Economic Forum, 2023), que estima que el aumento poblacional será de 2000 millones (Naciones Unidas, 2023). Para la producción mundial de alimentos, se destina el 70% del consumo de agua (Banco Mundial, 2020), 38 % de la superficie terrestre (FAO, 2020^a), generando el 25 % de los gases de efecto invernadero (GEI) (World Economic Forum, 2023). Sin embargo, una parte de esta producción se pierde en toda la cadena de suministro, dicho desperdicio de alimentos a nivel mundial oscila los 1,05 billones de toneladas de alimentos (UNEP, 2024), generando alrededor de 8-10% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) (FAO, 2020^b) (UNEP, 2024). En México dicha pérdida es de 330 millones de toneladas de alimentos al año (IPADE Business school, 2023) y las emisiones de dicha pérdida son de 36 millones de toneladas de CO₂ al año (IPADE Business school, 2023)

1.2. Descripción del problema

Además, en nuestro país se presentan problemas de salud que están relacionados a la alimentación pues: 1.3 millones de niños a nivel nacional padecen desnutrición y al mismo tiempo 37.3% de niños de 5 a 11 años presenta sobrepeso, 41.1% en adolescentes de 12 a 19 años, 75.2% en personas mayores de 20 años presentan sobrepeso y obesidad y el 85% en adultos de 40 a 60 años con sobrepeso y obesidad también (INSP, 2023)

Parte de todos estos problemas se debe a el alto consumo que se tiene de alimentos industrializados y bebidas azucaradas, como los refrescos, que bien tienen una gran cantidad de calorías y pocos nutrientes. El aumento en su consumo se puede atribuir a que son de fácil acceso y de un bajo costo. Éstos, desplazan a la dieta tradicional, distinguida por ser variada, equilibrada y a la vez rica en nutrientes además de que es basada en frutas, hortalizas, cereales

e incluso insectos (Gomez & Velázquez, 2019).

1.3. Justificación

Una de las nuevas maneras de producción de alimentos pero a la vez que mejore la alimentación es el recurrir a los insectos ya sea como comida para los humanos y como alimento en el caso de animales domésticos pues se tiene información de que en el mundo se comen cerca de 2,000 especies de insectos (Van Huis, 2015).

En general, el aporte de proteínas de los insectos es semejante al de la carne pese a que sí, tiene más ácidos grasos poliinsaturados, también son más ricos que la carne en cuestión de minerales como el hierro y el zinc (Van Huis, 2015).

Otro de los grandes beneficios de los insectos es que el área que se necesita para producir 1 kg de proteína es 10 veces menor que la que se requiere para el caso de 1 kg de proteína de ganado, además para obtener 1 kg de carne se emplean 25 kg de alimento para ganado, cuando para lograr 1 kg de grillos por poner un ejemplo se necesitan de sólo 2.1 kg de alimento.

Por lo anterior la finalidad del presente proyecto de investigación es la elaboración de un empanizador a base de nopal, amaranto y ahuate (huevo de la chinche de agua) que aporte mayor cantidad de nutrientes a la dieta de una manera más novedosa y que además coadyuve a una alimentación más sana afrontando así los problemas de obesidad y desnutrición presentes en el país.

2. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

2.1. Consumo de Insectos

2.1.1. Consumo de Insectos en el mundo

La entomofagia es el consumo de insectos por los seres humanos. Ésta es practicada en muchos países alrededor del mundo, pero principalmente en regiones de Asia, África y América Latina. La ingesta de insectos sirve como un complemento para la dieta de aproximadamente 2,000 millones de personas y es una costumbre que siempre ha estado presente en la alimentación de los seres humanos (Halloran & Vantomme, 2013).

Alrededor del mundo se consumen más de 1,700 especies de insectos. Sin embargo, esta cantidad va aumentando conforme surgen nuevos estudios en este ámbito: La mayoría de éstas especies son recogidas de su hábitat natural (Halloran & Vantomme, 2013).

El consumo de insectos en el mundo abarca todos los cinco continentes, teniendo una mayor concentración en las zonas de los trópicos. Y aunque pudiese pensarse que no, se tienen consumo en el Primer Mundo (E.U.A y Europa) así como en un área reducida y fría como lo es Alaska (Ramos-Elorduy, 2004).

En la Figura 1 podemos ver la distribución de los insectos que se consumen alrededor del mundo.

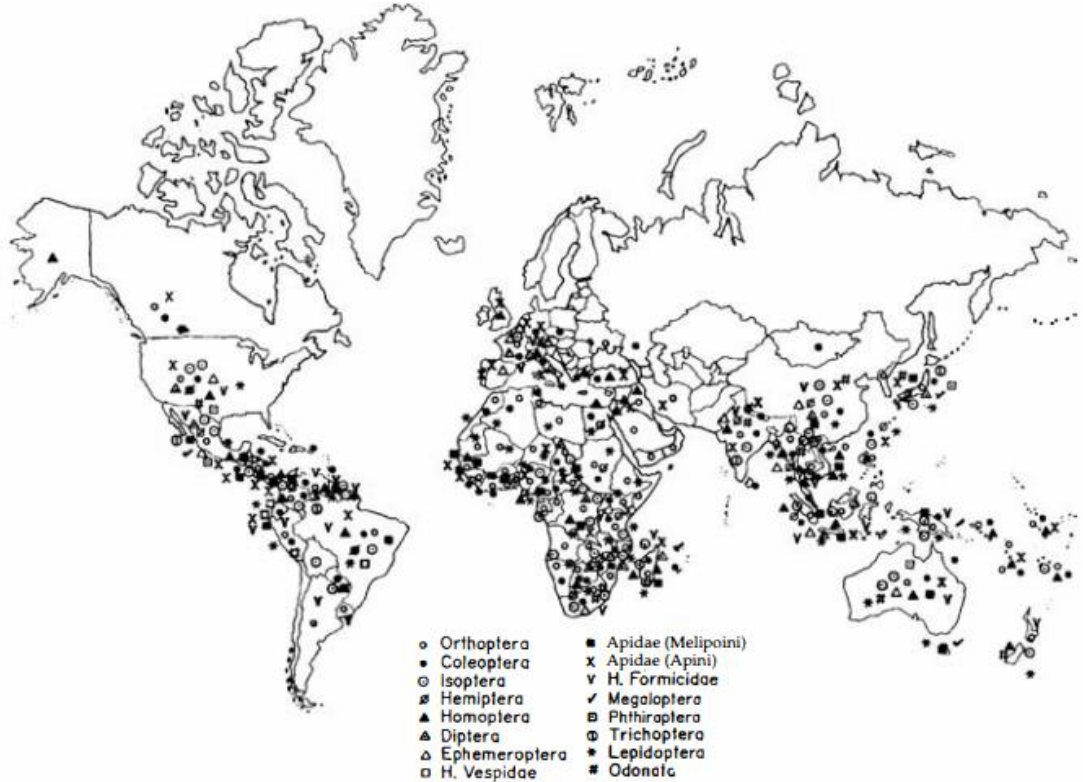


Figura 1. Distribución geográfica de los insectos comestibles del mundo

Nota. Reproducido de *La Etnoentomología en la Alimentación, la Medicina y el Reciclaje*, (p.346), por Ramos-Elorduy, J., 2004, UNAM.

La tradición entomofágica está presente en todos los continentes así en:

América: Se da tanto en la zona del norte centro y sur del continente con diversos grupos que practican el consumo de insectos. Entre otro, en Estados Unidos y Canada hay consumo de hormigas mieleras, grillos y escarabajos; en México las cucarachas de agua, gusanos, chapulines, hormigas, chinches de agua, jumiles, así como las larvas y pupas de escarabajos; en la parte sur del continente las larvas de escarabajo y las hormigas culonas, así como varios tipos de insectos en la zona del Amazonas. (Ramos-Elordouy, 2015).

Asia: Dentro de sus platillos favoritos de todo el continente asiático se encuentran los gusanos de seda, igual que las hormigas negras, los gusanos de bambú, las langostas de tierra,

las chinches rojas; así como las larvas, pupas y adultos de escarabajos. Las abejas tienen su consumo en Ceilán y los grillos y diversos insectos acuáticos en Tailandia. (Ramos-Elordouy, 2015).

África: En la parte norte del continente se tiene consumo de las larvas de mariposa o de la polilla imperial, así como de termitas y hormigas aladas; en la zona de Arabia chinches de agua y langostas, así como las larvas, pupas y adultos de escarabajos, entre otros muchos. (Ramos-Elordouy, 2015).

Europa: Se tiene presencia de consumo de hormigas en Francia y de grillos procesados en varios países europeos. (Ramos-Elordouy, 2015).

Oceanía: Mayor consumo de las hormigas de azúcar o mieleras, las hormigas tejedoras y las larvas, pupas y adultos de gran variedad de escarabajos. (Ramos-Elordouy, 2015).

En la Tabla 1 podemos constatar la presencia del consumo de insectos en los cinco continentes y el número de especies y países

Tabla 2. Insectos comestibles registrados para el mundo y número de países que los consumen.

Continente	Número de especies	Número de países con entomofagia
África	504	35
América	699	23
Asia	349	18
Oceanía	152	14
Europa	41	12
Mundo	1745	102

Nota. Reproducida de *Los insectos como alimento humano: Breve ensayo sobre la entomofagia, con especial referencia a México*, (p.81), por Ramos-Elordouy, & Viejo Montesinos ., 2007, Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Biol.

2.1.2. Consumo de Insectos en México

La SADER (2018) afirma que: “En la actualidad, México cuenta con 549 especies comestibles”; de éstas el 83% son terrestres y el 17% acuáticas. Así mismo, el 55.79% de ellas se consume en estado inmaduro (huevecillos, larvas, pupas, ninfas), y el 44.21% en estado adulto, aunque también hay especies que se pueden consumir en cualquier estado de desarrollo. (Ramos-Elorduy, 2004)

Estos son nutritivos y saludables, poseen una gran cantidad de grasas, proteínas, vitaminas, fibras y minerales e incluso resultan ser mejor que las propias carnes de res, puerco y pollo.

Dentro de la República Mexicana, los principales estados productores y consumidores son los del centro, sur y sureste. Algunos ejemplos de insectos son: los pulgones, escarabajos, mariposas, moscas, chapilines, gusanos de maguey, jumiles y escamoles; cabe mencionar que algunos de éstos insectos son exóticos. (SADER, 2018). Estos pueden verse de la Figura 2 a la Figura 12.

En la figura 2 se presenta la Distribución de los Orthoptera comestibles en México.



Figura 1. Distribución geográfica de los Orthoptera comestibles en México.

Nota. El mapa representa los estados en donde se consumen insectos como chapulines, langostas o saltamontes. Reproducido de La Etnoentomología en la Alimentación, la Medicina y el Reciclaje, (p.339), por Ramos-Elorduy, 2004, UNAM.

En la Figura 3 se presenta la Distribución de los Hemiptera comestibles en México.



Figura 2. Distribución geográfica de los Hemiptera comestibles en México.

Nota. El mapa representa los estados en donde se consumen insectos como chinches, jumiles. Reproducido de *La Etnoentomología en la Alimentación, la Medicina y el Reciclaje*, (p.340), por Ramos-Elorduy, 2004, UNAM.

En la figura 4 se presenta la Distribución geográfica de los Homoptera comestibles en México.



Figura 3 Distribución geográfica de los Homoptera comestibles en México

Nota. El mapa representa los estados en donde se consumen insectos como cigarras y membrácidos. Reproducido de *La Etnoentomología en la Alimentación, la Medicina y el Reciclaje*, (p.340), por Ramos-Elorduy, 2004, UNAM.

En la figura 5 se presenta la distribución geográfica de los Coleoptera comestibles en México.



Figura 4 Distribución geográfica de los Coleoptera comestibles en México.

Nota. El mapa representa los estados en donde se consumen insectos como escarabajos. Reproducido de *La Etnoentomología en la Alimentación, la Medicina y el Reciclaje*, (p.341), por Ramos-Elorduy, 2004, UNAM.

En la figura 6 se presenta la Distribución geográfica de los Lepidóptera comestibles en México.



Figura 5 Distribución geográfica de los Lepidóptera comestibles en México.

Nota. El mapa representa los estados en donde se consumen insectos como mariposas. Reproducido de *La Etnoentomología en la Alimentación, la Medicina y el Reciclaje*, (p.341), por Ramos-Elorduy, 2004, UNAM.

En la Figura 7 se muestra la Distribución geográfica de los Diptera comestibles en México.



Figura 7 Distribución geográfica de los Diptera comestibles en México.

Nota. El mapa representa los estados en donde se consumen insectos como moscas y mosquitos. Reproducido de *La Etnoentomología en la Alimentación, la Medicina y el Reciclaje*, (p.342), por Ramos-Elorduy, 2004, UNAM.

La Figura 8 muestra la Distribución geográfica de los Hymenoptera (Apidae) comestibles en México.

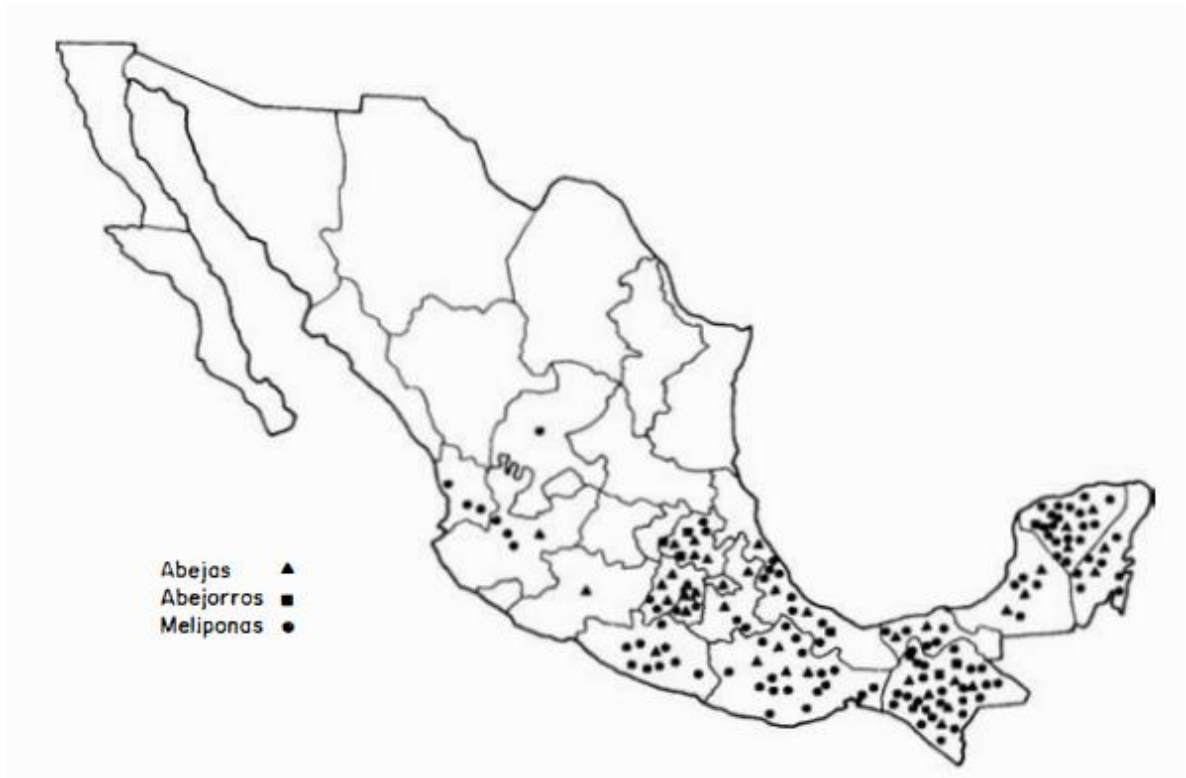


Figura 6 Distribución geográfica de los Hymenoptera (Apidae) comestibles en México.

Nota. El mapa representa los estados en donde se consumen insectos como abejas melíferas, abejorros y abejas sin aguijón. Reproducido de *La Etnoentomología en la Alimentación, la Medicina y el Reciclaje*, (p.342), por Ramos-Elorduy, 2004, UNAM.

La Figura 9 presenta la Distribución geográfica de los Hymenoptera (Meliponini) comestibles en México.



Figura 9 Distribución geográfica de los Hymenoptera (Meliponini) comestibles en México.

Nota. El mapa representa los estados en donde se consumen insectos como abejas sin aguijón. Reproducido de *La Etnoentomología en la Alimentación, la Medicina y el Reciclaje*, (p.343), por Ramos-Elorduy, 2004, UNAM.

La Figura 10 representa la Distribución geográfica de los Hymenoptera (Vespidae) comestibles en México.



Figura 7 Distribución geográfica de los Hymenoptera (Vespidae) comestibles en México.

Nota. El mapa representa los estados en donde se consumen insectos como avispas. Reproducido de *La Etnoentomología en la Alimentación, la Medicina y el Reciclaje*, (p.343), por Ramos-Elordurdy., 2004, UNAM.

La Figura 11 presenta la Distribución geográfica de los Hymenoptera (Formicidae) comestibles en México.



Figura 8 Distribución geográfica de los Hymenoptera (Formicidae) comestibles en México.

Nota. El mapa representa los estados en donde se consumen insectos como hormigas. Reproducido de *La Etnoentomología en la Alimentación, la Medicina y el Reciclaje*, (p.344), por Ramos-Elorduy, 2004, UNAM.

La Figura 12 Distribución geográfica estudiada de los insectos comestibles de los órdenes *Anoplura*, *Ephemeroptera*, *Odonata*, *Megaloptera* y *Trichoptera*.

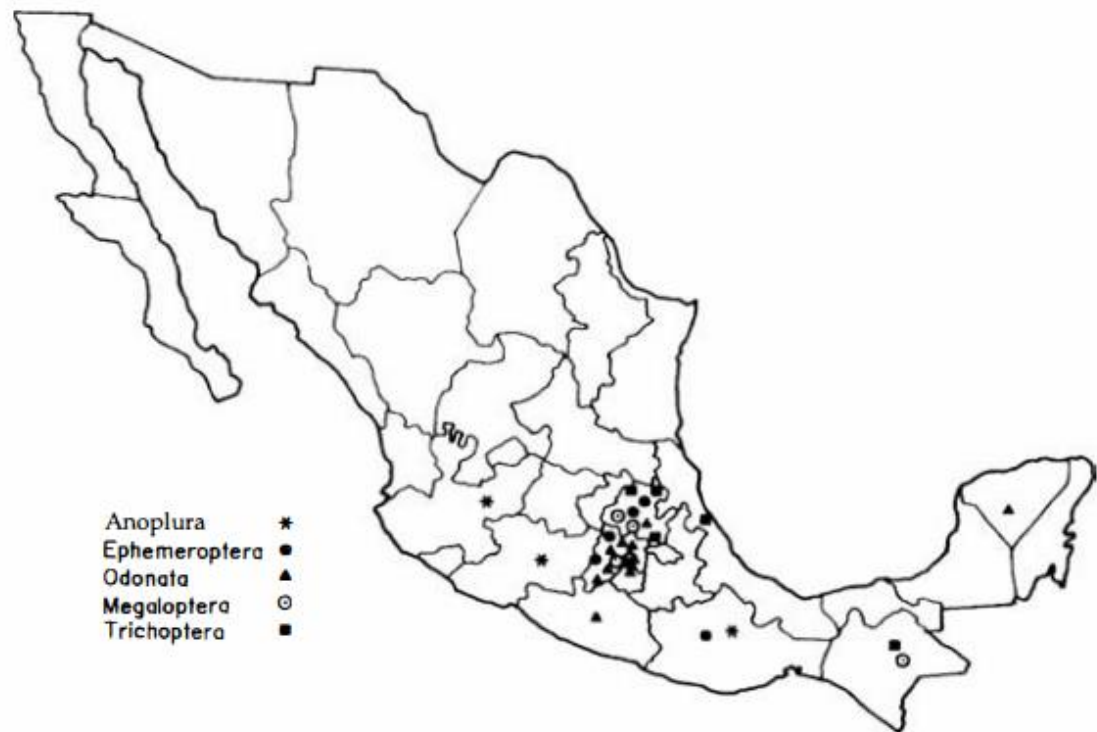


Figura 9 Distribución geográfica estudiada de los insectos comestibles de los órdenes *Anoplura*, *Ephemeroptera*, *Odonata*, *Megaloptera* y *Trichoptera*.

Nota. El mapa representa los estados en donde se consumen insectos de los órdenes *Anoplura* (piojos), *Ephemeropteros* (moscas de mayo), *Odonata* (libélulas), *Megaloptera* (patudos), *Thricoptera* (cargapalitos). Reproducido de *La Etnoentomología en la Alimentación, la Medicina y el Reciclaje*, (p.344), por Ramos-Elorduy, 2004, UNAM.

2.1.3. Beneficios ambientales

- Los insectos pueden convertir 2 kg de alimento en 1kg de masa de insecto, mientras que en el caso del ganado requiere de 8 kg de alimento para producir 1 kg de masa.
- Los gases de efecto invernadero producidos por los insectos son menores a los del ganado. Los cerdos, por poner un ejemplo, producen entre 10 y 100 veces más gases de efecto invernadero por kilogramo de peso.
- Los insectos pueden alimentarse de residuos biológicos como los de origen alimentario, humano, abono y estiércol, transformando estos en proteínas de alta calidad, que a su vez pueden ser destinados como piensos.
- Los insectos utilizan menos cantidad de agua que el ganado. Los gusanos de la harina, por ejemplo pueden resistir más fácilmente una sequía comparado con el ganado.
- La cría de insectos utiliza menos cantidad de tierra que la actividad ganadera. (Halloran & Vantomme, 2013)

2.1.4. Beneficios para la salud

- Los insectos proporcionan proteínas y nutrientes de muy buena y alta calidad si se comparan con las de la carne y el pescado. Es por ello que pueden ser un complemento alimenticio para los niños desnutridos, esto porque la mayor parte de las especies de insectos contienen grandes cantidades de ácidos grasos (comparables con el pescado). También son ricos en fibra y micronutrientes como cobre, hierro, magnesio, fósforo, manganeso, selenio y zinc. (Halloran & Vantomme, 2013)
- Los insectos y productos derivados de ellos han sido usados con fines medicinales por civilizaciones de todo el mundo. Éstos contienen propiedades inmunológicas, analgésicas, antibacteriales, diuréticas y anestésicas en el cuerpo humano. (Rajkhowa et al., 2016)
- Los insectos tienen menor riesgo de transmitir enfermedades zoonóticas (enfermedades que se transmiten de un animal a una persona) como pueden ser el caso de la H1N1 (gripe aviar) y la EEB (enfermedad de las vacas locas). (Halloran & Vantomme, 2013)

2.1.5. Beneficios para el medio social y los medios de vida

- Los insectos pueden recogerse directamente de su medio. A penas se necesitan medios técnicos o inversiones para adquirir equipos básicos de cría y recolección.
- El sector más pobre de la sociedad, pueden encargarse de su recolección, de su cultivo, de su procesamiento y de su venta. Estas actividades repercuten en una mejora en su dieta y en ingresos extra derivados de la venta.
- La recolección y la cría de los insectos puede generar oportunidades empresariales en las economías desarrolladas, en fase de transición y en desarrollo.
- Los insectos pueden procesarse y servir de alimento para personas y animales. Claro hay especies que pueden consumirse enteras. Los insectos pueden convertirse en productos más elaborados como una pasta o molerse para hacer harina, y también pueden extraerse sus proteínas. (Halloran & Vantomme, 2013)

2.1.6. Empresas de producción, transformación, empaque y distribución

Cada año van surgiendo nuevas empresas ya se de producción, de transformación, empaque y distribución relacionadas a los insectos, esto dado el interés que este tema despierta en diferentes personas que no sólo se preocupan sino que también se ocupan del futuro de nuestra alimentación. (Ramos-Elorduy, 2015)

En la Tabla 2 se hace notar la presencia de varias empresas alrededor del mundo que utilizan insectos desde el sector primario hasta el terciario.

Tabla 2 Empresas alrededor del mundo que se dedican a la producción, transformación, empaque y distribución de insectos.

Empresa	Giro	Contacto
Norteamérica NEXT	Criadores de grillos y	www.nextmillenniumfarms.com

Empresa	Giro	Contacto
MILLENNIUM FARMS	gusanos de la harina; producción, empaque y comercio de insectos para humanos y como forraje.	
ALL THINGS BUGS	Mayorista de grillos pulverizados.	www.allthingsbugs.com
ENTO MARKET	Comercializadora de insectos comestibles, muchas marcas y productos desde grillos pulverizados hasta ropa.	www.entomarket.com
DON BUGITO	Grillos y gusanos en diversas presentaciones y empaques	www.donbugito.com
CHAPUL	Barras de proteína con varios sabores	www.chapul.com
BITTY FOODS	Galletas con grillos pulverizados	www.bitty.myshopify.com
SIX FOODS-CHIRPS	Tostadas hechas a base de frijoles, maíz, chía y grillos pulverizados.	www.sixfoods.com
HOTLIX	Grillos, larvas y alacranes(arácnidos), en chocolate y en paletas de caramelo	www.hotlix.com
EXO	Barras de proteína en diferentes sabores con grillos pulverizados	www.exoprotein.com
HOPPER	Fabricantes de granola, mezcla de cereales y grillos pulverizados.	www.hopperatx.com
Latinoamérica		
INALIM	Saltamontes(chapulines) en diversas presentaciones	www.inalim.com.mx
COMPAÑÍA DE SALES	Sal con insectos y otros condimentos	www.facebook.com/compañíadesales
SAL DE AQUÍ	Sal con insectos y otros condimentos	www.coolhubtermx.com/cdesales www.salde aqui.com.mx
SAL GRAN MITLA	Sal con insectos y otros condimentos	www.granmitla.com
Europa		

Empresa	Giro	Contacto
ENTOWAREHOUSE	Comercializadora mayorista de las marcas más reconocidas.	www.facebook.com/entowarehouse/
INSECTÉO	Grillos, gusanos, alacranes y hormigas	www.insecteo.com
GREEN KOW	Pastas dulces y saladas elaboradas con larvas del escarabajo de la harina.	www.greenkow.be
SEXY FOODS	Gran variedad de insectos enlatados, dulces y salados.	www.sexyfood.fr
DELIBUGS	Larvas de escarabajo, langostas, grillos, escorpiones (arácnidos). Al natural, salados y dulces	www.delibugs.nl
GRUB	Variedad de insectos para botana y postre.	www.eatgrub.co.uk
JIMINI'S	Amplia gama de insectos y productos	www.jiminis.com
GOFFARD SISTERS	Pastas comestibles fortificadas con harina de insectos	www.goffardsisters.com
DAMHERT	En su línea insecta ofrece hamburguesas, Nuggets y chuletas sin carne, con un alto porcentaje de insectos en su contenido.	www.damhert.be
JUNGLE BARS	Firma islandesa que ofrece barras energéticas a base de harina de grillos combinada con dátiles y otros productos.	www.junglebar.co
BUSH GRUB	Gran variedad de insectos con cubiertas de chocolate, coco y caramelo; insectos empacados para botana y golosina.	www.bush-grub.co.uk
BUGS ORIGINAL	Amplia gama de	www.bugsoriginals.nl

Empresa	Giro	Contacto
INSECTABLE	insectos y productos. Insectos para cocinar y condimentados, en varias presentaciones.	www.insectable.nl
SNACK INSECTS	Una gran variedad de insectos y presentaciones como botana o golosina.	www.snackinsects.com
Asia y Oceanía		
THAILAND UNIQUE	Todo tipo de insectos en gran variedad de presentaciones y empaques, para cocinar y procesar o venta final.	www.thailandunique.com
BIZARRE FOOD	Mayorista con un enorme catálogo de insectos, al natural, condimentados, dulces.	www.bizarrefood.com
CRAWLERS	Comestibles y otras mercancías con base en insectos.	www.crawlers.co.nz
EDIBLE BUG SHOP	Variedad de insectos y presentaciones, con mercancías relacionadas con la entomofagia.	www.ediblebugshop.com.au

Nota. Adaptado de *El futuro de la alimentación*, (p.188-189) en *Acridofagia y otros insectos*, por Ramos-Elorduy, 2015, Trilce Ediciones.

2.2. Ahuautle (huevo)

Desde tiempos antiguos se usaban diversos insectos típicos de México como fuente de alimento, de entre ellos se puede mencionar al “Ahuautle” o “Aguauacle”, nombre náhuatl que se forma de Ahuautli: atl-agua y huautli-semilla de la alegría, nombre que se le dio a los huevecillos de unos chinches de agua de la familia *Corixidae (Hemiptera)* (Contreras Rivero & Navarrete Salgado, 2012).

El nombre de axayácatl o axaxayacatl, proviene de a-xayacatl: atl- agua y xayacatl- cara, rostro, les fue aplicado a dichos insectos por los mismos aztecas. Estos pequeños insectos ovopositan todos sus huevecillos ya sea en pasto, plantas de tule, rocas o en cualquier sustrato que se encuentre bajo la sombra para posteriormente ser extraídos por la gente, que los coloca al sol para secarse. (Contreras Rivero & Navarrete Salgado, 2012).

Estos huevecillos e insectos extraídos principalmente del lago de Texcoco eran reconocidos como todo un manjar, por lo que eran traídos a la capital por corredores para poder servirse frescos en el desayuno del emperador. Su importancia era tan grande que al final de cada siglo azteca (cuya duración era de 52 años), el ahuautil se empleaba en las ceremonias en honor del dios Xiuhtecuhtli, dios del Fuego Nuevo, que iluminaría los tiempos venideros. En dichas ceremonias se hacían sacrificios humanos en los que al inmolado se le extraía el corazón, se encendía fuego sobre su pecho y se rociaba con huevecillos de coríxidos.(Contreras Rivero & Navarrete Salgado, 2012).

Estos insectos son consumidos tanto por aves, peces, tortugas, murciélagos y humanos. Aportan una muy buena cantidad de proteínas (su contenido proteínico es de 70 y 80 %), por lo que, junto a las cianobacterias, el alga espirulina y otras especies de insectos se les considera como los alimentos de futuro. (Contreras Rivero & Navarrete Salgado, 2012).

En lo largo de la República Mexicana se han identificado poco más de cincuenta especies; de éstas especies sólo seis son las que pertenecen al llamado “ahuautil” o caviar mexicano (*Corisella edulis*, *C. mercenaria*, *C. tarsalis*, *Krizousacorixa femorata*, *K. azteca* y *Notonecta unifasciata*, ésta última perteneciente a la familia *Notonectidae*). (Contreras Rivero & Navarrete Salgado, 2012).

En la Figura 13 Se presenta el insecto *Axayácatl* (*Corixido* y *Notonectido*)



Figura 10 Insecto Axayácatl (*Corixido* y *Notonectido*)

Nota. Adaptado de *Hemiptera (Corixidae)* y *Chinche de agua Notonecta unifasciata* por The Spencer Entomological Museum & CONABIO.

**Del lado izquierdo se observa un ejemplar de Corisella tarsalis (Corixido) y del lado derecho un Notonecta unifasciata (Notonectido); ambos conocidos por sus huevos(ahuahutle).*

En la Figura 14 se presentan los huevecillos del ahuautle depositados sobre material vegetal



Figura 11 Huevecillos del ahuautle depositados sobre material vegetal

Nota. Reproducido de *Sobre el axayácatl y el ahuautle (caviar mexicano)*, (p.31), por

2.2.1. Consumo

El consumo tanto del ahuate y el axayácatl es parte de la cultura gastronómica del país dándose principalmente en la zona centro.

En la tabla 3 se puede visualizar los estados y los municipios en los que se tiene presencia el consumo del ahuate y el axayácatl.

Tabla 3 Estados y municipios de Consumo del Ahuate y el axayácatl en México.

Lugar de consumo			
CHIAPAS			
• Tenejapa			
ESTADO DE MÉXICO			
• Texcoco	• Tlalchaloya	• Atlacomulco	• Ecatepec
• Laguna de Zumpango	• Toluca	• Cuautitlán	• Santa Isabel Ixtapa
CDMX			
• Milpa Alta			
HIDALGO			
• Tecocomulco			
GUANAJUATO			
• Valle de Santiago			
MICHOACÁN			
• Lago de Cuitzeo			
OAXACA			
• Juchitán			
QUERÉTARO			
• Querétaro			
TLAXCALA			
• Atlangatepec			

Nota. Adaptado de *Entomofagia*, (p.105) en *Acridofagia y otros insectos*, por Ramos-Elorduy, J., 2015, Trilce Ediciones.

2.2.2. Valor nutritivo

Si bien es bien sabido que los insectos son ricos en proteínas y en el caso del ahuate no es la excepción esto debido a su procedencia. En la tabla 4 podemos ver el contenido proteico de éste comparado con el axayácatl.

La cantidad de proteínas es importante, pero de eso ¿qué tanto es digestible?, bien pues en pruebas in vitro el ahuate presenta una cifra de 89.34% de digestibilidad. (Ramos Elorduy et al., 1998)

Tabla 4 Contenido proteico del ahuate y el axayácatl

	(Base seca) g/100 g de muestra				
	Proteínas	Extracto etéreo	Sales minerales	Fibra cruda	Extracto libre de nitrógeno.
Ahuate	56.55	4.43	21.0	10.46	8.23
Axayácatl	62.80	9.67	8.84	9.41	2.47

Nota. Adaptado de *Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo*, (p.82), por Ramos Elorduy et al., 1998, Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología.

En cuanto a si la proteína es buena o no, la calidad de las proteínas en relación con la cantidad de los aminoácidos esenciales que contienen, permite concluir que la calidad es buena y en el caso del ahuate podemos constatar que tiene mayor cantidad de aminoácidos esenciales comparado con el axayácatl. La prueba de ello está en la Tabla 5.

Tabla 5. Contenido de aminoácidos esenciales (mg ácido amino/g proteína cruda) del ahuate y el axayácatl

	Ile	Leu	Lis	Met	Cis	SAA	Phe	Tyr	AAA	Thr	Trp	Val	Arg	His	Limitante	Total esenciales
Ahuautle	50	80	35	15	-	-	34	111	145	40	11	60	77	33	Lys	60
Axayácatl	59	80	43	16	-	-	32	45	77	44	16	55	55	24	Lys	74

Nota. Adaptado de *The nutritional value of edible insects*, (p.300), por Bukkens, 1997 , Ecology of Food and Nutrition.

*Los aminoácidos son abreviados: *Ile.:* Isoleucina, *Leu.:* Leucina, *Lis.:* Lisina, *Met.:* Metionina, *Cis.:* Cisteina, *SAA.:* Azufrados, *Phe.:* Fenilalanina, *Tyr.:* Tirosina, *AAA.:* Aromáticos, *Thr.:* Treonina, *Trp.:* Triptofano, *Val.:* Valina, *Arg.:* Arginina, *His.:* Histidina.

El grado de energía que proporciona su ingestión contribuye en el contenido energético de la ración, permitiendo así la asimilación de las proteínas. En la tabla 6 se percibe el contenido calórico proporcionado.

Tabla 6. Contenido calórico del ahuate y el axayácatl

Especie	Kcal/100 g
Ahuautle	328.99
Axayácatl	346.73

Nota. Adaptado de *Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo*, (p.85), por Ramos Elorduy et al., 1998, Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología.

Por otro lado, los minerales bien pueden ser elementos inorgánicos indispensables debido a que el organismo no los sintetiza. Estos participan en muchas funciones metabólicas, construyen, activan, regulan, transmiten y/o controlan diversas reacciones, incluso algunos minerales pueden funcionar como macromoléculas, por mencionar algunos, el hierro en la hemoglobina, el zinc en la insulina, etc. Además, constituyen una pequeña proporción de los tejidos corporales (4%). (Ramos-Elorduy & Pino-Moreno, 2001)

Por las funciones que desempeñan y las formas y concentraciones que se requieren algunos autores los clasifican en tres grupos: macronutrientes (calcio, fósforo, potasio, sodio, magnesio, cloro y azufre), micronutrientes (hierro, cobre, yodo, manganeso, cobalto, zinc y molibdeno) y ultra micronutrientes (flúor, aluminio, boro, selenio, cadmio, litio, cromo). (Ramos-Elorduy & Pino-Moreno, 2001)

En el caso del ahuate y el axayácatl podemos encontrar diversos minerales mostrados en la Tabla 7.

Tabla 7. Contenido de minerales del ahuate y el axayácatl en g/100 g

	Sales Minerales	Sodio	Potasio	Calcio	Zinc	Hierro	Magnesio
Ahuate	7.73	0.969	0.196	0.440	0.042	0.130	2.560
Axayácatl	12.43	3.757	3.321	0.104	0.056	0.033	0.968

Nota. Adaptado de *Determinación de minerales en algunos insectos comestibles de México.*, (p.23), por Ramos-elorduy, J., Muñoz, J., & Pino, J. M., 1998, Revista de la Sociedad Química de México.

Cuestión vitaminas pasa lo mismo ya que nuestro cuerpo no las sintetiza y de igual manera están involucradas en procesos metabólicos.

Las vitaminas se dividen en dos grupos; las liposolubles (A,D, E y K), hidrosolubles, como las vitaminas C y las del grupo B. (Ramos-Elorduy & Pino-Moreno, 2001)

En cuanto a la cantidad de vitaminas del ahuate y el axayácatl tenemos presencia de vitaminas del complejo B, las cantidades específicas se ven en la Tabla 8.

Tabla 8. Contenido de vitaminas A, C, D, tiamina, riboflavina y niacina del ahuate y el axayácatl

	A (U.I./100 g)	C (mg/100 g)	D (U.I./100 g)	Tiamina (mg/100g)	Riboflavina (mg/100)	Niacina (mg/100g)
Ahuautle	-	-	-	0.41	0.81	2.64
Axayácatl	-	-	-	1.01	0.76	4.14

Nota. Adaptado de *Contenido de vitaminas de algunos insectos comestibles de México.*, (p.71), por Ramos-Elorduy. J & Pino-Moreno, 2001, Revista de la Sociedad Química de México.

2.2.3. Características del ahuate.

Los huevos del ahuate llegan a tener una coloración amarillenta, en cuestión de tamaño si puede variar dependiendo de la especie de la que provenga, así podemos observar que:

Corisella edulis: Sus huevos tienen una longitud total 1,27 mm.; longitud micropilo 0.12 mm.; longitud del tallo 0.07 mm.; diámetro 0.72 mm. Color amarillento pálido bronceado; forma ovalada alargada. (Hungerford, 1948)

Krizousacorixa femorata: Longitud total 0.86 mm.; longitud de micropilo 0.06 mm.; longitud del tallo 0.09 mm.; diámetro 0.36 mm. Color amarillento bronceado; forma ovalada alargada; superficie minuciosamente picada o esculpida.(Hungerford, 1948)

Krizousacorixa azteca: Longitud total 0.65 mm.; longitud de micropilo 0.06 mm.; longitud del tallo 0.03 mm.; Diámetro 0.40 mm. Color amarillento bronceado; forma alargada ovalada; Superficie minuciosamente punteada. (Hungerford, 1948)

En la figura 15 podemos visualizar algunos tipos de ahuate provenientes de diversos axayácatl.

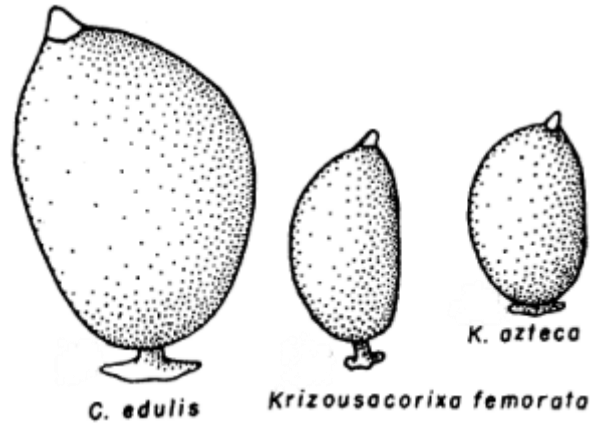


Figura 12. Ahuautle proveniente de diversos axayácatl

Nota. Adaptado de *The Eggs of Corixidae (Hemiptera)*, (p.143 y 145), por Hungerford, 1948, Journal of the Kansas Entomological Society.

2.3. Nopal

El continente Americano contiene especies nativas entre ellas las cactáceas, en específico la zona de la América Tropical.

El nopal es una suculenta que mide entre 1.5 y los 3 metros de altura. Los tallos (cladodios o palas) son de color verde grisáceo y de una forma aplanada. Las flores son de color amarillo y los frutos varían entre el rojo, amarillo, verde y púrpura y estos contienen pequeñas semillas que se consumen junto con el fruto. La planta se reproduce mediante semillas, pero también de forma vegetativa a partir de los tallos desprendidos. (FAO, s/f)

Los nopales conforman el grupo vegetal con más especies y una gran distribución de cactus; algunos especialistas los dividen en dos grupos: *Opuntia* y *Nopalea*. Aunque los tallos de ambos grupos son similares, las flores difieren en su forma. Las del *Opuntia* parecen copas con pétalos pequeños y los insectos se encargan de polinizarlas, las de *Nopalea* son elongadas y con pistilo y estambres largos y sobresalientes, y son polinizadas por los colibríes. (SEMARNAT, 2017)

De aproximadamente 200 especies de nopales, 101 (93 de *Opuntia* y ocho de *Nopalea*) viven en México. De las noventa y tres de *Opuntia*, sesenta y dos son endémicas y de las ocho especies de *Nopalea*, seis son endémicas. (SEMARNAT, 2017)

Su fruto es una baya de forma ovoide, cilíndrica, de diversos colores, con numerosos colchones de espinas distribuidos en tresbolillo, semillas de color variable.

Algunas especies se prestan más para la producción de fruta como el caso de: *Opuntia ficus-indica*, *O. hyptianantha*, *O. megacantha* y *O. streptacantha*. Otras especies son utilizadas para la producción de nopal verdura, como *O. robusta* y *O. leucotricha*, además de *O. ficus-indica*. Un gran número de especies puede utilizarse para producir forraje, entre ellas, *O. robusta* y *O. leucotricha*, además de *O. ficus-indica* y otra para producción de cochinilla. (Saenz et al., 2006)

En la figura 16 se pueden visualizar los cladodios de nopal con sus característicos frutos



Figura 13. Cladodios de nopal con frutos.

Nota. Adaptado de *Nopal, planta que documenta la historia de México*, por SEMARNAT, 2017 <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/nopales-previo?idiom=es>.

2.3.1. Condiciones climáticas

Las poblaciones silvestres del nopal habitan prácticamente en la mayoría de las condiciones ecológicas de nuestro país, con variaciones de precipitación y de temperatura bastante marcadas. Sus condiciones son las siguientes:

El rango óptimo de temperatura está entre los 16 °C y los 28 °C, con una temperatura máxima de 35 °C, fuera de la cual la brotación ya puede verse afectada. (INECC, 2007)

En cuanto a las bajas temperatura estas pueden afectar, pudiendo causar la muerte del cultivo, por lo que el soporte a temperaturas mínimas oscila de los 10 °C a 0 °C.

En lo que se refiere al nopal silvestre, del cual se aprovechan sus brotes tiernos para verdura, prospera con precipitaciones medias anuales de 150 mm a 800 mm, bien distribuidos a lo largo del año. En cuanto al nopal verdura cultivado, requiere de precipitaciones regulares o de sistemas de riego, con la finalidad de que se tenga una producción continua. (INECC, 2007)

Un factor que afecta al nopal es la humedad relativa; conforma aumenta, la planta se encuentra en condiciones menos propicias para su desarrollo y fructificación, además de que está más susceptible a las plagas y las enfermedades. Por el contrario si es demasiada baja, causa deshidratación en los tejidos de la planta. (INECC, 2007)

Se encontró que el factor responsable en la producción de nopal-verdura es la temperatura y no la humedad, y que se da un aumento en la producción asociado con el aumento en a temperatura y viceversa.

El nopal puede cultivarse de 800 a 1800 msnm, aunque también puede prosperar si no se encuentra fuera de éste rango.

2.3.2. Condiciones edáficas

Los nopales de desarrollan en suelos volcánicos pero también pueden prosperar bien en: suelos franco-arenosos, franco.arena-arcillosos y arenas francas; con un pH de 6.5 a 8.5.(INECC, 2007)

2.3.3. Producción

Se tiene una disponibilidad de nopal durante todo el año, aunque de marzo a junio se recolecta más de la mitad de la producción, es un producto que tiene un alto consumo en el país con un consumo anual per cápita de 6.3 kg y una gran producción en toda la república teniendo como entidad líder a Morelos que aporta el 31.6% de la producción nacional (SIAP, 2021).

En la tabla 9 se visualizan los principales productores de nopal en México.

Tabla 9. Principales estados productores de Nopal

Rank	Entidad federativa	Región	Volumen (Toneladas)	Variación (%) 2019-2020
1	Morelos	Centro	404,764	3.1
2	Ciudad de México	Centro	209,539	-8.0
3	México	Centro	84,647	-8.0
4	Puebla	Centro	31,770	3.0
5	Michoacán	Centro-Occidente	28,657	13.0
6	Jalisco	Centro-Occidente	22,789	-36.5
7	Aguascalientes	Centro-Occidente	21,069	-1.9
8	Zacatecas	Noreste	11,919	2.1
9	Tamaulipas	Noreste	11,658	3.6
10	Baja California	Noreste	9,664	-29.3
	Resto		26,257	-10.4

Nota. Adaptado de *Panorama Agroalimentario 2021* (p.110 y 111) por SIAP, 2021, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

2.3.4. Valor nutritivo

Agua: Los nopales tienen principalmente agua (90-95%), en sus frutos (80-87%).

Grasas y proteínas: Tiene muy poca grasa. Las semillas, que se consumen junto con el fruto, contienen un mayor contenido de aminoácidos.

Por un lado, destaca su contenido en **fibra soluble**, ésta le da una textura gelatinosa a la pulpa de las pencas y al fruto: pectina, arabinosa, ramnosa, xilosa y mucílago. Contiene también fibra insoluble, principalmente celulosa. (Carballido, 2022). En la tabla 10 se amplía más la información en cuanto a su contenido de fibra y proteína.

Tabla 10. Contenido proteico y de fibra en el nopal

	Contenido en 100 g de porción comestible				
	Proteína bruta (g)	Extracto etéreo (g)	Fibra bruta (g)	Fibra D.T. (g)	Fibra D. Insol.
Nopal	1.45	0.26	0.97	2.20	-

Nota. Adaptado de *Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios* (p.333) por Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2016, Departamento de Ciencia y Tecnología de los alimentos

Carbohidratos: Los frutos son más ricos en azúcares que el nopal verdura, aunque su aporte es muy bajo. El nopal contiene, fructosa, glucosa, galactosa y sacarosa. Por su bajo contenido en azúcares, este alimento está nutricionalmente indicado para dietas de diabéticos.

En la tabla 11 podemos divisar el contenido calórico de nopal, los carbohidratos y azúcares que contiene.

Tabla 11 Contenido calórico del nopal

	Contenido en 100 g de porción comestible				
	Energía (kJ)	Energía (kcal)	Humedad	Hidratos de carbono	Azúcares
Nopal	101.00	24.00	91.43	5.10	0.20

Nota. Adaptado de *Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios* (p.333) por Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2016, Departamento de Ciencia y Tecnología de los alimentos.

Vitaminas y minerales: Tiene una vasta cantidad de minerales como el fósforo, calcio, hierro, sodio, potasio por mencionar unos cuantos, los cuales pueden apreciarse por completo en la Tabla 12, y vitaminas como vitamina C, betacarotenos, riboflavina, niacina, tocoferol detallados en la Tabla 13. (Carballido, 2022)

Tabla 12. Contenido de minerales del nopal

	Contenido en 100 g de porción comestible										
	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Na(mg)	K(mg)	Mg(mg)	Cu(mg)	Zn(mg)	Mn(mg)	Se(mg)	Li(mg)
Nopal	93.00	23.50	2.34	21.00	257.00	52.00	0.05	0.25	0.46	0.00	-

Nota. Adaptado de *Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios* (p.333) por Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2016, Departamento de Ciencia y Tecnología de los alimentos.

Tabla 13. Contenido de vitaminas del nopal

	Contenido en 100 g de porción comestible												
	Vit. A (U.I.)	Vit. A (µg RAE)	Carot.(mg)	B-Carot(mg)	Vit. B1(mg)	Vit. B2(mg)	Niacina(mg)	Ac. Asc.(mg)	Vit. B6 (mg)	Vit. B12(µg)	Ac. Folico(µg)	Folato(µg DFE)	Vit. D
Nopal	443.00	22.00	-	0.24	0.01	0.04	0.30	5.30	0.07	0.00	0.00	3.00	0.00

Nota. Adaptado de *Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios* (p.333) por Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2016, Departamento de Ciencia y Tecnología de los alimentos.

Flavonoides: kaempferol, luteína, penduletina, quercetina, rutina.

Pigmentos: isobetanina, betanina, neobetanina, indicaxantina, opuntiaxantina. Estos componentes se extraen de la planta y se utilizan como colorantes. Por ejemplo, la betanina es el rojo remolacha.

Ácidos orgánicos: ácido aspártico, cítrico, galacturónico, psídico, quínico, málico, shikpimico, urónico.

2.3.5. Usos del Nopal

Productos de alimentación: Con los frutos se puede dar la elaboración de productos como mermeladas, néctar, jaleas etc. También se secan y se consumen como fruta seca.

Bebidas alcohólicas: Sus frutos también pueden emplearse en licorería y para producir aguardientes.

Planta medicinal: El nopal tiene usos medicinales en el tratamiento de enfermedades como la diabetes y el colesterol, debido a su contenido de saponinas. Consumido como verdura, es adecuado en dietas de adelgazamiento. La industria farmacéutica utiliza el mucílago (baba) para elaborar protectores gástricos y capsulas. (Masats, 2022)

Planta forrajera: Debido a que toda la planta es comestible, puede ser utilizado como alimento en cerdos, vacas, cabras y ovejas sobre todo en zonas áridas o semiáridas.

Conservación del suelo en zonas áridas: El nopal es una planta que protege el suelo de la erosión del viento y evita la desertificación en zonas con climas extremos de sequía y baja humedad. (Masats, 2022)

Sustrato para la producción de cochinilla: La cochinilla es una plaga habitual en ésta planta, sin embargo, puede utilizarse en la industria alimentaria e industria textil para producir colorante rojo.

Fines cosméticos: Existen y se comercializan productos cosméticos a base de nopal, desde jabones, champú, mascarillas, gel, etc.

Fabricación de plástico: Se puede hacer la fabricación de bioplástico, a partir de la extracción del mucílago del nopal. (Masats, 2022)

Adobe: El parénquima de las pencas se mezcla con el concreto o hormigón para aumentar la resistencia a la compresión y reducir la permeabilidad de la mezcla. Dando una técnica de bioconstrucción. (Masats, 2022)

2.4. Amaranto

El amaranto es una planta arbustiva anual que en su etapa madura puede alcanzar los 3 metros de altura o más (algunas variedades más bajas sólo pueden llegar a los 40 centímetros); es considerada una mala hierba en los valles interandinos de Sudamérica.

La familia de las amarantáceas comprende más de 60 géneros y aproximadamente 800 especies de plantas herbáceas anuales o perennes, de las cuales las que se destinan al comercio son las tres siguientes: *Amaranthus cruentus L.* y *Amaranthus hypochondriacus L.*, originarias de México y Guatemala; y la *Amaranthus caudatus L.*, nativa de Ecuador y Perú. (Masats, 2022)

El amaranto es una planta que tiene un rápido crecimiento y una fotosíntesis ultraeficiente. Además, requiere menos de las dos terceras partes de humedad que otras plantas, lo que la convierte en una planta muy valiosa en zonas donde la falta de agua limita la producción agrícola.

Su raíz principal es corta, mientras que las raíces secundarias son las que ramifican a más profundidad del suelo. Las raíces primarias llegan a tener consistencia leñosa y alcanza grandes dimensiones.

Su tallo es robusto, erecto, cilíndrico, succulento y fibroso. Cuando alcanza su madurez, el tallo se vuelve hueco en el interior. Tiene estrías gruesas en su exterior, y puede tener tonalidades que pueden ir de verdes, rojas, rosadas, cafés o púrpuras, dependiendo la variedad de la que se trate. (Masats, 2022)

En la base del tallo o a media altura de la planta, va a presentar ramificaciones que surgen de las axilas de las hojas. El número de ramificaciones va a depender de la densidad de plantas del cultivo.

Las hojas son pecioladas y compuestas, alternas, de forma romboide, elípticas u ovaladas. Las hojas pueden ser de un color verde-amarillo hasta un rojo intenso. El tamaño oscila entre

los 6.5 y 15 centímetros.

Las inflorescencias del amaranto son grandes, en forma de penícula que puede ser terminal o axilar. Pueden tener colores que difieren según la variedad desde un amarillo, naranja, café, rojo, rosado o hasta púrpura. La panícula mide entre 50 centímetros y 1 metro. (Masats, 2022)

La semilla es pequeña, esférica, lenticular, brillante y de color blanco, amarillento, doradas, rojas, rosadas o negras, según sea la variedad de planta. De un tamaño pequeño que va de 1 y 1.5 milímetros de diámetro. El número de semillas varía entre 1000 y 3000 por gramo. (Masats, 2022)

En la figura 17 podemos apreciar un cultivo de amaranto



Figura 14. Cultivo de Amaranto.

Nota. Reproducida de *AMARANTO: UNA ALEGRÍA PARA NUESTRA SALUD* por Bárbara de la Rosa, s/f <https://centrosconacyt.mx/objeto/amaranto/>

2.4.1. Condiciones climáticas

El amaranto, resiste muy bien entornos fríos. No tiene problemas en crecer en lugares con mucha humedad, ya sea porque la tierra no tiene un buen drenaje o porque llueve mucho.

Tiene una buena adaptación al clima, teniendo éxito tanto a nivel costero como en alta montaña. De hecho, también se debe destacar su resistencia a la sequía y a la salinidad. (Mula, 2014)

2.4.2. Condiciones edáficas

El amaranto tiene el beneficio de crecer en suelos que carecen de buena cantidad de materia orgánica; es decir pobres, y que por lo tanto no pueden considerarse fértiles.

Puede sembrarse directamente mediante semillero o almácigo. Sin embargo, si las condiciones climáticas son buenas, la siembra directa puede ser una opción, siempre y cuando el suelo esté húmedo para recibir a la semilla, o bien regarlo después de plantar. (Mula, 2014)

2.4.3. Producción

Las semillas, a penas más grandes que las de la mostaza, se producen en grandes cantidades. Representan el principal producto de la planta de amaranto, con las cuales se elaboran harinas cereales y dulces, teniendo un consumo anual per cápita de 43 g. (SIAP, 2021)

En México los principales estados productores pueden ser apreciados en la Tabla 14.

Tabla 14. Principales estados productores de amaranto

Rank	Entidad federativa	Región	Volumen (Toneladas)	Variación (%) 2019-2020
1	Puebla	Centro	3750	10.4
2	Tlaxcala	Centro	1268	5.9
3	México	Centro	336	-52.1
4	Ciudad de México	Centro	139	-0.7
5	Oaxaca	Sur-Sureste	123	18.4
6	Morelos	Centro	9	8.3

Nota. Adaptado de *Panorama Agroalimentario 2021*, (p.40 y 41) por SIAP, 2021, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

2.4.4. Valor nutritivo

Proteínas: El amaranto tiene un mayor contenido proteico comparado a otros cereales, cercano al 16% (entre 13 y 16%). Esto se debe a que contiene el aminoácido lisina, el cuál es deficitario en todos los cereales; y metionina, aminoácido limitante en las legumbres. Sin embargo, el amaranto es deficitario en triptófano, abundante tanto en lo cereales y legumbres. Por ello el amaranto combina perfectamente con cereales y legumbres y así complementar el valor biológico de sus proteínas. Además, el amaranto no contiene gluten, por lo que su grano y sus derivados son aptos para personas intolerantes al gluten (celíacos). (Carballido, 2021)

Fibra: Su contenido en fibra es mayor al de los cereales. Esto se debe a que la fibra se encuentra en la cubierta externa de la semilla, y al ser tan pequeñas, se ingieren más cantidad que en los demás granos. (Carballido, 2021)

La cantidad de proteínas y de fibra presente en el grano del amaranto pueden divisarse en la tabla 15.

Tabla 15. Contenido proteico del amaranto

Contenido en 100 g de porción comestible					
	Proteína bruta (g)	Extracto etéreo (g)	Fibra bruta (g)	Fibra D.T. (g)	Fibra D. Insol.
Amaranto	13.38	6.13	2.94	6.70	-

Nota. Adaptado de *Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios* (p.158) por Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2016 , Departamento de Ciencia y Tecnología de los alimentos

Carbohidratos: Son el componente con mayor presencia en el grano, constituyendo el 60% de éste.

Grasas: Es una buena fuente de grasas esenciales, y de la misma se extrae el aceite de amaranto. (Carballido, 2021)

Los carbohidratos y las grasas son las principales fuentes de energía y su presencia en el amaranto se puede avizorar en la Tabla 16.

Tabla 16. Contenido calórico del amaranto

Contenido en 100 g de porción comestible					
	Energía (kJ)	Energía (kcal)	Humedad	Hidratos de carbono	Azúcares
Amaranto	1540.0	366.0	9.0	65.50	1.69

Nota. Adaptado de *Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios* (p.158) por Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2016 , Departamento de Ciencia y Tecnología de los alimentos

Minerales: En comparación con otros cereales, el amaranto también es mucho más rico en minerales como el magnesio, zinc, y sobre todo, calcio y hierro (más incluso que la quinoa) (Carballido, 2021); éste hecho puede contemplarse en la Tabla 17.

Tabla 17. Contenido de minerales del amaranto

Contenido en 100 g de porción comestible											
	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Na(mg)	K(mg)	Mg(mg)	Cu(mg)	Zn(mg)	Mn(mg)	Se(mg)	Li(mg)
Amaranto	174.75	572.67	19.00	0.00	537.98	281.47	0.00	2.55	3.00	-	-

Nota. Adaptado de *Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios* (p.158) por Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2016 , Departamento de Ciencia y Tecnología de los alimentos

Vitaminas: Destaca por la presencia de la vitamina E (presente en el embrión), vitaminas del grupo B, especialmente vitamina B1 o tiamina, vitamina B2 o riboflavina, y vitamina B3 o niacina; importantes para la absorción de los carbohidratos del grano; e importantes de igual manera para el sistema nervioso. (Carballido, 2021)

El contenido de vitaminas puede observarse de mejor manera en la Tabla 18.

Tabla 18. Contenido de vitaminas del amaranto

Contenido en 100 g de porción comestible													
	Vit. A (U.I.)	Vit. A (µg RAE)	Carot.(mg)	B- Carot(mg)	Vit. B1(mg)	Vit. B2(mg)	Niacina(mg)	Ac. Asc.(mg)	Vit. B6 (mg)	Vit. B12(µg)	Ac. Folico(µg)	Folato(µg DFE)	Vit. D(µg)
Amaranto	2.00	0.00	-	-	0.12	0.20	0.92	4.02	0.59	0.00	0.00	82.00	0.00

Nota. Adaptado de *Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios* (p.158) por Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2016 , Departamento de Ciencia y Tecnología de los alimentos

Fitoquímicos: Fitoesteroles (betasitosterol), antocianinas, ácido fítico, fenoles.

Otras sustancias fitoquímicas: 16 tipos de betacianinas (pigmentos rojo.violeta), 3 tipos de betaxantinas (pigmento amarillo). Todas éstas sustancias con una acción antioxidante tres veces mayor al de la vitamina C. (Carballido, 2021)

2.4.5. Usos del Amaranto

Medicinal

- Tiene componentes anticancerígenos como el escualeno y el beta-sitosterol.
- Tiene una función cardioprotectora gracias a que contiene ácido oleico y ácido linoleico.
- Gracias a su alto contenido de calcio, fibra y potasio presente en las hojas y granos resulta diurético y beneficiosos para los vasos sanguíneos y la salud del organismo en general, pudiendo actuar en el tratamiento natural de la hipertensión. (Martínez Centelles, 2021).
- Las hojas y semillas del amaranto son usadas como astringente para contener la diarrea y la sangre en la orina o en la evacuación intestinal, así como la menstruación excesiva. (SIAP, 2021)

Dietético en personas celíacas: Contiene lisina, ausente en los cereales y metionina, ausente en las legumbres, sin embargo es deficitario en triptófano abundante en las anteriores por lo que combina y se complementa con cereales y legumbres. Éste hecho es importante para personas celíacas (intolerantes al glúten), donde la nutrición puede ser deficitaria en aminoácidos. (Martínez Centelles, 2021).

Colorante: De la variedad roja se extrae la betalanina, de la cual se obtiene un tinte de igual manera rojo. Éste es usado en la industria alimentaria debido a que comparado con otros colorantes no presenta toxicidad.

El amaranto también es usado en la elaboración de cosméticos y plásticos biodegradables (Martínez Centelles, 2021).

2.5. Empanizadores

Los empanados (o empanizadores) se refieren a un grupo de alimentos a base de harina de mezclas de cereales o migas de pan secas a base de masa de harina de trigo.

Los empanados suelen contener condimentos y agentes químicos de fermentación y son usados para recubrir alimentos fritos u horneados para lograr ciertas texturas, colores y sabores. (Y. Chen et al., 2011)

2.5.1. Categorías de empanizadores

Los empanados generalmente son a base de harina de cereal, como lo es una harina de trigo, o un producto derivado de una harina de algún cereal, como una miga de pan. Por lo general, los empanados se clasifican en una de cinco categorías según su función requerida, la base de granos de cereal y su aplicación. Estas categorías son: migas de galleta o harina de galleta (CM), pan rallado americano (ABC), pan rallado japonés (JBC), migas extruidas y harinas no procesadas térmicamente. (Y. Chen et al., 2011)

2.5.1.1. Miga de galleta (harina de galleta CM)

Las migas de galleta o empanados CM se producen a partir de formulaciones tipo galleta. Las verdaderas CM dependen de tiempos de fermentación prolongados seguidos de un horneado intensivo en caliente. Algunas CM se producen sin la etapa de fermentación. Las MC tienen una textura dura y densa. Además de las harinas de trigo, se utilizan otros ingredientes para conseguir la textura deseada, el nivel de dorado y el color.

Un proceso típico de la CM es el siguiente. Harina, azúcares, sal, levadura y algún colorante se mezcla con agua en una amasadora para conseguir el color amarillo o naranja requerido, la textura deseada y el nivel de dorado. Y así una vez formada la masa se pasa por unos rodillos con una separación menor entre ellos. Ésta acción forma la masa en una lámina de aproximadamente 2.5 cm de grosor. Alternativamente, la masa puede extruirse en una lámina más delgada. La Lámina de masa se transporta a una banda móvil o cinta de acero para una

cocción rápida. (Y. Chen et al., 2011).

La hoja de masa horneada, que aún conserva una humedad aproximada del 35%, se desmenuza en un molino o en una trituradora. A continuación, se seca hasta una humedad final del 8%. Este nivel de humedad garantiza la estabilidad a largo plazo del rebozado y contribuye a su capacidad de absorción.

A continuación, los trozos grandes secos se muelen con rodillo, se tamizan y se mezclan según sea necesario para obtener la malla adecuada. Las clasificaciones generales son finos (60-140 Mesh), medio (20-60 Mesh) y grueso (4-20 Mesh).

Tradicionalmente, el CM es una miga finamente granulada, sencilla y barata. Suele utilizarse como prepolvo para mejorar la captación total del recubrimiento. Con frecuencia lleva sabores y especias. El rebozado, especialmente si tiene una granulación más gruesa, puede usarse como recubrimiento exterior. (Y. Chen et al., 2011).

Un ejemplo de éste tipo de empanizador puede ser divisado en la Figura 18



Figura 15. Empanizador comercial de migas de galleta

Nota. Reproducida de *Empanizador crujiente* en *Productos de bimbo* por Bimbo, 2023
https://bimbo.com.mx/es/productos-pan/empanizador-crujiente?product_category=16823

2.5.1.2. Pan rallado americano (ABC)

Éste se utiliza en productos que son empanados crudos o parcialmente fritos destinados a ser calentados en el horno. Se prepara a partir de barras de pan fermentadas con levadura. Tras la cocción, los panes se secan para tener la humedad necesaria y, a continuación, se muelen y tamizan en tamaños finos, mediano y grueso. La corteza del pan presenta reflejos oscurecidos. Esta miga tiene una textura crujiente y quebradiza, menos dura que la miga CM. Éstos se elaboran siguiendo la panificación tradicional. La harina se convierte en una masa combinada con agua, levadura, manteca, azúcar y sal. La masa se divide, se fermenta y se hornea en panes, que se dejan enfriar y luego se desmenuzan, se secan y se tamizan para cumplir las especificaciones de malla (Y. Chen et al., 2011).

La miga tiene forma redonda, es muy porosa y, al freírla, proporciona un agradable crujido. Ésta miga también proporciona buenos reflejos visuales por los distintos tamaños de trozos de miga y a la aparición de corteza. En ocasiones puede ser necesario combinar las migas gruesas y finas, a veces incluso harina, para mejorar la cobertura del producto. (Y. Chen et al., 2011).

En la figura 19 se vislumbra un empanizador comercial del tipo pan rallado americano.



Figura 16. Empanizador comercial del tipo pan rallado americano

Nota. Reproducida de *Pan molido clásico* en *Productos de bimbo* por Bimbo, 2023
https://bimbo.com.mx/es/productos-pan/pan-molido-cl%C3%A1sico?product_category=16823

2.5.1.3. Pan rallado japonés (JBC)

Ésta miga también se conoce como panko, se elabora con métodos estándar de mezcla de masas; sin embargo, la masa se fermenta en moldes especiales que permiten un tratamiento térmico único en la cocción. Con ello se logra un pan sin corteza marrón. (Y. Chen et al., 2011).

En lugar de la cocción en horno, se usan métodos de cocción por microonda o por resistencia eléctrica, con lo cual el pan se cocina rápidamente y deja poca o ninguna corteza. El JBC tiene una forma más alargada que el ABC, también presenta una estructura porosa que da lugar a una textura tierna y crujiente. Modificando el proceso y ajustando las fórmulas del pan y los ingredientes utilizados, se pueden alterar las características de la estructura de la miga y su textura.

El uso del proceso de horneado por microondas proporciona una miga más resistente y una mayor elasticidad. (Y. Chen et al., 2011).

Un método alternativo de horneado es la resistencia eléctrica, ésta crea una cocción rápida de 10 minutos o menos. Las bandejas de los moldes se descargan y los panes se enfrían, se desmenuzan, se granulan y se secan. Éstas migas están disponibles con colores naturales como pimentón o achiote o con colores certificados. (Y. Chen et al., 2011).

El JBC tiene una textura un tanto más tierna, delicada y crujiente, pero en cierta forma es más frágil que su homólogo occidental, por ésta razón se debe tener más cuidado en la cadena de producción. (Y. Chen et al., 2011).

Como ejemplo de un empanizador del tipo pan rallado japonés se tiene el que podemos visualizar en la figura 20.



Figura 17. Pan rallado japonés

Nota. Reproducida de *Panko Kaporo* por Kaporo, 2023 <https://www.kaporo.com/kaporo---panko.html>

2.5.1.4. Migas extruidas

Los empanados se elaboran en una gran variedad de mezcladoras continuas o extrusoras. Éstas máquinas también se han utilizado para fabricar almidones pregelatinizados, aperitivos de baja densidad y galletas crujientes. En éste sistema, la harina se mezcla de una manera continua en condiciones un tanto turbulentas e intensivas; se inyecta vapor, y la suspensión resultante de harina cocida se bombea a través de un orificio.

Las condiciones de procesado suelen implicar una temperatura de 150 °C a una presión de 120 bares durante 15 segundos. En éstas condiciones, los almidones se gelatinizan y la cuerda de masa cocida se tritura, seca y tamiza. (Y. Chen et al., 2011).

La operación de extrusión tiene varias ventajas ya que además de utilizar una variedad de materias primas, permite tiempos de procesado cortos y económicos, ocupa y ofrece una gran flexibilidad para los procesos.

Ésta migas son de tamaño medio, en forma de paja, duras y de textura abierta. Pueden producirse en distintos colores y se utilizan como un recubrimiento exterior o como prepolvo.

En la industria de los recubrimientos también se han usado los copos (hojuelas) de maíz crujientes.

Éstos copos no sólo tienen un alto contenido de fibra, también brindan una textura y sabor nueva a los productos que bien pueden freírse, hornearse o cocinarse en el microondas. Los fabricantes de cereales han diseñado copos de maíz para empanizar pollo, carne, pescado y verduras. Los copos con perfiles de sabor distintivos son la elección ideal para empanar aperitivos, platos principales y alimentos congelados. Existen además una amplia gama de copos, que incluyen mini copos densos, así como copos más grandes y finos.

Los empanizadores de migas extruidas pueden igual encontrarse en cualquier centro comercial ejemplo de ello está en la figura 21.



Figura 18. Empanizador comercial de migas extruidas

Nota. Reproducida de *Corn Flakes Empanizador* por Kellogg's, 2023 https://www.kelloggs.com.mx/es_MX/products/kellogg-s-corn-flakes-empanizador.html

2.5.1.5. Empanados de harina de cereales y empanados sin harina de cereales

Los empanados de harina, crean un aspecto irregular y casero. La mayoría de ellos contienen harina de cereales como el trigo, aunque también los hay de harina de arroz, harina de maíz y harina de cebada malteada. Además, pueden contener otros ingredientes, como almidones, gomas, fibras alimentarias, levaduras, colorantes y condimentos. Los empanados sin harina de cereales como la soya, la papa, la castaña de agua, la yuca y la almendra, son usadas para otorgar valor agregado o para permitir determinadas declaraciones, como bajo contenido en carbohidratos, textura especial, sin gluten u otras consideraciones de salud.

Los empanados de harina de cereales pueden dividirse en tres subcategorías: harina común, rebozado clásico y rebozado original, en función de si tiene o carece de especias. El empanado clásico contiene pocas especias o aditivos. Se ejemplifica como la mezcla de harina, sal, azúcar y pimienta. El empanado original, es una mezcla de varias harinas, además

de muchas especias, hierbas y condimentos.

En el caso de las personas que presentan alguna alergia alimentaria (gluten o caseína) o que siguen una dieta baja en carbohidratos pueden optar por una alternativa a las harinas a base de cereales. Por ejemplo, la harina de almendras, puede utilizarse como empanado normal. Otras harinas, como la nuez pecana o la avellana, tienen funciones similares a las de la harina de almendra.

Un empanado alternativo sin gluten, ni caseína consiste en la utilización de harina de yuca. La harina de yuca tostada tiene una textura y, cuando se condimenta con especias, tiene un sabor parecido al de un empanado de copos de maíz.

Como ejemplo de un empanizado con harina en una pieza de pollo se tiene la figura 22.



Figura 19. Empanizado con harina

Nota. Adaptado de *Harina de Trigo* por Tres Estrellas, 2023 <https://tres-estrellas.com/nuestros-productos/harina-de-trigo>

En la tabla 19 podemos distinguir las diferentes características de los diferentes tipos de empanizadores.

Tabla 19. Características de los empanizadores

Característica del empanado	Miga de galleta	Pan rallado americano	Pan rallado japones	Extruido	Cobertura de harina
Forma del granulo	Plano esférico	Esférico/miga	Astillado	Triturado/denso	Granulado
Presencia de cortesa en la granulación	Mínima	Alta	Mínima	Mínima	Ninguna
Distribución (Tamaño)	Ancho	Ancho	Ancho	Medio/fino	Muy fino
Mesh	4-100	4-80	4-80	20-110	>120
Color	Variable	Variable	Variable	Variable	Blanco
Índice de oscurecimiento	Lento/rápido	Moderado/rápido	Lento	Lento	Lento/moderado
Densidad	Alta	Media	Baja	Baja	Baja/moderada
Textura	Firme	Crujiente	Tendiente a crujiente	Firme a duro	Firme a duro
Tasa de absorción de agua	Variable	Rápida	Rápida	Rápida	Variable
Absorción de aceite	Baja	Media	Variable	Baja	Baja
Idoneidad del proceso	Prefrito, frito, empanado crudo	Prefrito, empanado crudo	Frito, empanado crudo	Prefrito, frito, empanado crudo	Prefrito, frito

Nota. Adaptado de *Breading What They Are and How They Are Used in Batters and Breading in Food Processing*, (p.177), por Y. Chen et al., 2011, AACC International, Inc..

2.5.2. Aplicación de empanizadores a varios sustratos

La aplicación de rebozados y empanados a diferentes sustratos alimentarios debe considerar diferentes factores. Diferentes sustratos como las aves, los marisco, la carne roja y las verduras, tienen distintas características y algunos son más fáciles de cubrir que otras.

Composición de la superficie (como el contenido de proteína, grasa y humedad), área de superficie disponible, sitios de unión y la fuerza de las interacciones entre el sustrato y el sistema de recubrimiento son cosas que debe tomarse en cuenta. (Wang & Suderman, 2011)

2.5.2.1. Aplicación a aves de corral

Los productos avícolas rebozados y empanizados incluyen músculos sin piel y sin hueso (como pechugas y filetes), músculos con hueso y piel (como alitas de pollo y muslos) y aves formadas con carne blanca y carne oscura, así como piel y grasa. (Wang & Suderman, 2011)

2.5.2.2. Aplicación a mariscos

La aplicación de rebozados y empanados a mariscos fue anterior a la aplicación en frutas, verduras, carnes rojas e incluso aves.

Los primeros rebozados y empanados de mariscos probablemente eran muy simples. Éstos rebozados estaban compuestos de harina (dependiendo de los cultivos de cereales locales), condimentos y agua. En cuanto a los empanizadores, consistieron de alguna forma de pan rallado seco, con condimentos adicionales como sal y otras especias. La aplicación de empanados tempranos a los mariscos comenzó con la inmersión en un baño de huevo, leche o agua, que se hizo principalmente para mejorar la adherencia del empanado. (Wang & Suderman, 2011)

Con el tiempo, los rebozados y empanados se han vuelto más complejos. La mayoría de los empanados modernos tienen un horneado y un procesamiento posterior, con los fabricantes de hoy crean una amplia variedad de empanados en varios sabores, texturas y formas. (Wang & Suderman, 2011)

2.5.2.3. Aplicación a Carnes rojas

La aplicación de rebozados y empanados a las carnes rojas no es tan frecuente como e de los

productos avícolas y de mariscos, muchos productos cárnicos populares contienen rebozados y/o empanados. Estos incluyen banderillas, Nuggets de carne de res y cerdo, bocadillos de carne de res y cerdo, bistecs de res, hamburguesas de carne y chuletas de cerdo empanizadas. (Wang & Suderman, 2011)

2.5.2.4. Aplicación a vegetales

Existe poca literatura sobre aplicación de masas y empanados a productos vegetales. Las cebollas son las verduras más comúnmente recubiertas. Otros productos vegetales rebozados o empanizados incluyen papas, pimientos, coliflor, berenjena, champiñones, okre, zanahorias y calabaza (calabacín) (Wang & Suderman, 2011).

2.5.2.5. Aplicación a queso, frutos secos y otros productos

El rebozado y empanado se pueden aplicar a casi cualquier producto comestible. Los palitos de queso, son refrigerios que se comen como dedos de queso, cabe mencionar que estos requieren una pasada triple de masa y recubrimientos de empanado para evitar que el queso derretido se escape.

Las nueces rebozadas se pueden hornear o freír. Para hornear se pueden usar almidones comunes o cerosos porque no se produce intercambio agua-aceite.

Otros productos, panes, pastas y vegetales moldeados, pueden ser empanados. (Wang & Suderman, 2011).

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1.Objetivo general

- Evaluar el nivel de aceptación de un empanizador a base de nopal, amaranto y ahuate, por medio de un análisis sensorial vs un comercial

3.2.Objetivos particulares

- Realizar un empanizador a base de nopal, amaranto y ahuate.
- Realizar un análisis de aceptabilidad entre el empanizador propuesto y un comercial, que nos defina la preferencia entre uno y otro.
- Realizar un análisis de preferencia pareada que nos defina la aceptación del empanizador propuesto y comercial tomando en cuenta el sabor, la textura y el color.

3.3.Hipótesis

- El empanizador elaborado a base de un producto proveniente de insectos, así como del nopal, amaranto, entre otros ingredientes tiene una buena aceptación en el consumidor comparado contra un comercial.

4. METODOLOGÍA

4.1.Localización

El experimento se llevó a cabo en el Campus Amazcala de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro. La comunidad de Amazcala pertenece al municipio del Marqués, Qro., localizada en el Suroeste del estado, entre los 20° 31' y 20° 58' de latitud Norte. Su longitud se encuentra entre los 100° 24' del Oeste a 1850 m sobre el nivel del mar. La temperatura media oscila entre los 18 °C y los 24 °C, con un clima predominante subtropical, templado semiseco.

4.2.Elaboración de sólidos granulares de Nopal

4.2.1. Nopal

4.2.1.1.Obtención de materia prima

El nopal se cosechó de la nopalera de Campus Amazcala, dicha cosecha se dio cortando cladodios de aproximadamente 90 días de maduración.

Durante la cosecha se usaron guantes para no espinarse y con un cuchillo se cortó la penca por la parte inferior.

4.2.1.2.Deshidratación del nopal y obtención de harina

El nopal se lavó, se limpió y se eliminaron perfectamente todas las espinas y bordes, se cortó en tiras delgadas de aproximadamente 0.5 cm, se colocaron en charolas de plástico con papel estrella y siguiendo las condiciones de secado para una estufa de aire caliente usadas por Villareal Martínez (2005), el nopal se secó en una estufa Memmert (HC-2013-001) bajo las condiciones de temperatura de 55-60 °C por 48 horas.

Posteriormente el producto seco se molió en un molino (Pulvex), con una criba de malla #40

para la obtención de los sólidos granulares..

Para el proceso de obtención de sólidos granulares de nopal se obtuvieron aproximadamente por cada 19 kg de nopal entero 820 g de sólidos de nopal.

En la figura 23 se visualiza el proceso de obtención de sólidos granulares de nopal.



a) Nopales frescos

b) Estufa de secado

c) Nopal Deshidratado

Figura 20. Obtención de Sólidos Granulares de Nopal.

Nota. En la presente figura se puede apreciar el proceso seguido para la obtención de los sólidos granulares de nopal.

**Del lado izquierdo se observa: a) la limpieza y pelado del nopal, en la parte central b) el proceso de secado del nopal y en el lado derecho c) el proceso de molienda del nopal deshidratado en el molino pulvex.*

4.2.2. Amaranto

4.2.2.1. Obtención de Materia Prima.

La selección de la materia prima se realiza en el mercado de abastos de la ciudad de San Juan del Río. Se obtiene un producto bueno y para éste caso el amaranto ya reventado.

4.2.2.2. Obtención de Sólidos Granulares de Amaranto

De igual manera para la obtención de sólidos de amaranto. El amaranto reventado se molió en un molino pulvex, con una criba de malla #40.

En la figura 24 se puede observar el proceso de elaboración de sólidos de amaranto.



a) Amaranto reventado

b) Molino pulvex

Figura 21. Obtención de Sólidos Granulares de Amaranto

Nota. En la presente figura se puede apreciar el proceso seguido para la obtención de la harina de amaranto

**Del lado izquierdo se observa: a) el amaranto reventado, en el lado derecho se aprecia b) la molienda en el molino pulvex.*

4.2.3. Ahuautle

4.2.3.1. Obtención de materia prima

La selección de ésta materia prima se dió en el mercado de San Juan de la CDMX, esto debido a que aparte de ser uno de los más antiguos y tradicionales de la Ciudad tiene productos peculiares como el ahuate.

En la figura 25 se puede visualizar el ahuate.



Figura 22. Ahuautle

Nota. En la presente figura se puede apreciar el ahuate

4.3.Elaboración del empanizador

4.3.1. Elaboración de galletas saladas

Teniendo en cuenta los tipos de empanizadores que se tienen se elaboró un empanizador de miga de galleta por lo tanto primeramente se preparó una galleta salada.

Como primer paso se procede a hacer el pesado de todos los ingredientes con ayuda de una báscula de bolsillo (Fanmusic) con unas proporciones de 80.63% de harina de amaranto, 15.02% de Nopal, 0.39% Ahuautle, 1.58% pimienta negra y 2.38% de sal para elaborar la harina base. Teniendo todos los ingredientes se homogeniza con ayuda de una palita de silicona en un bowl.

Contando con la harina base se le colocan 60 ml de leche, 3 g de bicarbonato y 30 g de mantequilla derretida pero además debido a que tenemos un oscurecimiento enzimático en el momento de la cocción del nopal, se añaden 10 ml de dióxido de titanio y 0.36 ml de colorante amarillo huevo para aclarar y posteriormente amasar y obtener una masa uniforme no pegajosa.

Una vez teniendo la masa se procede a estirla entre papel encerado y con la ayuda de un rodillo se deja a un grosor de 3 mm y se corta con un cortador rectangular de galletas.

Usando una charola metálica con papel encerado en su base se van colocando las galletas con una separación de aproximadamente 1 cm entre una y otra.

En cuanto están acomodadas se le hacen pequeños agujeros con la ayuda de un tenedor para evitar que el esponjado sea desigual.

Utilizando un horno eléctrico Oster (TSSTTVFDMAF-013) precalentado por 5 minutos, las galletas se hornean por 15 minutos a 180 °C.

En la figura 26 se ve, más detalladamente el proceso de elaboración de galletas.



a) *Emanizador*

b) *Utensilios*

c) *Hornedo*

Figura 23 Elaboración de galletas saladas

Nota. En la presente figura se puede admirar el proceso que se sigue para elaborar las galletas saladas
**Del lado izquierdo se observa el pesado de los ingredientes, en la parte central el estirado de la masa y en el lado derecho el horneado de las galletas.*

4.3.2. Molienda

Una vez que las galletas salen del horno y se han enfriado por completo se utiliza una licuadora osterizer (006640-R22-013) de 10 velocidades para moler las galletas por 15 segundos a una velocidad de 8. Dicho hecho se aprecia en la figura 27.



Figura 24. Molienda del empanizador

4.4. Análisis sensorial

4.4.1. Preparación de muestras para la prueba

Las milanesas de pollo a empanizar fueron preparadas 30 minutos antes de cada sesión, Dicha preparación consistió de una marinado de carne en leche, con huevo, sal y ajo por 10 minutos, así como su empanizado, fritura y corte en pedazos de aproximadamente 4x4 para que al momento de la prueba las muestras tuvieran la temperatura adecuada.

Las diversas parejas de las series de degustación fueron preparadas en forma idéntica, es decir, con los mismos aparatos, recipientes y cantidades de productos. La temperatura de las muestras fue la misma en cualquier pareja. Los recipientes de las muestras para el ensayo fueron codificados, usando números de tres cifras escogidos al azar.

4.4.2. Prueba de preferencia pareada

Las pruebas de preferencia les permiten a los consumidores seleccionar entre varias muestras,

indicando si prefieren una muestra sobre otra o si no tienen preferencia.

En esta prueba se les pregunta a los panelistas cuál de las dos muestras codificadas prefieren. Se les pide que seleccionen una, incluso si ambas muestras les parecen idénticas. Las dos muestras (A y B) se presentan en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de 3 dígitos. (Watts et al., 1992)

4.4.2.1. Técnica de ensayo

Se seleccionaron 30 panelistas no entrenados para integrar un panel, dicho panel comprendía principalmente amas de casa en edades de 27 a 73 años, y a quienes se les explicó el objeto de la prueba y el diseño de la hoja de datos para su evaluación. Las dos muestras se presentaron simultáneamente, cada muestra de empanizador se utilizó con la proteína de pollo y cada panelista evaluó las dos muestras solamente una vez. Quince panelistas recibieron primero la muestra A (296) que correspondía a un empanizador comercial de migas de galleta o empanados CM y los otros Quince recibieron primero la B (692) correspondiente a la muestra del empanizador propuesto. En la Figura 28 aparece la boleta utilizada cuando la muestra A (296) se presentó primero. Esto con el propósito de saber cuál de las muestras es la más aceptada.

Nombre: _____ Fecha: _____
No. Prueba: _____

De favor enjuague su boca antes de empezar
Por favor pruebe las dos muestras de productos presentados, empezando por el de la izquierda y luego seguir con el de la derecha. Usted puede beber agua tanto como desee, pero al menos debe consumir la mitad de la muestra presentada.

Si tiene alguna pregunta, no dude en hacerla.
Marque con una X el producto de su preferencia

A
296

B
692

Figura 25. Prueba de preferencia

Cabe mencionar que para hacer la prueba a las 30 personas se hicieron 2 sesiones de 15 personas cada una, así como se visualiza en la figura 29.



Figura 26. Sesión de prueba de preferencia

Nota. En las sesiones de preferencia se determinó cuál de las dos muestras de empanizador usados en la proteína de pollo es más aceptable

4.4.3. Prueba de aceptabilidad

Las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. Para determinar la aceptabilidad de un producto se pueden usar escalas categorizadas, pruebas de ordenamiento y pruebas de comparación pareada. (Watts et al., 1992)

4.4.3.1. Técnica de ensayo

Para la prueba de aceptación participaron 60 panelistas no entrenados para la evaluación del color, sabor y textura, comprendiendo principalmente amas de casa en edades de 27 a 73 años. La muestra 296 se le presentó a los primeros 30 panelistas y la muestra 692 a los otros 30 panelistas, cada panelista evaluó la muestra varias veces usando agua entre prueba y prueba. La muestra A (296) que correspondía a un empanizador comercial de migas de galleta o empanados CM y la muestra B (692) correspondiente a la muestra del empanizador propuesto en dichas muestras de igual manera el pollo fue la proteína elegida para empanizar. Se les pidió que dieran su opinión sobre el color, sabor y textura, usando una escala de 8

puntos en el nivel de aceptabilidad, desde no me gusta mucho a me gusta mucho (no me gusta mucho “1” y me gusta mucho “8”).

En la figura 30 se constan las pruebas de aceptabilidad, para éstas se realizaron 4 sesiones de 15 personas cada una para cada



Figura 27. Sesión de prueba de aceptabilidad

Nota. En las sesiones de aceptación se determinó cuál de las dos muestras de empanizador usados en la proteína de pollo es más aceptable y el porqué de ésta aceptación

En la figura 31 podemos constar la prueba de aceptabilidad aplicada a 30 personas para la prueba 296.

Ante ti se presenta una muestra de pollo empanizado, se identifica con el número 296. De ésta muestra se te pide calificar el color, textura y sabor. Dónde:



Atributo	Código de muestra		Observaciones ¿? Por qué
	296		
Color			
Sabor			
Textura			

Figura 28. Prueba de Aceptabilidad

Nota. En las sesiones de aceptación se determinó cuál empanizador es más aceptable dependiendo de sus atributos de color, sabor y textura.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados de la prueba de preferencia pareada

Tomando en cuenta los resultados arrojados en el análisis sensorial nos percatamos que 6 panelistas prefirieron la muestra 296 y que 24 prefirieron la muestra 692, cosa que se consta en la figura 32. Tomando en cuenta la cantidad de panelistas para la prueba (30) tenemos que el 20% prefiere el empanizador 292 y el 80% prefiere el 692, figura 33.

Teniendo en cuenta que se realiza una prueba de preferencia pareada usaremos el método X^2 en donde tenemos dos hipótesis:

HO: $X^2_{Cal} < X^2_{Crítica}$ No hay diferencia

H1: $X^2_{Cal} > X^2_{Crítica}$ Hay diferencia

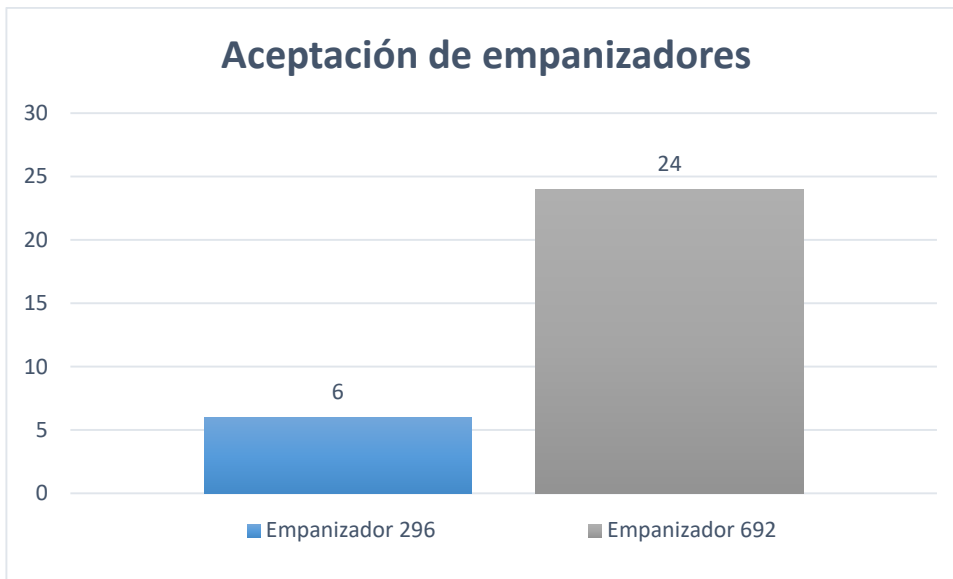


Figura 29. Preferencia por panelista entre el empanizador 296 y 692

Nota. En la presente figura se puede ver la respuesta dada por cada panelista ante el empanizador de su preferencia.

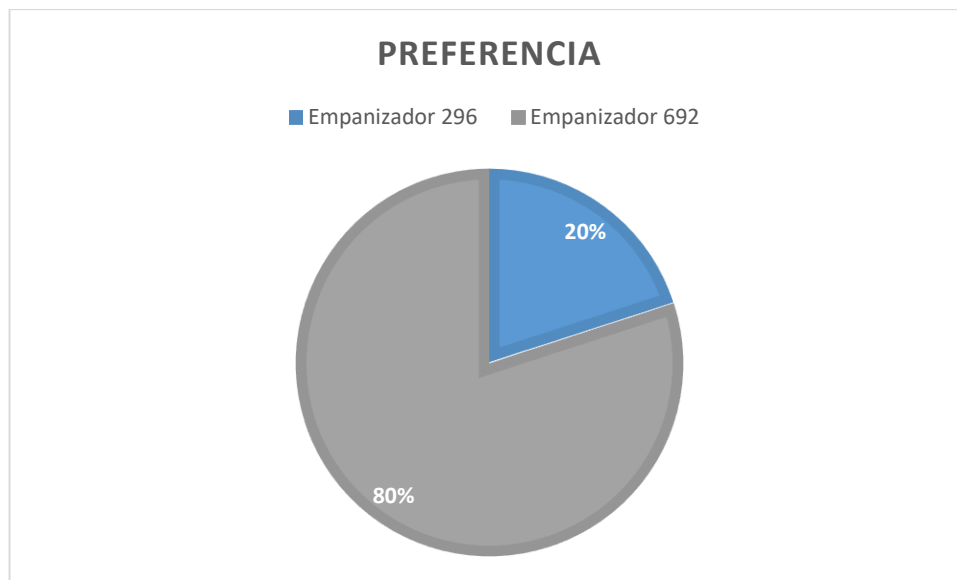


Figura 30. Preferencia por panelista entre el empanizador 296 y 692 en porcentaje

Nota. En cuanto a porcentaje se refiere el 80% de los panelistas prefiere el empanizador 692 y sólo 20% prefiere el 296.

Siguiendo con la prueba de X^2 los resultados recabados son colocados en la tabla 20 para así tener un mejor entendimiento.

Tabla 20. Análisis de datos de la prueba de preferencia pareada usando la prueba de X^2 en los empanizadores 296 y 692

		Preferencia pareada
N	Muestra	30
O₁	Observado en muestra 296	6
O₂	Observado en muestra 692	24
E₁	Esperado en muestra 296 (np)	15
E₂	Esperado en muestra 692 (nq)	15
Grados de libertad	2 productos -1	1

$$X^2_{\text{Cal}} = \left[\frac{(|O_1 - E_1|^2) - 0.5}{E_1} \right] + \left[\frac{(|O_2 - E_2|^2) - 0.5}{E_2} \right]$$

Donde:

O₁= # observado de elecciones Producto 296

O₂= # observado de elecciones Producto 692

E₁= # esperado de elecciones Producto 296 (np): p=0.500

E₂= # esperado de elecciones correctas (nq): q=0.500

n= # de panelistas

$$X^2_{\text{Cal}} = \left[\frac{(|6 - 15|^2) - 0.5}{15} \right] + \left[\frac{(|24 - 15|^2) - 0.5}{15} \right]$$

$$X^2_{\text{Cal}} = \left[\frac{(|-9|^2) - 0.5}{15} \right] + \left[\frac{(|9|^2) - 0.5}{15} \right]$$

$$X^2_{\text{Cal}} = \left[\frac{(|-9|^2) - 0.5}{15} \right] + \left[\frac{(|9|^2) - 0.5}{15} \right]$$

$$X^2_{\text{Cal}} = 5.36 + 5.36$$

$$X^2_{\text{Cal}} = 10.72$$

Usando la tabla del Anexo 1. Buscamos la $X^2_{\text{Crítica}}$ teniendo 1 grado de libertad y un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, teniendo que:

$$X^2_{\text{Crítica}} = 3.84 \text{ (Anexo 1)}$$

Por lo tanto tenemos que:

$$X^2_{\text{Cal}} > X^2_{\text{Crítica}}$$

$$10.72 > 3.84$$

Con esto podemos constatar que hay diferencia y nuestra preferencia es significativamente preferente hacia el producto 692 (propuesta).

Si bien desde que se visualiza la respuesta de los panelistas ante el empanizador de su preferencia tenemos una gran elección hacia el empanizador propuesto, esto da una buena pinta y más al constar que en porcentaje representa un 80 % a favor contra un 20% al comercial. Sin embargo, se hace de igual manera la prueba de preferencia para verificar si efectivamente la preferencia es significativa. Al realizar dicha prueba corroboramos que sí, que la prueba indica una inclinación al empanizador desarrollado.

Pero ¿a qué se debe dicha inclinación? para ello se sigue analizando y buscando que es lo que más les impactó a nuestros panelistas y el porqué de su decisión.

5.2.Resultados de la prueba de aceptabilidad.

Con la prueba de preferencia si bien podemos constar que se tiene preferencia hacia el producto elaborado vs el producto comercial; con la prueba de aceptabilidad veremos él porque es preferida tomando en cuenta el sabor, textura y color. Las calificaciones dadas por los panelistas son puestas en la tabla 21.

Usando el analizador de datos de Microsoft 2016, se aplica una prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales tanto para el color, sabor y textura.

Tabla 21. Evaluación por panelista tomando en cuenta el color, sabor y textura por empanizador

Panelistas	Color		Sabor		Textura	
	296	692	296	692	296	692
1	6	8	4	8	5	8
2	8	7	7	8	6	8
3	7	8	6	8	6	8
4	8	5	8	3	8	2
5	8	8	6	8	5	8
6	7	3	5	3	7	8
7	5	3	4	8	3	8
8	7	7	5	8	5	8
9	7	4	3	8	2	8
10	7	4	7	8	6	8
11	8	7	4	7	6	5
12	7	6	5	8	5	8
13	6	7	4	8	6	7

14	4	4	3	6	3	5
15	6	5	7	7	7	7
16	7	6	5	8	5	8
17	7	8	8	8	7	8
18	8	7	7	8	8	7
19	7	6	6	8	6	7
20	7	5	4	8	4	7
21	6	7	4	5	6	4
22	8	7	5	8	6	8
23	1	8	5	8	6	7
24	7	4	2	8	3	8
25	7	6	6	8	5	8
26	7	6	6	8	4	6
27	7	6	4	8	6	7
28	8	5	7	8	6	8
29	5	8	3	8	4	8
30	5	8	5	8	4	8
Media	6.60	6.10	5.17	7.43	5.33	7.17
DESV	1.48	1.58	1.56	1.38	1.47	1.44
Suma X	198	183	155	223	160	215

Nota. La tabla muestra la evaluación dada por panelista a los empanizadores que degustaron. Ellos otorgaron una calificación del 1 al 8. Donde 1 es no me gusta mucho y 8 es me gusta mucho.

5.2.1. Resultados de la prueba de aceptabilidad para el color

Los resultados concernientes al color obtenidos durante la prueba pueden verse en la Tabla 22, en esta se aprecia que para el color se obtienen mejores calificaciones para el empanizador 296 (comercial) que para el 692 (propuesto), lo cual nos lleva a que éstas mejores calificaciones simbolizan una mayor preferencia en color del 52% hacia el comercial y un 48% hacia la propuesta, figura 34.

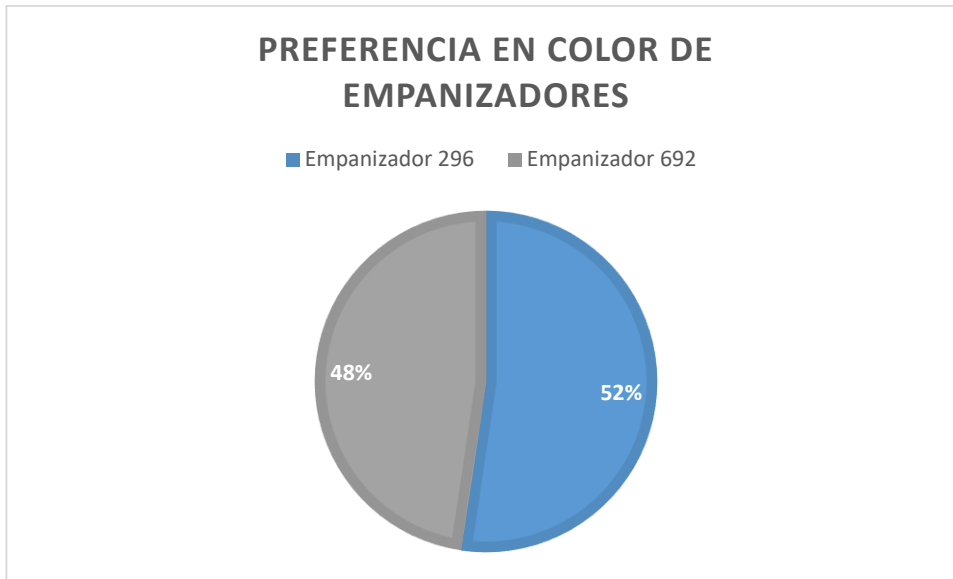


Figura 31. Resultados de la prueba de aceptabilidad para el color en porcentaje, tomando en cuenta las calificaciones de los panelistas

Nota. En cuanto a porcentaje se refiere el 52% de los panelistas prefiere el empanizador 296 (comercial) y el 48% prefiere el 692 (propuesta), tomando en cuenta sólo el color.

Si bien la prueba de preferencia pareada nos arroja que se tiene una mayor aceptación del empanizador 692 (propuesta), en la parte de la evaluación del color el empanizador comercial tiene una mayor preferencia comparado al propuesto. Sin embargo, mediante la prueba de aceptación veremos si esta preferencia es significativa.

Donde mediante una prueba de T student suponiendo varianzas iguales para el color con el analizador de datos de Microsoft 2016 tenemos dos supuestos:

HO: $T_{Cal} < T_{Crítica}$ No hay diferencia

H1: $T_{Cal} > T_{Crítica}$ Hay diferencia

Tabla 22. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales para el color

	Empanizador 296	Empanizador 692
Media	6.6	6.1
Varianza	2.18	2.51
Observaciones	30	30
Varianza agrupada	2.34	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	58	
Estadístico t	1.265	
P(T<=t) una cola	0.11	
Valor crítico de t (una cola)	1.67	
P(T<=t) dos colas	0.21	
Valor crítico de t (dos colas)	2.002	

Los resultados se muestran en la tabla 22. Para observar si los productos tienen la aceptación de los panelistas (traducida en escala numérica), se determinó con el analizador la media y desviación estándar y para verificar la diferencia entre ambos productos se calcula el valor t para una prueba independiente. Los resultados nos muestran que el valor t para el color fue de 1.265. Para una $\alpha=0.05$ a dos colas y para 58 grados de libertad el valor crítico para el t-test es de 2.002; obtenido con el analizador, pero igual visible en el Anexo 2, concluyendo que:

$$T_{\text{Cal}} < T_{\text{Crítica}}$$
$$1.265 < 2.002$$

Con esto se cumple la hipótesis nula para el método que estamos aplicando y que, pese a que se tiene una ligera preferencia en color hacia el empanizador comercial, ésta diferencia no es significativa y son igualmente aceptados.

5.2.2. Resultados de la prueba de aceptabilidad para el sabor

Los resultados referentes al sabor igual pueden verse en la Tabla 22, en ésta se nota que a

diferencia del color se obtienen mejores calificaciones para el empanizador 692 (propuesto) que para el 296 (comercial), ésto representa un 61% hacia el propuesto y 39% hacia el comercial, figura 35.

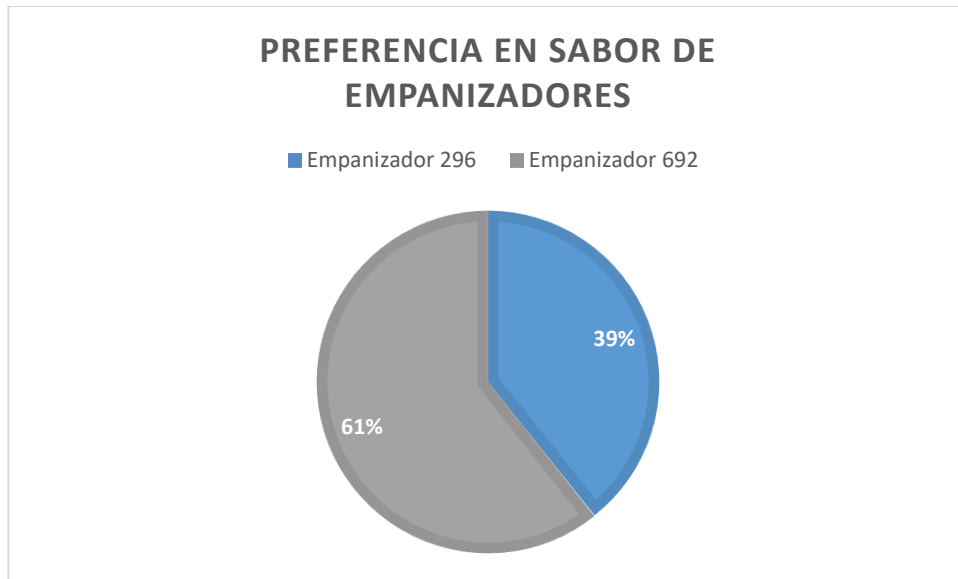


Figura 32. Resultados de la prueba de aceptabilidad para el sabor en porcentaje, tomando en cuenta las calificaciones de los panelistas

Nota. En cuanto a porcentaje se refiere el 61% de los panelistas prefiere el empanizador 692 (propuesto) y el 39% prefiere el 296 (comercial), tomando en cuenta sólo el sabor.

De igual manera mediante una prueba de T student suponiendo varianzas iguales pero en este caso para el sabor con el analizador de datos de Microsoft 2016 tenemos dos supuestos:

HO: $T_{Cal} < T_{Crítica}$ No hay diferencia

H1: $T_{Cal} > T_{Crítica}$ Hay diferencia

Tabla 23. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales para el sabor

	Empanizador 296	Empanizador 692
Media	5.17	7.43
Varianza	2.42	1.91
Observaciones	30	30
Varianza agrupada	2.16	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	58	
Estadístico t	5.967	
P(T<=t) una cola	7.7E-08	
Valor crítico de t (una cola)	1.672	
P(T<=t) dos colas	1.5E-07	
Valor crítico de t (dos colas)	2.002	

Los resultados se encuentran en la tabla 23. Para verificar si los productos tienen la aceptación por sabor entre los panelistas (traducida en escala numérica) se determinó con el analizador la media y desviación estándar y para revisar la diferencia entre los productos se calcula el valor t para una prueba independiente. Teniendo los resultados vemos que el valor t para el sabor fue de 5.967. Con una $\alpha=0.05$ a dos colas y 58 grados de libertad el valor t-test es de 2.002 (obtenido en analizador, pero igual visible en anexo 2), concluyendo que:

$$T_{\text{Cal}} > T_{\text{Crítica}}$$
$$5.967 > 2.002$$

Por lo tanto, para el caso del sabor se cumple la hipótesis alternativa teniendo una diferencia significativa y tomando en cuenta que la media del empanizador 692 (propuesta) es de 7.43 contra la media del empanizador 296 (comercial) de 5.17. El sabor del empanizador 692 (propuesta) es preferido respecto al empanizador 296 (comercial).

5.2.3. Resultados de la prueba de aceptabilidad para la textura

Los resultados referentes a la textura de igual manera que como ocurre con el sabor y el color

pueden verse en la Tabla 22, en ésta se nota que las mejores calificaciones son recibidas para el empanizador 692 (propuesto) comparadas con las del 296 (comercial), ésto representa un 59% hacia el propuesto y 41% hacia el comercial, figura 36.

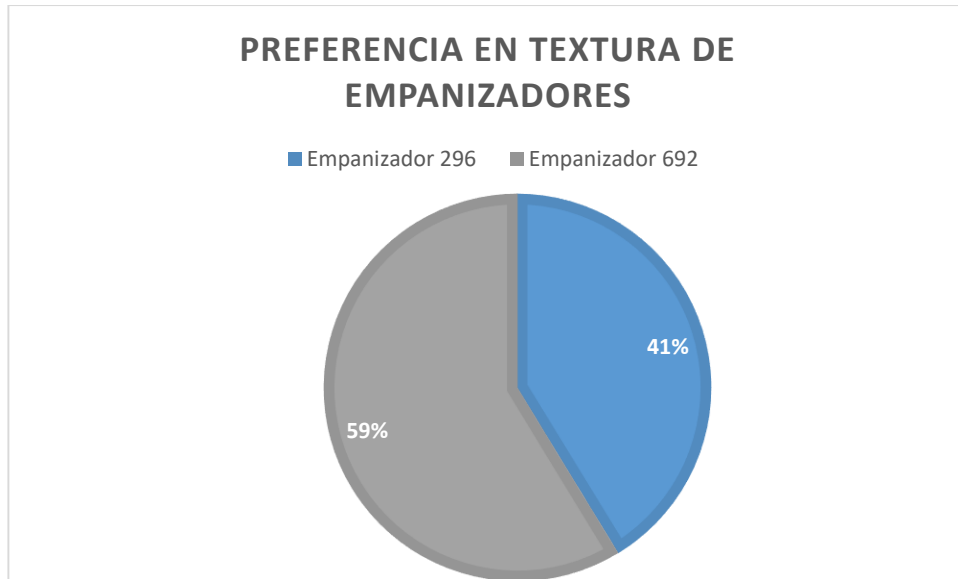


Figura 33. Resultados de la prueba de aceptabilidad para la textura en porcentaje, tomando en cuenta las calificaciones de los panelistas

Nota. En cuanto a porcentaje se refiere el 59% de los panelistas prefiere el empanizador 692 (propuesto) y el 41% prefiere el 296 (comercial), tomando en cuenta sólo la textura.

Finalmente, con la textura mediante una prueba de T student suponiendo varianzas iguales con el analizador de datos de Microsoft 2016 tenemos dos supuestos:

HO: $T_{Cal} < T_{Crítica}$ No hay diferencia

H1: $T_{Cal} > T_{Crítica}$ Hay diferencia

Tabla 24. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales para la textura

	Empanizador 296	Empanizador 692
Media	5.33	7.17
Varianza	2.16	2.07
Observaciones	30	30
Varianza agrupada	2.12	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	58	
Estadístico t	4.879	
P(T<=t) una cola	4E-06	
Valor crítico de t (una cola)	1.672	
P(T<=t) dos colas	9E-06	
Valor crítico de t (dos colas)	2.002	

Los resultados se encuentran en la tabla 24. Para verificar si los productos tienen la aceptación por textura entre los panelistas (traducida en escala numérica) se determinó con el analizador la media y desviación estándar y para revisar la diferencia entre los productos se calcula el valor t para una prueba independiente. Teniendo los resultados vemos que el valor t para la textura fue de 4.879. Con una $\alpha=0.05$ a dos colas y 58 grados de libertad el valor t-test es de 2.002 (obtenido en analizador, pero igual visible en anexo 2), concluyendo que:

$$T_{\text{Cal}} > T_{\text{Crítica}}$$
$$4.879 > 2.002$$

Por lo tanto, para el caso de a textura también se cumple la hipótesis alternativa teniendo una diferencia significativa y tomando en cuenta que la media del empanizador 692 (propuesta) es de 7.17 contra la media del empanizador 296 (comercial) de 5.33. La textura del empanizador 692 (propuesta) es preferida respecto a la del empanizador 296 (comercial).

6. CONCLUSIONES

En éste trabajo de tesis se desarrolló un empanizador a base de nopal, amaranto y ahuate, éste último producto de un insecto conocido como Chinche de agua o axayácatl. Si bien los insectos son una gran fuente de nutrientes, durante el avance de éste proyecto se logró apreciar las cualidades y todo lo que puede llegar a aportar en la incorporación de un producto común como lo es un empanizador de migas de galleta. Los resultados obtenidos demuestran que se tuvo una aceptación del 20% hacia el empanizador comercial (296) y un 80% hacia el empanizador propuesto (692) en la prueba de preferencia pareada.

En el análisis de preferencia para el caso del color se tiene una preferencia de 52% para el comercial (296) y 48% para el propuesto (692) misma que no fue significativa y ambos fueron igualmente aceptados. En el análisis de preferencia para el sabor se tiene una preferencia de 61% para la propuesta (692) y 39% para el comercial (296) y por último para la textura arroja una preferencia de 59% hacia la propuesta (692) y 41% para el comercial (296). Ésta preferencia igual fue significativa hacia la propuesta. Durante la prueba los panelistas mencionan que en cuanto a textura la propuesta (692) tiene una mayor crocancia bastante agradable al paladar respecto al comercial.

Con estos análisis realizados podemos dar testimonio de que la hipótesis planteada es cumplida ya que el empanizador propuesto es aceptado ante posibles consumidores que fungieron como panelistas durante el estudio. Si bien se tienen ciertas áreas de oportunidad. También se obtuvieron buenos hallazgos como el hecho de que la propuesta presenta una reducción en el consumo de aceite y que por los ingredientes que contiene representa una opción potencial a una mayor cantidad de valor nutricional frente a un comercial y no sólo eso al ser libre de gluten pueda ser consumido por personas celiacas (intolerantes al gluten). Y que con esto se tenga una opción que coadyuve a una mejor salud debido a los problemas relacionados a la alimentación presentes en el país tales como obesidad y de desnutrición.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial. (2020). *El agua en la agricultura*. Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#1>
- Barbara de la Rosa, A. P. (s/f). *AMARANTO: UNA ALEGRÍA PARA NUESTRA SALUD*. CONACYT. <https://centrosconacyt.mx/objeto/amaranto/>
- Bimbo. (2023). *Empanizador crujiente*. Productos de bimbo. https://bimbo.com.mx/es/productos-pan/empanizador-crujiente?product_category=16823
- Bukkens, S. G. F. (1997). The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, 36(1), 287–319. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03670244.1997.9991521>
- Carballido, E. (2021). *Beneficios del amaranto*. Botanical-online. <https://www.botanical-online.com/alimentos/amaranto-beneficios>
- Carballido, E. (2022). *Composición del nopal*. Botanical-online. <https://www.botanical-online.com/alimentos/nopal-composicion>
- CONABIO. (s/f). *Chinche de agua (Notonecta unifasciata)*. Recuperado el 5 de octubre de 2022, de <https://enciclovida.mx/especies/122773-notonecta-unifasciata>
- Contreras Rivero, G., & Navarrete Salgado, N. A. (2012, abril). SOBRE EL AXAYÁCATL Y EL AHUAUTLE (CAVIAR MEXICANO). *Herreriana*, 1, 31–33. www.uaeh.edu.mx/campus/icbi/investigaci
- FAO. (s/f). *Cultivos tradicionales (Nopal)*. Recuperado el 10 de octubre de 2022, de <https://www.fao.org/traditional-crops/cactuspear/es/>
- FAO. (2020a). *Uso de la tierra en la agricultura según las cifras*. <https://www.fao.org/sustainability/news/detail/es/c/1279267/>
- FAO. (2020b, septiembre 29). *La pérdida y el desperdicio de alimentos deben reducirse a fin de aumentar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad del medio ambiente*. FAO. <http://www.fao.org/news/story/es/item/1310444/icode/>
- Gomez, Y., & Velázquez, E. B. (2019). Salud y cultura alimentaria en México Health and food culture in Mexico. *Revista Digital Universitaria*, 20(1), 12. <https://doi.org/http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n1.a6>
- Halloran, A., & Vantomme, P. (2013). *La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. ¿Qué es La entomofagia?* FAO. www.fao.org/forestry/edibleinsects/en/
- Hungerford, H. B. (1948). The Eggs of Corixidae (Hemiptera). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 21(4), 141–146. <https://www.jstor.org/stable/25081871>
- INECC. (2007, noviembre 15). *Nopal*. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/71/nverdura.html>
- INSP. (2023). *La salud de los mexicanos en cifras: resultados de la Ensanut 2022*. <https://www.insp.mx/informacion-relevante/la-salud-de-los-mexicanos-en-cifras-resultados-de-la-ensanut-2022>
- Institute of Standards and Technology. (s/f). *Valores críticos de la distribución t de Student*. <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda3672.htm>
- Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. (2016). *Tablas de*

- composición de alimentos y productos alimenticios*. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. <https://alimentacionysalud.unam.mx/tablas-de-composicion-de-alimentos-y-productos-alimenticios/>
- IPADE Business school. (2023). *El impacto de la pérdida y desperdicio de alimentos*. <https://www.ipade.mx/newsmedia/factor-humano/el-impacto-de-la-perdida-y-desperdicio-de-alimentos/>
- Kaporo. (2023). *Panko Kaporo*. <https://www.kaporo.com/kaporo---panko.html>
- Kellogg's. (2023). *Kellogg's Corn Flakes Empanizador*. https://www.kelloggs.com.mx/es_MX/products/kellogg-s-corn-flakes-empanizador.html
- Liria Domínguez, M. R. (2007). *Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos*. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT.
- Martínez Centelles, V. (2021). *Propiedades del amaranto*. Botanical-online. <https://www.botanical-online.com/plantas-medicinales/amaranto-propiedades>
- Masats, J. (2022). *Características del nopal*. Botanical-online. <https://www.botanical-online.com/botanica/chumbera-nopal-opuntia-ficus-indica-caracteristicas>
- Mula, J. A. (2014). *¿Necesitas colores vivos? Prueba el cultivo del amaranto*. Agromática. <https://www.agromatica.es/el-cultivo-del-amaranto/>
- Naciones Unidas. (2023). *La población mundial sigue en aumento, aunque sea cada vez más vieja*. <https://www.un.org/es/impacto-académico/la-población-mundial-sigue-en-aumento-aunque-sea-cada-vez-más-vieja>
- Rajkhowa, D., Rokozeno, & Deka, M. K. (2016). Insect-Based Medicines: A Review of Present Status and Prospects of Entomo-Therapeutic Resources for Human Ailment. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 9(6), 1069–1079. <https://doi.org/10.5958/2230-732x.2016.00135.2>
- Ramos-Elorduy, J. (2015). Entomofagia. En D. Holtz & J. C. Mena (Eds.), *Acridofagia y otros insectos* (pp. 24–121). Trilce Ediciones.
- Ramos-Elorduy. (2004). LA ETNOENTOMOLOGÍA EN LA ALIMENTACIÓN, LA MEDICINA Y EL RECICLAJE. En J. Bousquets Llorente, J. Morrone, O. Yáñez Ordóñez, & I. Vargas Fernández (Eds.), *BIODIVERSIDAD, TAXONOMÍA y BIOGEOGRAFÍA DE ARTRÓPODOS DE MÉXICO: Hacia una síntesis de su conocimiento* (Vol. 4, pp. 329–413). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramos-Elorduy, J. (2015). El futuro de la alimentación. En D. Holtz & J. C. Mena (Eds.), *Acridofagia y otros insectos* (pp. 180–189). Trilce Ediciones.
- Ramos-Elorduy, J., & Pino-Moreno, J. M. (2001). Contenido de vitaminas de algunos insectos comestibles de México. *Revista de la Sociedad Química de México*, 45(2), 66–76. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932001000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Ramos Elorduy, J., Pino M. José Manuel, & Cuevas Correa, S. (1998). Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 69(1), 65–104. <https://www.redalyc.org/pdf/458/45869106.pdf>
- SADER. (2018). *Insectos comestibles*. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/hay-una-mosca-en-mi-sopa-insectos-comestibles-156649>
- Saenz, C., Garcia, J. C., Horst, B., Galletti, L., Victor, G. de C., Inocencio, H., Mondragón,

- C., Rodríguez-Félix, A., Elena, S., & Varnero, M. T. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal* (C. Rosell (ed.)). FAO.
https://www.researchgate.net/publication/258698346_Uso_de_los_cladodios_del_nopal_en_productos_alimenticios
- SEMARNAT. (2017, febrero 24). *Nopal, planta que documenta la historia de México*.
<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/nopales-previo?idiom=es>
- SIAP. (2021). *Panorama Agroalimentario 2021*. SIAP.
https://nube.siap.gob.mx/panorama_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021
- The Spencer Entomological Museum. (s/f). *Corixidae*. Recuperado el 5 de octubre de 2022, de <https://www.zoology.ubc.ca/entomology/main/Hemiptera/Corixidae/>
- Tres Estrellas. (2023). *Harina de Trigo*. <https://tres-estrellas.com/nuestros-productos/harina-de-trigo>
- UNEP. (2024). *Informe sobre el índice de desperdicio de alimentos 2024*.
<https://www.unep.org/es/resources/publicaciones/informe-sobre-el-indice-de-desperdicio-de-alimentos-2024>
- Van Huis, A. (2015). Insectos para alimentar al mundo. En D. Holtz & J. C. Mena (Eds.), *Acridofagia y otros insectos* (pp. 14–15). Trilce Ediciones.
- Villareal Martínez, A. P. (2005). *Evaluación de Mezclas de Harina de Nopal Natural y Harina Integral de Trigo para la Elaboración de Pan con bajo Contenido Calórico* [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].
http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7242/T15132_VILLARREAL_MARTINEZ%2C_ALMA_PATRICIA_TESIS.pdf?sequence=1
- Wang, L., & Suderman, D. R. (2011). Application of Batters and Breadings to Various Substrates. En *Batters and Breadings in Food Processing* (Second Edi, pp. 243–261). AACC International, Inc.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978189112771750019X>
- Watts, B. M., Ylimaki, G. ., & Jeffery, L. E. (1992). Pruebas sensoriales descripciones y aplicaciones. En *Métodos sensoriales! básicos para la evaluación de alimentos* (pp. 66–73). Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.
- World Economic Forum. (2023). *Cómo enfocarnos en la salud del suelo puede ayudarnos a alimentar a la creciente población mundial*.
<https://es.weforum.org/agenda/2023/11/la-salud-del-suelo-puede-ayudarnos-a-alimentar-a-la-creciente-poblacion-mundial-sin-danar-el-planeta-asi-es-como/>
- Y. Chen, R., Wang, Y., & Dyson, D. (2011). Breadings What They Are and How They Are Used. En *Batters and Breadings in Food Processing* (Second Edi, pp. 169–184). AACC International, Inc.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781891127717500152>

**ANEXO 1. TABLA DE VALORES CRÍTICOS DE CHI CUADRADA.
BAJO PROBABILIDAD DE QUE $H_0 \geq X^2$**

Grados de libertad	Nivel de significancia					
	0.20	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.64	2.71	3.84	5.02	6.63	7.83
2	3.22	4.61	5.99	7.38	9.21	10.6
3	4.64	6.25	7.81	9.35	11.3	12.8
4	5.99	7.78	9.49	11.1	13.3	14.9
5	7.29	9.24	11.1	12.8	15.1	16.7
6	8.56	10.6	12.6	14.4	16.8	18.5
7	9.8	12.0	14.1	16.0	18.5	20.3
8	11.03	13.4	15.5	17.5	20.1	22.0
9	12.24	14.7	16.9	19.0	21.7	23.6
10	13.44	16.0	18.3	20.5	23.2	25.2
11	14.63	17.3	19.7	21.9	24.7	26.8
12	15.81	18.5	21.0	23.3	26.2	28.3
13	16.98	19.8	22.4	24.7	27.7	29.8
14	18.15	21.1	23.7	26.1	29.1	31.3
15	19.31	22.3	25.0	27.5	30.6	32.8
16	20.46	23.5	26.3	28.8	32.0	34.3
17	21.62	24.8	27.6	30.2	33.4	35.7
18	22.76	26.0	28.9	31.5	34.8	37.2
19	23.9	27.2	30.1	32.9	36.2	38.6
20	25.04	28.4	31.4	34.2	37.6	40.0
21	26.17	29.6	32.7	35.5	38.9	41.4
22	27.3	30.8	33.9	36.8	40.3	42.8
23	28.43	32.0	35.2	38.1	41.6	44.2
24	29.55	33.2	36.4	39.4	43.0	45.6
25	30.68	34.4	37.7	40.6	44.3	46.5
26	31.8	35.6	38.9	41.9	45.6	48.3
27	32.91	36.7	40.1	43.2	47.0	49.6
28	34.03	37.9	41.3	44.5	48.3	51.0
29	35.14	39.1	42.6	45.7	49.6	52.3

30	36.25	40.3	43.8	47.0	50.9	53.7
----	-------	------	------	------	------	------

Nota. Reproducido de *Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos*, (p.38), por Liria Domínguez, 2007, Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT.

Derechos de Autor Witting de Penna E. *Evaluación Sensorial, Una metodología actual para la tecnología de alimentos.* Biblioteca digital de la Universidad de Chile, 2001. Lawless HT, Heymann H. *Sensory evaluation of food. Principles and practices.* Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York, London, Dordrecht, Boston, 1998.

ANEXO 2. VALORES CRÍTICOS SUPERIORES DE LA DISTRIBUCIÓN T DE STUDENT CON GRADOS DE LIBERTAD

Grados de libertad	Probabilidad de superar el valor crítico (una cola)					
	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001
	Probabilidad de superar el valor crítico (dos colas)					
	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.002
1	3.078	6.314	12.706	331.821	63.657	318.313
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.782
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.499
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.296
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.143
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.024
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.929
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385
31	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	3.375
32	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	3.365
33	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.356
34	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.348
35	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	3.340
36	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719	3.333

37	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715	3.326
38	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712	3.319
39	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708	3.313
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307
41	1.303	1.683	2.020	2.421	2.701	3.301
42	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698	3.296
43	1.302	1.681	2.017	2.416	2.695	3.291
44	1.301	1.680	2.015	2.414	2.692	3.286
45	1.301	1.679	2.014	2.412	2.690	3.281
46	1.300	1.679	2.013	2.410	2.687	3.277
47	1.300	1.678	2.012	2.408	2.685	3.273
48	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682	3.269
49	1.299	1.677	2.010	2.405	2.680	3.265
50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.261
51	1.298	1.675	2.008	2.402	2.676	3.258
52	1.298	1.675	2.007	2.400	2.674	3.255
53	1.298	1.674	2.006	2.399	2.672	3.251
54	1.297	1.674	2.005	2.397	2.670	3.248
55	1.297	1.673	2.004	2.396	2.668	3.245
56	1.297	1.673	2.003	2.395	2.667	3.242
57	1.297	1.672	2.002	2.394	2.665	3.239
58	1.296	1.672	2.002	2.392	2.663	3.237
59	1.296	1.671	2.001	2.391	2.662	3.234
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232
61	1.296	1.670	2.000	2.389	2.659	3.229
62	1.295	1.670	1.999	2.388	2.657	3.227
63	1.295	1.669	1.998	2.387	2.656	3.225
64	1.295	1.669	1.998	2.386	1.655	3.223
65	1.295	1.669	1.997	2.385	2.654	3.220
66	1.295	1.668	1.997	2.384	2.652	3.218
67	1.294	1.668	1.996	2.383	2.651	3.216
68	1.294	1.668	1.995	2.382	2.650	3.214
69	1.294	1.667	1.995	2.382	2.649	3.213
70	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	3.211
71	1.294	1.667	1.994	2.380	2.647	3.209
72	1.293	1.666	1.993	2.379	2.646	3.207
73	1.293	1.666	1.993	2.379	2.645	3.206
74	1.293	1.666	1.993	2.378	2.644	3.204
75	1.293	1.665	1.992	2.377	2.643	3.202
76	1.293	1.665	1.992	2.376	2.642	3.201
77	1.293	1.665	1.991	2.376	2.641	3.199
78	1.292	1.665	1.991	2.375	2.640	3.198
79	1.292	1.664	1.990	2.374	2.640	3.197

80	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195
81	1.292	1.664	1.990	2.373	2.638	3.194
82	1.292	1.664	1.989	2.373	2.637	3.193
83	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	3.191
84	1.292	1.663	1.989	2.372	2.636	3.190
85	1.292	1.663	1.988	2.371	2.635	3.189
86	1.291	1.663	1.988	2.370	2.634	3.188
87	1.291	1.663	1.988	2.370	2.614	3.187
88	1.291	1.662	1.987	2.369	2.633	3.185
89	1.291	1.662	1.987	2.369	2.632	3.184
90	1.291	1.662	1.987	2.368	2.632	3.183
91	1.291	1.662	1.986	2.368	2.631	3.182
92	1.291	1.662	1.986	2.368	2.630	3.181
93	1.291	1.661	1.986	2.367	2.630	3.180
94	1.291	1.661	1.986	2.367	2.629	3.179
95	1.291	1.661	1.985	2.366	2.629	3.178
96	1.290	1.661	1.985	2.366	2.628	3.177
97	1.290	1.661	1.985	2.365	2.627	3.176
98	1.290	1.661	1.984	2.365	2.627	3.175
99	1.290	1.660	1.984	2.365	2.626	3.175
100	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174
∞	1.282	1.645	1.96	2.326	2.576	3.090

Nota. Reproducido de *Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos*, (p.42-43), por Liria Domínguez, 2007, Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT.

Derechos de Autor Institute of Standards and Technology., s/f