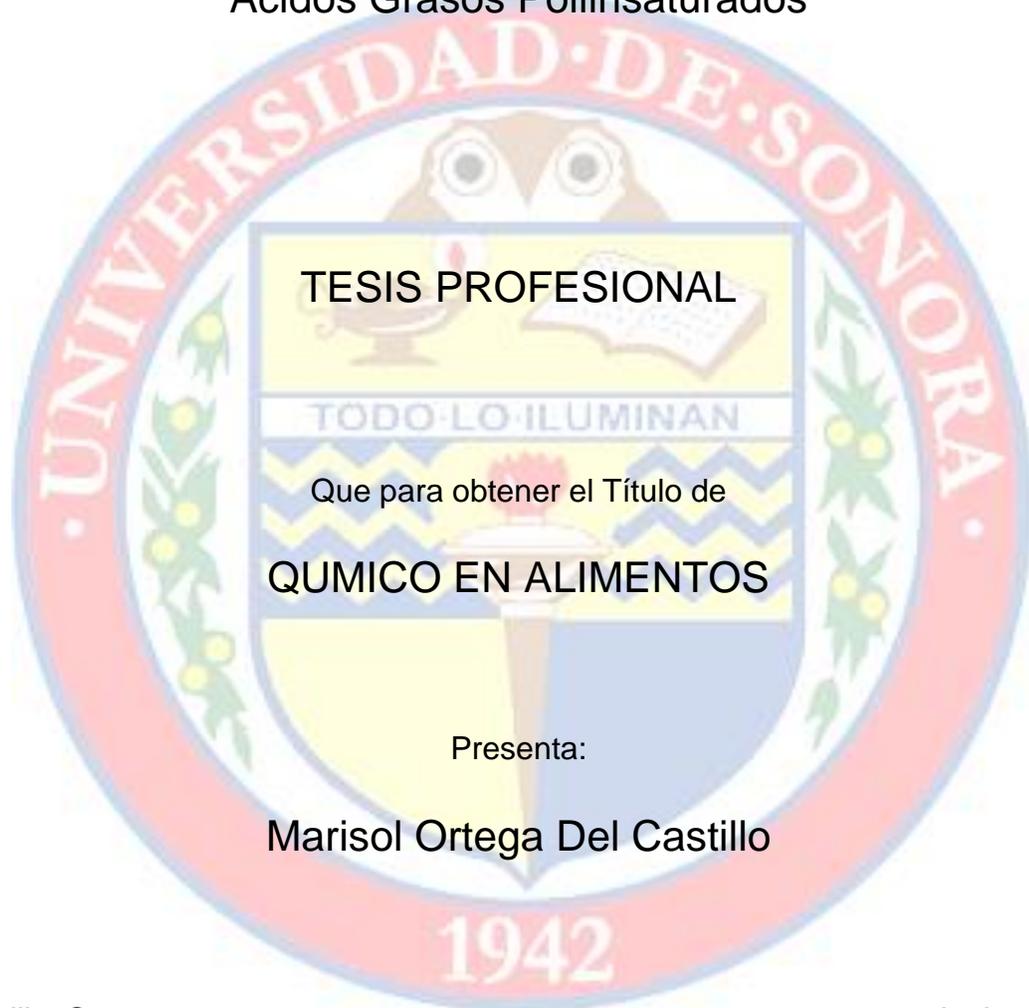


UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO BIOLÓGICAS

Evaluación Sensorial de Barras de Cereales Ricas en Proteína y
Ácidos Grasos Poliinsaturados



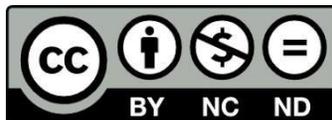
Hermosillo, Sonora

Junio del 2016

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

APROBACIÓN

Los miembros del Jurado designado para revisar la Tesis Profesional de **Marisol Ortega Del Castillo**, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el Título de Químico en Alimentos.

Dra. Reyna Luz Vidal Quintanar
Presidente

Dra. Maritza Lizeth Álvarez Ainza
Secretario

M.C. Mavet Madai Herrera Cadena
Vocal

M.C. Dalila Fernanda Canizales Rodríguez
Suplente

AGRADECIMIENTOS

A mi universidad, por abrirme sus puertas y permitirme vivir esta experiencia.

A todos mis maestros, por su entrega en mi aprendizaje.

A mi comité de tesis. Han sido mis mejores y más amables críticos.

A la Dra. Reyna Luz Vidal por brindarme la oportunidad de colaborar con ella en este proyecto, al darme su apoyo, motivación, por todo lo que me enseñó y por su paciencia.

A Benito mi compañero de vida, que me apoyó en cada etapa de mis estudios junto con nuestra hija Ana Paula que fue un motivo más para seguir luchando por terminar la licenciatura.

A mis amigos que estuvieron conmigo apoyándome y soportándome, pasando ratos de estrés, de buen humor y en los viajes que hicimos juntos. En especial a Rafa Dávila, que con su enorme paciencia me ayudaba en lo que necesitaba. A mis amigos, Karina, Alma, Belem, Regina, Alejandra, Emmy, Daniel y Carlos.

A mis padres y hermanos que también me aconsejaron y apoyaron con mis estudios.

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor, esfuerzo y sacrificios en todos estos años. A mis tías, hermanos, primos y abuela; que siempre se preocuparon por mí.

A mi hija Ana Paula que es mi motivación para salir adelante.

A mis amigos de la carrera, y a mi amiga de la infancia; que sin ellos mi vida no sería la misma. Gracias por tantos años de amistad.

A Benito, que de alguna u otra manera, siempre ha estado conmigo apoyándome en lograr mis metas.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
OBJETIVOS.....	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	5
Procesamiento de cereales.....	6
Procesamiento de Barras de Cereales.....	10
Tipos de procesamiento de barras.....	11
Etapas del procesamiento de barras.....	13
Nutrición y consumo de productos de cereales.....	17
Principales problemas tecnológicos de las barras de cereales.....	19
Evaluación Sensorial: Herramienta en el Desarrollo y Aceptación de Nuevas Fórmulas.....	23
Características Metodológicas de la Evaluación Sensorial.....	25
Establecimiento del problema.....	25
Aplicación y logística de la metodología sensorial seleccionada.....	28
Interpretación de los resultados sensoriales obtenidos.....	29
MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
Selección de Materia Prima.....	31
Caracterización Química.....	32
Análisis Sensorial Analítico Discriminante.....	32
Análisis Sensorial Analítico Descriptivo.....	35
Entrenamiento de jueces.....	35
Ejecución del análisis descriptivo.....	43
Análisis Sensorial Afectivo Comercial.....	45
Análisis Estadístico de los Resultados.....	47
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	48
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	72
ANEXOS.....	77

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1.	Producción de cereales (millones de toneladas) en América Latina.....	7
2.	Composición base de barras de cereales a base de avena, otros granos y altas en proteínas.....	12
3.	Componentes de mayor frecuencia en dos tipos de procesos para producir barras de cereales.....	14
4.	Composición y estabilidad barras de cereales en el mercado.....	15
5.	Porcentaje de ácido grasos en semillas oleaginosas.....	22
6.	Participación de la evaluación sensorial en el diseño de barras de cereales...	27
7.	Lista de alimentos de diferentes intensidades utilizados para los atributos del perfil de olor.....	37
8.	Lista de alimentos de diferentes intensidades utilizados para los atributos del perfil de sabor.....	38
9.	Lista de alimentos de diferentes intensidades utilizados para los atributos del perfil de textura.....	39
10.	Resultados entrenamiento. Definiciones consolidadas de los atributos de la característica sensorial del olor.....	40
11.	Resultados entrenamiento. Definiciones consolidadas de los atributos de la característica sensorial del sabor.....	41
12.	Resultados entrenamiento. Definiciones consolidadas de los atributos de la característica sensorial de la textura.....	42
13.	Composición Físicoquímica ¹ de los tratamientos.....	49
14.	Resultados de Color superficial de las barras (Minolta CR-10).....	51
15.	Resultados de prueba triangular. Pregunta identifique cuál muestra es diferente.....	52
16.	Resultados entrenamiento. Definiciones consolidadas de los atributos de la característica sensorial referente a la emotividad del consumidor.....	53
17.	Resultados descriptivo de olor.....	55
18.	Resultados descriptivo de sabor.....	57
19.	Resultados descriptivo de textura.....	59
20.	Resultados descriptivo de aceptación.....	62
21.	Resultados ordenado para compra.....	62

22.	Resultados comercial aceptación rechazo.....	67
-----	--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Balance de mercado mundial de cereales estimado de 2016.....	6
2. Evolución del aporte calórico de la población estimado a 2030.....	8
3. Pérdida de nutrientes por el tipo de procesamiento de cereales.....	9
4. Principales operaciones unitarias en el proceso de elaboración de barras de cereales.....	16
5. Formación de redes proteicas con otros macro y micro componentes que determinan la estructura y estabilidad deseada.....	20
6. Clasificación de las pruebas sensoriales según su objetivo.....	24
7. Sensorgrama. Representación esquemática de las impresiones que se perciben a través del análisis sensorial.....	25
8. Hoja de captura para discriminar los tratamientos usando el tipo de prueba triangular.....	33
9. Fotografías de la ejecución de las pruebas con luz roja.....	34
10. Hojas de datos del análisis descriptivo para la evaluación de atributos. (A) Atributo de olor, (B) Atributo de sabor, (C) Atributo de textura, (D) Expectativa de compra.....	44
11. Hoja de datos que los jueces en ambiente comercial respondieron.....	46
12. Resultados de Textura por el equipo Instron.....	50
13. Análisis descriptivo de olor para los tratamientos usando la prueba del perfil en una escala lineal acotada de 10 cm.....	56
14. Análisis descriptivo de sabor para los tratamientos usando la prueba del perfil en una escala lineal acotada de 10 cm.....	58
15. Análisis descriptivo de textura para los tratamientos usando la prueba del perfil en una escala lineal acotada de 10 cm.....	61
16. Encuesta comercial relacionada con la ubicación de vivienda de los consumidores en Hermosillo, Sonora.....	63
17. Encuesta en ambiente comercial (N=100) (a) Tipo de alimentación de los consumidores; (b) Nutrición de los consumidores; (c) fuentes proteicas; (d) fuentes grasas.....	65
18. Análisis de preferencia comercial de los tratamientos usando la prueba escala categórica de 7 puntos.....	68

OBJETIVO GENERAL

Medir los efectos del contenido proteico y fuente de grasa poliinsaturada, en cuatro tratamientos de barras de cereales comerciales, sobre las características sensoriales de la textura, sabor y olor, usando metodología sensorial en un laboratorio computarizado y finalmente, evaluar la aceptación o rechazo medida por consumidores.

Objetivos Específicos

- ✓ Caracterizar la composición fisicoquímica de cuatro barras de cereales nutricionales encontradas en el mercado local. Tres de ellas denominadas P23, E13 y F10, con alto contenido de proteína (soya y suero de leche) y ácidos grasos poliinsaturados (almendras, nueces y cacahuates). El cuarto tratamiento denominado BC2, contenía proteína de cereales integrales (estándar) y fungirá como control experimental.
- ✓ Utilizar el laboratorio de análisis sensorial con el objetivo de que 40 jueces no entrenados discriminen con una prueba triangular los cuatro tratamientos en función de las características sensoriales generales. Los jueces que tuvieron la habilidad de percibir diferencias entre los tratamientos (N=12) fueron seleccionados para participar en un entrenamiento con duración de cuatro horas.
- ✓ Los jueces entrenados, evaluaron los cuatro tratamientos en el laboratorio de análisis sensorial, utilizando metodología descriptiva bajo una prueba de perfil sensorial con escala lineal, para identificar las intensidades de los diferentes atributos que conforman las características sensoriales de olor, sabor y textura presentes en las barras.
- ✓ Evaluar la aceptación-rechazo de los cuatro tratamientos, utilizando metodología afectiva con una escala lineal de siete puntos realizada con consumidores adultos de entre 30 y 70 años.

RESUMEN

El consumo de cereales provee de proteínas y ácidos grasos esenciales para una buena salud. Las barras nutricionales son una forma práctica de consumir nutrientes de calidad, sin embargo, el consumidor promedio elige de un ambiente comercial guiándose por aromas, sabores y frecuentemente por el precio. Es necesario que el consumidor conozca las características de los componentes principales y tenga habilidad de relacionarlas con calidad de alimentos y la habilidad de proveer los requerimientos que favorezcan en su vida diaria. El objetivo del trabajo consistió en evaluar el efecto en las propiedades sensoriales de barras de cereal en relación a la fuente de proteína de origen vegetal (soya) y animal (suero de leche), y fuentes lipídicas de semillas oleaginosas (cacahuates, nueces, almendras). Los tratamientos fueron cuatro barras de cereal de mayor a menor contenido proteico y una de ellas utilizada como control porque reunía las características de una barra común de cereal integral. Los jueces identificaron diferencias entre los tratamientos y midieron la intensidad de los atributos de las características sensoriales y finalmente se evaluó la aceptación-rechazo que tienen estos productos en el mercado. El análisis de composición química muestra correlación con la información en la etiqueta; sin embargo, la actividad de agua (a_w) varió inversamente al contenido de proteína afectando los parámetros de dureza. Las características sensoriales de la prueba triangular del análisis discriminativo mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos. Por otro lado, el perfil sensorial de las características de olor, sabor y textura mostraron efectos significativos para algunos atributos. Diferencias significativas ($p < 0.05$) en la percepción de olor proveniente de granos integrales, refleja un efecto inverso al aumentar la proteína, mientras que, entre los atributos del sabor, la presencia de frutas fue significativamente ($p < 0.05$) percibida entre los tratamientos con relación inversa al contenido de proteína. La característica sensorial de textura mostró efectos significativos ($p < 0.05$) en aquellos atributos de alta función de hidratación, como son la percepción de arenosidad, número de fracturas y alta demanda de secreción de saliva para formar el bolo alimenticio. Observándose, que en arenosidad y saliva necesaria aumentaron linealmente con la presencia de mayor proteína. En ambiente comercial, la preferencia se inclinó significativamente ($p < 0.05$) hacia la barra de menor proteína, al igual que el grosor, el olor y la textura. Específicamente, la preferencia decreció significativamente ($p < 0.05$) en relación al aumento de proteína. En referencia a la alta significancia de los atributos de textura, se concluye que: las barras de cereales nutricionales de alto contenido proteico deben mejorarse respecto a contenido y disponibilidad de agua, además, para reducir los efectos de compactación proteica incluir en la fórmula ingredientes con funciones suavizantes.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos a base de cereales a nivel mundial en 2015 alcanzó una producción de 1,096 millones de toneladas. En 2015 América Latina, produjo cerca de 238 millones de toneladas, superando las 230 millones de toneladas del año 2014 (FAO, 2015). En forma global el aumento del consumo de cereales procesados y enteros, en conjunto con una mayor utilización de semillas oleosas permitirá a América latina proveer de proteína y ácido grasos poliinsaturados en forma consistente. Ello permitirá que todos los países mantengan suficiencia y variedad de cereales y acogerse a las recomendaciones de la ONU rumbo a la autosuficiencia alimentaria respecto al ritmo de crecimiento poblacional (FEAN, 2012; ONU, 2015). Los avances en diagnóstico de problemas nutricionales y tratamiento respecto a balance de nutrientes esenciales, ha demostrado logros importantes en las últimas tres décadas (Hackman et al., 2015). Entre ellos, se considera un adelanto, la publicación de índices glucémicos de ingredientes y alimentos procesados para un mejor autocontrol de la población diabética. Otro es el descubrimiento de que, una reducción conjunta de calorías y de ración, tiene mayor éxito en el apetito; no solo porque regulan la cantidad de grasa, carbohidratos y azúcares, sino, porque debe incluir fibra dietaría total y soluble de cereales, proteína vegetal y ácidos grasos de semillas (Ni Mhurchu et al., 2010). Ello pronostica al término de unos años, mejor control de la obesidad, reducción de los problemas metabólicos de lípidos, mejor manejo de la diabetes y menor número de incidencia en enfermedades coronarias (Melanson et al., 2009).

Hazen (2014), muestra que la innovación en los alimentos de colaciones de todo tipo, incluyendo a las barras de cereales, se ha caracterizado en los últimos años por las innovaciones de sus fórmulas y por la introducción de al menos seis sabores llamados exóticos. Donde, un sabor exótico generalmente se relaciona con aromas y sabores de frutas, hierbas y vegetales tropicales, denominados como línea de infusión que incluyen: jengibre agridulce, naranja-canela-té-verde y otros condimentos, jalapeño, chipotle dulce asado, principalmente. Entre las colaciones, las barras, son un mercado preferido por su bajo esfuerzo en consumo y diversidad de puntos de adquisición para el consumidor. De ahí que, el promedio de ventas en 2014 fue de \$374 billones y se especula un 35% de aumento en 2016 (FAO, 2016; Sloan, 2015). Con base en la innovación, las barras concentran nutrientes y despliegan sabores y texturas que los posiciona en los primeros lugares de preferencia en ciertos nichos poblacionales como; mujeres y hombres adultos, adultos mayores y deportistas (Sloan, 2015). México está experimentando con cambios generacionales, donde el adulto desea reducir los efectos del envejecimiento y llegar a la tercera edad saludable. En donde se tiene el 9.3% de la

población adulta total en 2016 y en 2050 llegará a 21.5% (INEGI, 2016). Estas tendencias son observadas en todos los países del mundo, donde el envejecimiento es sinónimo de enfermedades crónicas de la población. La prevención es la estrategia recomendada por la ONU en 2015, se estima que al centrar la atención en nutrición se pueda lograr; ya que es un proceso fácil de transitar para la población y de menor inversión para el sector salud.

Los supermercados proporcionan el entorno ideal para difundir, promover y exponer al consumidor a experimentar, mediante la degustación, productos innovadores de colaciones densas en nutrientes, por ejemplo, barras de cereales o nutricionales (Ni Mhurchu et al., 2010). La degustación aumenta la conciencia de elegir alimentos; conociendo que, tan sólo 14.4 de 200 decisiones del consumidor están relacionadas a la percepción sensorial y la composición del alimento (Chambaron et. al., 2015). La difusión y educación de los consumidores se integra por varios elementos: 1. Presentación de las características de composición y beneficios del alimento, estas pueden mostrarse escritas o auditivas para la texturas. 2. Crear la expectativa del alimento, al experimentar diferentes sensaciones de olores previos a la degustación. 3. Borrar la expectativa de los estímulos en áreas libres de olores, sabores y ruidos de texturas. Chambaron et al., (2015) encontraron que los consumidores expuestos a dos métodos de difusión, aromas (chocolate) y los que escucharon la información, se inclinaron a elegir alimentos concentrados en energía, en cualquiera de las tres pruebas anteriores respecto a un grupo control. La conclusión presentada fue que la experimentación con uno o más sentidos posee un efecto aditivo al experimentar los atributos de los alimentos y en general la población no es analítica al reaccionar respecto a la motivación sensorial. Sin embargo, la información nutricional por sí sola, para ciertos segmentos poblacionales y básicamente la columna energética es la regla de decisión en establecer la opción de compra (Poonnakasem et al., 2016). Adicionalmente y desafortunadamente para un alto porcentaje poblacional, la decisión final de compra, de un alimento nutricional y en consecuencia su beneficio en la salud esperado, la determina un instrumento externo, el valor en pesos por unidad de alimentos.

Bucher et al., (2015), propone que el consumidor debe educarse teniendo como objetivo diferenciar entre alimentos, experimentando con los atributos que forman los perfiles de cada tipo de alimento nutricional o funcional. El consumidor entiende y pondera la importancia de seleccionar alimentos saludables para prevenir enfermedades y desarrollar buena salud (Ni Mhurchu et al., 2010; Poonnakasem et al., 2016). Las propiedades sensoriales, la procedencia natural o procesado, el tipo de producción natural u orgánica y el aporte de nutrientes esenciales, dan forma al concepto individual en el consumidor para discriminar lo saludable y promotor de bienestar entre las cientos de opciones ofertadas. De ahí que, la importancia de

estos tipos de resultados obtenidos en investigación sensorial, dependen del grupo de evaluadores genéricos, donde tienden a ignorar los componentes específicos, como: tipo de grasas, presencia de sal o tipo y cantidad de proteína. Sin embargo, ambos consumidores, expertos y genéricos, mostraron mayores dificultades para evaluar los platillos completos, que un producto específico (pan o bebida). Ello soporta la necesidad particular de educar al consumidor en referencia a los efectos positivos y negativos de cada componente alimenticio y aún más mostrarle las opciones sobre la selección equilibrada de los nutrientes (Ingredion, 2015).

La evaluación sensorial es una herramienta crítica en el desarrollo de nuevos productos, no sólo para mantener la permanencia de una marca, sino también, para educar a la población que incentive la innovación a través de demandas específicas de alimentos (Mauresa et al., 2015; Stone et al., 2012). Hackman et al., (2014) predice que la innovación en fórmulas específicas se dirigirán a resolver problemas en: expresión genética, metabolismo/microflora, metabolismo energético, cáncer, inflamación y bioingeniería. La innovación de nuevas fórmulas utiliza primero para descartar ingredientes a la metodología sensorial discriminativa. Ésta se realiza a lo largo del proceso de innovación para establecer diferencias en funcionalidad, rendimiento de producción y costos del alimento (Stone et al., 2012). Terminada esta etapa de optimización se usa a la metodología descriptiva para establecer cuáles y en que intensidades se encuentran los atributos de una determinada característica sensorial. Ambas metodologías, tienen el objetivo de desarrollar un alimento con características sensoriales capaces de ser identificables por el consumidor común. Finalmente, los productos pasan al ámbito del supermercado con un grupo seleccionado de candidatos consumidores para evaluar aspectos específicos, en olor, sabor, textura y color (Bucher et al., 2015). La metodología utilizada generalmente es del tipo discriminativa para emitir una respuesta de preferencia sobre un alimento conocido y experimentado previamente; frente, a otro de reciente creación. En una segunda etapa los consumidores generalmente evaluarán la preferencia del producto utilizando escalas de agrado y desagrado (Stone et al., 2012).

La metodología sensorial tanto discriminativa como descriptiva arroja respuestas para estimar la probabilidad de compra del consumidor. La información obtenida es útil con la restricción correspondiente del diseño de experimentos seleccionado para la prueba. Las empresas utilizan la información obtenida con consumidores en el rediseño de las características sensoriales de los alimentos aceptados por los consumidores. De aquí que, las metas y objetivos específicos de este trabajo se centraron en: establecer una relación entre el contenido proteico y graso de las barras de cereales funcionales y su manifestación en las

características sensoriales con jueces con entrenamiento básico en el laboratorio. Para ello, se seleccionaron barras de diferente contenido y origen de fuentes proteicas y lipídicas. Por último, utilizando consumidores se estableció la relación entre la composición de la barra y la aceptación-rechazo del consumidor, misma que se analizará contemplando una posible relación de percepción sensorial y con la aplicación de criterios de selección del consumidor en este tipo de productos de alta nutrición.

ANTECEDENTES

Las Naciones Unidas (ONU) en su reporte de la FAO (Food and Agriculture Organization) reconocen que el principal reto nutricional a resolver en 2050, será cubrir los requerimientos proteicos y lipídicos de nueve billones de pobladores que se alcanzarán mundialmente. En él cual señala tres acciones básicas, para considerarse en el diseño de alimentos, ellas son: aumentar la presencia de proteína vegetal, promover la sustentabilidad proteica en todos los países y reducir la pérdida de fuentes proteicas. Además, respecto a lípidos, recomienda un tratamiento holístico que incluya el consumo de semillas integrales con la meta de balancear la presencia de ácidos omega nueve, seis y tres, principalmente (ONU, 2015). Respecto a ambos componentes nutricionales, la industria alimentaria debe sensibilizarse e interpretar correctamente el mensaje. Porque tanto la proteína, como los lípidos, son críticos para el desarrollo humano, sin embargo, la recomendación se suscribe considerando que los países desarrollados, posiblemente deban reducir el consumo; mientras que, los subdesarrollados y en carencia de alimentos, el consumo requiere de aumento y balance de nutrientes. Este contexto en general es susceptible a ser alcanzado, sin embargo, la industria no deberá descuidar la variedad de alimentos que debuta diariamente en el mercado, ni su impacto nutricional asociado en los diferentes estratos poblacionales de cada país, en particular en nuestro contexto territorial mexicano (FEAN, 2012; ONU, 2015).

México en la persecución por atender el crecimiento de la población y solventar sus necesidades nutricionales, tendrá que incrementar los productos alimenticios y el rendimiento en la explotación de la tierra invirtiendo en agricultura y ganadería (FAO, 2012). McCarthy, Lipper y Branca (2011) señalan que un enfoque hacia la “agricultura climática inteligente” ayudaría a la política actual. Se esperan mejores resultados en el aseguramiento de alimentos en el futuro, como resultado de combinar estrategias y haciendo crecer o mantener el crecimiento que demostró tener en 2006, donde el 66 % de las subvenciones proporcionales del gasto rural repercutieron en el 34 % del bien público (Ferroni y Castle, 2011).

La volatilidad de los precios en los alimentos y en especial de los cereales, inciden en la persistencia del hambre mundialmente, incluyendo a México. Cabe señal, que el consumo en los hogares rurales creció en 48 % al término de nueve años del inicio del programa *Oportunidades* (Gertler, Martínez y Rubio-Codina, 2012). Este crecimiento se le atribuye a la inversión del 14 % de las transferencias recibidas en bienes animales de granja, tierra de cultivo y microempresas. México produce un mayor volumen de alimentos, sin embargo, una fracción se pierde, debido a carencias en los canales adecuados de distribución, procesamiento y

conservación en tiempo y forma. La pérdida global se sitúa en torno al 30 % para cereales, 40 % para tubérculos, 50 % para hortalizas, 20 % para oleaginosas y 30 % productos pesqueros (FAO, 2011). La ciencia y tecnología tiene un camino amplio y urgente que recorrer para reducir las pérdidas por desperdicio de alimentos, centrándose en procesar o educar al público consumidor en la selección respecto a concentración y fuentes de los diferentes ingredientes por volumen y precio. En este renglón la visión sensorial de calidad y frescura de los alimentos percibido por el consumidor tendrá un papel importante.

Procesamiento de Cereales

Desde el 2008 al 2015-16 la producción de cereales ha aumentado. En el 2015 a nivel mundial los cereales producidos alcanzaron 2,498 millones de toneladas (**Figura 1**); de los cuales 1,096 millones de toneladas se destinaron para el consumo o utilización de alimentos y el resto se utilizó para piensos. En general, el pronóstico actual es de 3,072 millones de toneladas de cereales producidos, lo que permitirá aumentar la existencia de alimentos a base de cereales en 14% sobre la temporada anterior (FAO, 2015). Para México se pronostica que aumente en producción de cereales de 227.1 ($\times 10^6$ toneladas) en 2013, a 237.8 ($\times 10^6$ toneladas) en 2015; de los cuales 3.6 ($\times 10^6$ toneladas) fueron de trigo y 34.6 ($\times 10^6$ toneladas) de granos secundarios (cebada, maíz, centeno, avena, mijo, sorgo, alforfón, quínoa, fonio, granos mezclados y otros), como se observa en la **Tabla 1**.

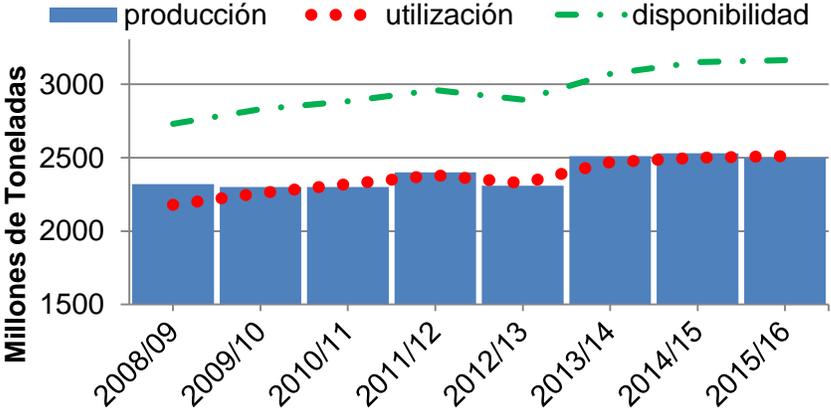


Figura 1. Balance de mercado mundial de cereales estimado de 2016.

Fuente: FAO 2015; a partir de: RAO RLC, estimación de la FAO sobre la oferta y demanda a febrero de 2016.

Tabla 1. Producción de cereales (millones de toneladas) en América Latina.

País / Región	Trigo		Granos secundarios		Arroz		Total de cereales	
	2014	2015 ¹	2014	2015 ¹	2014	2015 ¹	2014	2015 ¹
Sudamérica	24.7	21.1	137.6	145.4	24.7	25.6	187.1	192.1
Mesoamérica y Caribe	3.7	3.6	36.4	39.4	3	2.9	43.1	45.7
México	3.7	3.6	31.8	34.6	0.3	0.2	35.8	38.4
América Latina y el Caribe	28.4	24.7	174	184.6	27.7	28.5	230.2	237.8

Fuente: FAO, 2015

¹ correspondiente a estimaciones

El ciclo comercial de 2012 a 2015 muestra crecimiento en la producción y consumo de trigo (8.0 %), maíz (17.5 %) y arroz (15.3 %); mientras que, las oleaginosas como el cártamo disminuyó (65.0 %) y en contra peso la soya aumentó (17.7 %) (SIAP-SAGARPA, 2014). Al procesamiento de granos, se debe agregar los volúmenes de importaciones; como son 22,257 millones de toneladas de maíz y 4534 millones de toneladas en trigo (FAO, 2015; SIAP-SAGARPA, 2014). La producción y consumo de alimentos también muestra crecimiento y se inclina hacia alimentos procesados. La predicción hacia 2030 observa que las calorías consumidas por día/persona inclinarán a componerse de aceites vegetales, trigo, cárnicos y azúcar. Por otro lado, el arroz y otros cereales no mostraran cambios en el consumo (**Figura 2**). Sin embargo, los volúmenes de producción de alimentos tenderán a incrementarse en proporción, para satisfacer un aumento de aproximadamente 1000 calorías por día por persona (2000 a 3000 Kcal/persona/día), que serán necesarias al consumo predicho en demandas en 2030 respecto al promedio reportado en la década de los sesentas (FAO, 2015).

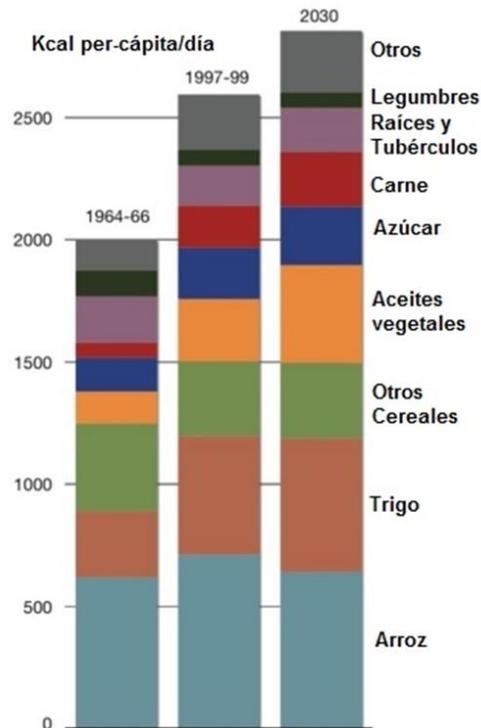


Figura 2. Evolución del aporte calórico de la población estimado a 2030.

Fuente: http://www.grida.no/graphicslib/detail/dietary-change-in-developing-countries-1964-2030_63b6. Original de: Food and Agricultural Organization of the United Nations FAO, 2003. World agriculture: towards 2015/2030 Summary report. Rome, FAO and London.

Los requerimientos de la población de proteína, ácidos grasos, minerales y vitaminas esenciales, en general son satisfechos con alimentos procesados. En México, los productos de panificación siguen siendo una fuente nutricional importante, ya que aportan entre el 50-60 % de la energía necesaria en promedio, 1,296 Kcal/persona/día (Araneda, 2015). En la actualidad se procesan 5,842 millones de toneladas de trigo y en promedio 1,500 millones de toneladas de avena panificables y se estima sigan en aumento (SIAP-SAGARPA, 2014). El consumo de productos de panificación crecerá en 2016 hacia el uso de mezclas de granos integrales (Gil, 2010; SIAP-SAGARPA, 2014), que sufran mínimo procesamiento y sean elaborados bajo la normatividad NOM-147-SSA1-1996 (NOM-1996). Los granos (trigo, arroz, avena, maíz, centeno) presentan en su fracción comestible mayor concentración de nutrientes que los granos refinados; éstos se componen de un 8.0 % a un 13.0 % de proteína; 1.0 % a 6.0 % de lípidos y entre 3.0 % y 14.0 % de fibra (Gil, 2010). La **Figura 3** muestra pérdidas de nutrientes y la

necesidad de suplementación o enriquecimiento de ciertos minerales y vitaminas para tres tipos harinas de trigo, integral, refinada y enriquecida. Sin embargo, la pérdida en proteína y fibra generalmente no son restituidos y representan solo el 78.0 % y 25.0 %, respectivamente en la fracción comestible de harinas refinadas. En la actualidad, la industria compensa en lo posible la pérdida de varios nutrientes reincorporando el contenido de germen y pericarpios (salvado) a las harinas de uso industrial y del hogar garantizando un mejor balance nutricional a los productos de panificación.

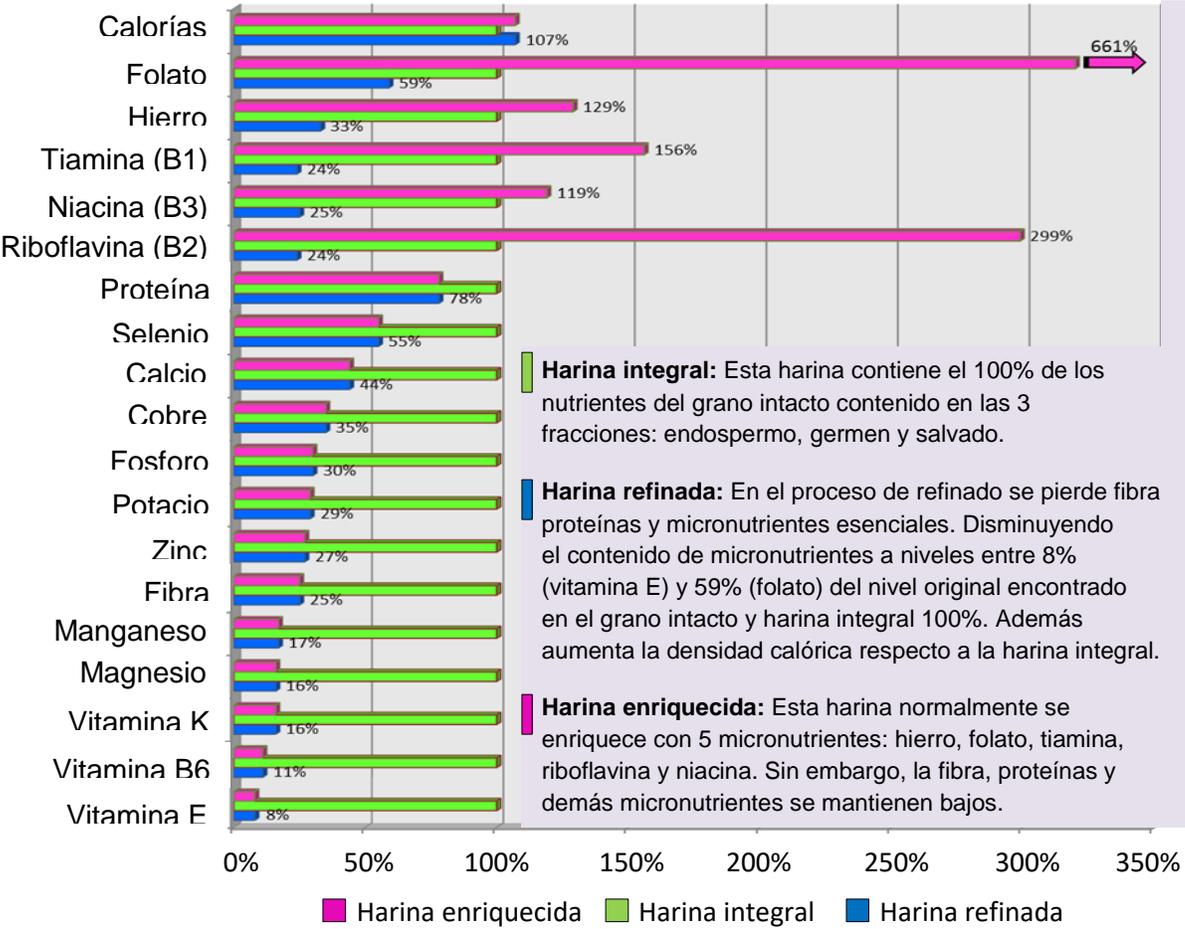


Figura 3. Pérdida de nutrientes por el tipo de procesamiento de cereales.

Fuente: http://wholegrainscouncil.org/files/backup_migrate/WGvsEnriched2011.pdf;

Araneda 2015.

El mercado de cereales para el desayuno en México, la tasa anual en los últimos años ha sido de 2.1 % y representa el 44.0 % para la empresa Kellogg's y 18.0 % para Nestlé (SIAP-SAGARPA, 2014). A nivel mundial el crecimiento del mercado de los cereales procesados creció en 15.7 % entre 2006 y 2008. La innovación en procesamiento de cereales encaminados en satisfacer los objetivos poblaciones en nutrición, salud y bienestar, el cual es generado por las grandes marcas comerciales como General Mills, Nestlé y Weetabix han crecido el 12.0 % entre 2013 y 2014, en el comercio local y aumentado sus exportaciones de sus productos innovados (Alsaffar, 2016). La perspectiva de crecimiento para 2017 es de 2.4 % como tasa anual, basado en la inclusión de nuevos productos que satisfagan las tendencias de alimentación de la generación Millenio. Los cereales son buenos acarreadores de nutrientes, transformándose en alimentos funcionales de incomparable practicidad para ser adoptados como desayuno y/o cena, baja en calorías (Dyson y Beckman, 2010). Lezcano (2010) establece tres categorías de cereales procesados, inflados (al romperse el endospermo se inflan), aplastados (las mezclas de granos se laminan) y de copos u hojuelas (cocinados con jarabes y después secados y tostados). En el segundo grupo se encuentran las barras de cereales integrales y las barras nutricionales. Estas generalmente provienen de combinación de granos enteros y pulidos, entre ellos avena, arroz, salvados, trigo y maíz. La variedad se logra con la inclusión de pasas, almendras, manzana, azúcar morena, miel, lactosa, leche en polvo y chocolate. Las barras nutricionales en cambio son enriquecidas con proteína láctea, vegetal (leguminosas) y soya, con el objeto de subir la proteína; además se aumenta el contenido de frutas secas como almendras, nueces, cacahuates y pistachos para mejorar la fuente grasa (Lezcano, 2010).

Procesamiento de Barras de Cereales

El procesamiento de cereales nació en 1863 en Nueva York Estados Unidos con el nombre de "Granula" para reunir los requerimientos religiosos de la comunidad de aquellos tiempos. El proceso de fabricación fue un tanto impráctico ya que requería de largo tiempo y mano de obra, el cuál no prosperó. Más tarde, 1877, John Harvey Kellogg trabajando con pacientes con problemas intestinales en el Hospital Battle Creek elaboró una nueva "Granula" de fácil preparación y mayor aceptación. El nombre lo cambió a "Granola" gracias a una resolución de la corte, para no invadir los derechos de autoría de James Caleb en Dansville, NY (Raga, 2016). En 1906 Keith Kellogg fue quien inventó las hojuelas de maíz y fundó la empresa conocida como Kellogg's Company. En la actualidad existen más de 500 productos diferentes de cereales

y de diferentes fabricantes que comercializan los cereales procesados mundialmente. Las marcas famosas como Kelloggs, Post, General Mills, Pepsico y Kraft Foods dominan el mercado (Lezcano, 2010). El éxito se centra en innovación del producto de cereales; en el campo de su composición y en su comercialización, dirigiendo un porcentaje de nuevos productos innovados para el sector *premium* del sector salud, enfocadas a satisfacer las necesidades de cada país en que comercializan cereales.

La tendencia de preferencia y consumo de productos de cereales y panificación responden a tres componentes específicos: los destinados a niños, las promociones y publicidad específicas a cada nuevo producto y las demandas de cereales de alta especialización que incluye a nutraceúticos e ingredientes orgánicos (Ray et al., 2015). En este último aspecto se centra a las barras de cereales integrales y las barras funcionales nutricionales de alto contenido de proteína y ácidos poliinsaturados. Los nichos sobresalientes son los niños, mujeres y deportistas entre otros. Las demandas nutricionales de éstos grupos se centran en: ácido fólico, hierro, magnesio, fósforo, calcio, proteína y ácidos omega sin ácidos trans. Las fórmulas innovadoras que reúnan las características de bajo procesamiento que imprima variedad de sabores, texturas, formas y composición acorde a los estilos de vida (Ferreira et al., 2009). Estas fórmulas gozan de la etiqueta nutricional en comparación con los cereales procesados y destacan la presencia o fuentes de grasas y proteínas, además, manifiestan la exclusión de edulcorantes, colorantes y saborizantes entre otros (Ray et al., 2015).

Tipos de procesamiento de barras. Desde el nacimiento del procesamiento de cereales se exploran dos procesos para producir un alimento comestible, uno sin horneado y otro con horneado necesario (Prasad et al., 2015). El proceso sin horneado involucra un mezclado y formado del producto ayudado de un coadyuvante o aglutinante. Mientras que el otro, adicionalmente al proceso de mezclado requiere de horneado, después de varias etapas de fermentación y conformado (Zenteno, 2014). Las barritas nutricionales pueden fabricarse por ambos caminos usando mezclas de ingredientes, aglomerantes, saborizantes y edulcorantes naturales o sintéticos. La **Tabla 2**, muestra los ingredientes necesarios, donde los más comunes son la avena en primer lugar, el trigo (refinado o integral), y el arroz (molido o en grano entero). Las barras con base de avena (25.0 y el 53.0 %) proporcionan de 20.0 a 25.0 % de la fibra, en promedio 14.0 % de proteína y 4.0 % de β -glucanos. Mientras que la adición de frutos secos grasos, imprimen sabor, aumentando la proteína hasta el 20.0 % e incluyendo ácidos grasos omega; tres, seis y nueve esenciales, vitamina del complejo B, fibra, potasio y

Tabla 2. Composición base de barras de cereales a base de avena, otros granos y altas en proteínas.

Ingredientes principales	%	Porción de 1 K (g)
BASE AVENA		
Hojuelas de avena	23-33	230-330
Salvado de avena	10	100
Harina de avena	10	100
Hojuelas de arroz	8	80
Malto dextrina	7	70
Lecitina de soya	0.2	2
Gelatina hidrolizada	3.7	37
Pasas o fruta seca	3	30
Ácido cítrico	0.04	0.4
Esencias de vainilla	0.1	1
Total de insumos secos	70	700
Glucosa	5	100
Azúcar rubia	10	50
Sorbitol	15	150
Total agentes ligantes	30	300
BASE DE OTROS GRANOS		
Harina de trigo integral	17	170
Expandidos de arroz	15	150
Maíz entero (extruido)	15	150
Hojuelas de avena	23	230
BASE ALTAS EN PROTEÍNA		
Concentrado de leche	20	200
Azúcar (glucosa)	40	400
Glicerol	15	150
Agua	15	150
Mantequilla de cocoa	10	100

Fuente: Loveday et al., 2009; Oliveira et al., 2012; Zenteno, 2014.

zinc a las barras nutricionales. Los cacahuates pueden ser agregados según la fórmula, hasta en un 18.0 %, mientras que el contenido de almendras y nuez varía entre 5.0 % y 8.0 %. Sin embargo, estas barras deben estar contenidas en paquetes con exclusión de oxígeno, debido a que los ácidos grasos poliinsaturados esenciales, tienden a oxidarse, al ser protegidos promueven la estabilidad y la aceptación de la barra conservando la frescura del olor, sabor y la textura (Loveday et al., 2009).

Etapas del procesamiento de barras. En el proceso sin horneado, la operación unitaria crítica es el amasado de los ingredientes y reposo después del formado de la barra. Generalmente se formulan dos tipos de bases, los ingredientes sólidos y los líquidos o semilíquidos. Los ingredientes sólidos **Tabla 3** donde el horneado se ejecuta a 100-105°C o de 150 a 220°C para las de base de avena (>60.0 %), generalmente entre 15 y 20 min hasta alcanzar humedades entre 3.0 % y el 5.0 %. El mercado para las barras altas en proteína son los deportistas y las mujeres, éstas no son horneadas, aportan hierro, ácido fólico y calcio. Mientras que las barras crujientes son horneadas y se componen de mezcla de una cereales con proteína entre 5.0 % y el 8.0 %. El principal atractivo es su colorido, textura y despiertan gusto y deseo de consumirlas; éstas fórmulas y diseños son ideales para el nicho de mercado de los niños (Lezcano, 2010). La **Tabla 4** muestra la composición predominante y la **Figura 4** muestra las operaciones unitarias principales de ambos procesos. Partiendo que los cereales son producidos en el campo, almacenados y distribuidos a las industrias son necesarias las etapas de selección y limpieza. México cuenta con un proceso estandarizado para la supervisión y comercialización como se observa en la **Figura 4**. Ella también muestra las operaciones necesarias del procesamiento dentro de una planta de cereales. Los aislados de vegetales, lácteos, sangre se incluyen con mayor frecuencia en todo tipo de cereales extruidos. La proteína aumenta la calidad nutricional, además tecnológicamente equilibra y mantiene la humedad y provee de textura. Por otro lado el almidón o las hojuelas, granulados o harinas de maíz incrementan el volumen y aportan textura a las diferentes fórmulas procesadas. Por otro lado, la mezcla de líquidos incorporados no debe sobrepasar el 16.0 % como el azúcar y se compone de agua, productos lácteos, edulcorantes tipo jarabes, aceites vegetales y jugos frutales. Estos son absorbidos por los almidones, proteínas y carbohidratos complejos como cascarillas o salvados de diferentes granos. El contenido de fibras generalmente varía en rangos de 1.0 % a 8.0 % dependiendo del producto a fabricar (Zamora-Gasga et al., 2014).

Tabla 3. Componentes de mayor frecuencia en dos tipos de procesos para producir barras de cereales.

Grupos	Ingredientes	Proceso no horneado	Proceso horneado (100-220°C hasta <5% humedad para base avena)
Granos	Avena (hojuelas, salvado y harina integral)	x	x
	Arroz (hojuelas o expandido)	x	
	Trigo (entero, refinado, salvadillo, expandido)	x	
Edulcorantes / Aglomerantes	Malto dextrinas	x	
	Lecitinas (soya)		x
	Mieles, binasas y jaleas (abeja, agave, maple, frutales)		x
	Azúcar blanca o morena, molasas	x	
Aglomerantes	Productos lácteos fermentados		x
	Gelatina hidrolizada	x	
Proteínas	Gomas		x
	Aislado y concentrados de soya		x
	Aislados y concentrados de leche		x
Saborizantes: ácidos grasos polinsaturados	Aislados y concentrados de vegetales		x
	Frutas secas (uvas, arándanos, dátiles, coco)	x	x
	Frutas oleosas (cacahuates, nueces, almendras)	x	x
	Esencias (vainilla, jugos frutales concentrados)	x	
	Chocolate (polvos, trozos, mucílagos, cascarillas, extractos o licores)	x	x
Fuentes grasas	Hidrogenadas vegetales	x	
	Margarinas y mantequillas	x	
	Aceites líquidos	x	x

Fuente modificado de: Ferreyra, 2014; Zamora-Gasga, 2014; Prasad et al., 2015.

Tabla 4. Composición y estabilidad barras de cereales en el mercado.

	Típica %	Granos integrales %	Nutricionales %
Proteína	7-12	8-14	>25
Ácidos Grasos	3-8	3-11	14-18
Fibra	2-5	4-8	4-8
Antioxidantes	70/100% jugos frutos	Los propios de los cereales	Isoflavonas de soya
Estabilidad (días)	180 -300 días	90-150 días	90 días
Dependiendo del tipo de empaque			
Ingrediente principal que determinará la estabilidad	Humedad (dureza)	Humedad (dureza) Lípidos (oxidación)	Oxidación por: 1°Cacahuates 2° Aceites líquidos Dureza por la relación De proteína-humedad

Fuentes modificada de: Ferreyra et al., 2009; Loveday et al., 2009; Zenteno, 2014; Zamora-Gasga et al., 2014.

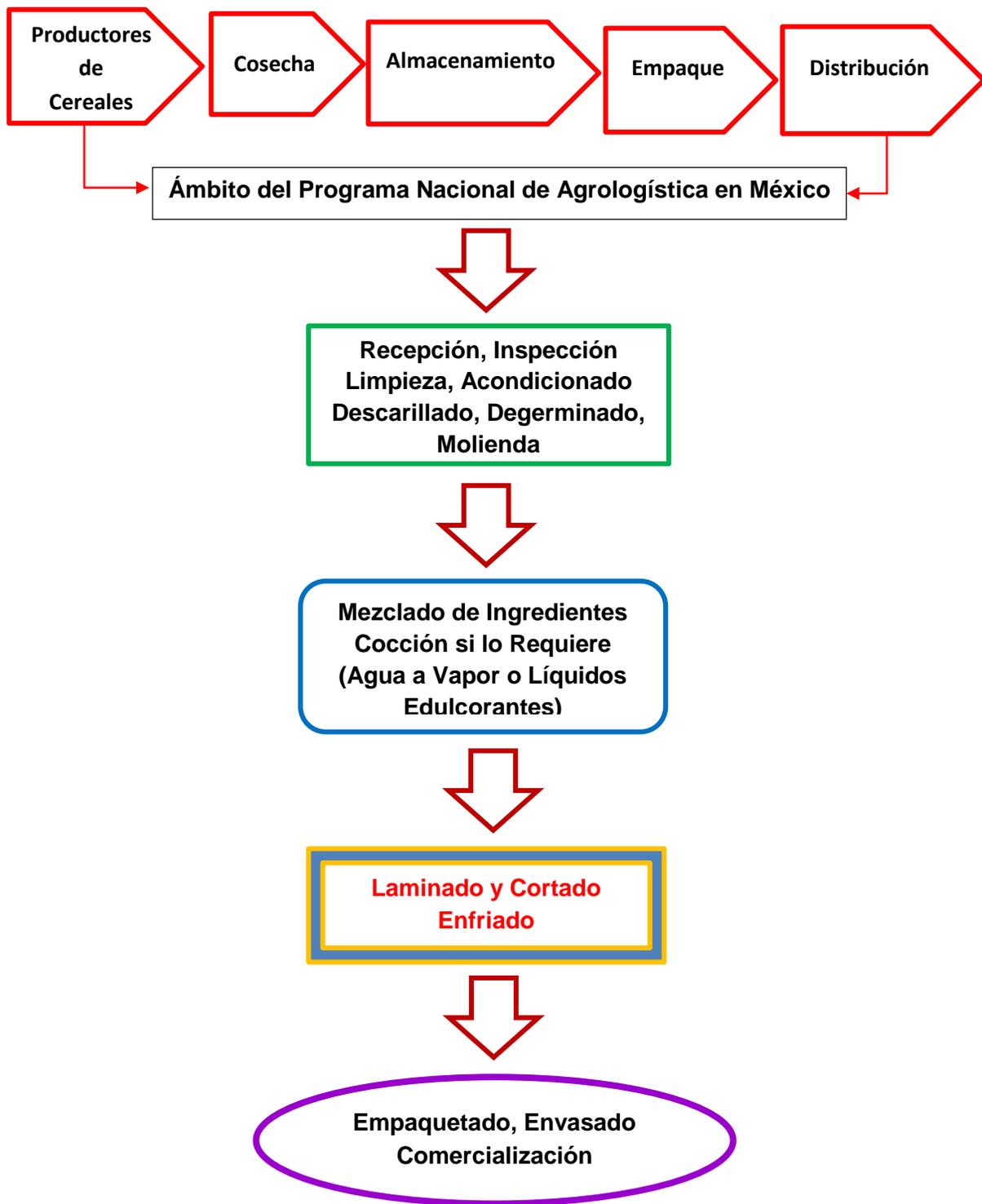


Figura 4. Principales operaciones unitarias en el proceso de elaboración de barras de cereales.
 Fuentes: modificado de www.sagarpa.gob.mx; Lazcano 2010.

Nutrición y consumo de productos de cereales. Diario se procesan un promedio 4,000 millones de toneladas de cereales; incluyendo a los de consumo caliente, frío, galletas, barras y granolas entre otras. La producción se destina al consumo interno y explotación en la mayoría de los países (FAO, 2015). La comercialización de cereales en 2010 fue en promedio de \$2,000 dólares americanos por tonelada. Observándose que el consumo de cereales tiene impactos determinantes en la nutrición y en el medio ambiente respecto a su procesamiento (Alsaffar, 2011). Sloan (2015) resume en 10 productos de la industria los cuales gozarán de preferencia en el mercado, principalmente por los beneficios que aportan al consumidor en término de la innovación de su fórmula y el procesamiento. Entre ellos destacan por la preferencia, las barras nutricionales de granos enteros (48.0 %), con alto aporte de proteínas-mínimo procesamiento (31.0 – 33.0 %), fibra (35.0 %), antioxidantes (20.0 %), entre otros. En 2016 los alimentos funcionales son preferidos por el 55.0 % de la población estadounidense, de las cuales el 66.0 % de ellos su elección se relaciona a razones de salud general, 40.0 % para controlar el peso, 38.0 % para reducir el consumo de sodio-azúcar-AGS, 35.0 % para mantener el peso y 10.0 % por intolerancia/alergias alimentarias (Sloan, 2016). Estos grupos de alimentos en el mercado generaron \$55.1 billones de dólares en 2015 y la proyección de ventas para 2017 ascenderá a \$63.3 billones en alimentos funcionales (Sloan, 2015).

Ni Mhurchu et al., (2010) sugiere que las estrategias de precios en ofertas de los productos nutricionales establecido por un programa oficial, influencia positivamente las decisiones del consumidor en la selección de alimentos funcionales, en comparación de un mercado abierto donde las decisiones provienen de cada consumidor. Este análisis mostro que el consumidor se inclina a consumir alimentos concentrados en nutrientes, en adición promueve la selección de frutas, vegetales, cereales integrales y fuentes poliinsaturadas de grasas. Para el consumidor, la permanencia en el programa repercute satisfactoriamente en su control de peso y para mantener las recomendaciones médicas nutricionales. Los alimentos integrales ricos en nutrientes, funcionan adecuadamente para alcanzar la satisfacción y gratificación, que propone la ecuación del placer al consumir alimentos; entre ellos se listan a los productos de avena, barras integrales-suplementadas con aislados y concentrados proteicos (Rebello et al., 2015).

Melanson et al., (2009) sugiere que la acumulación de grasa corporal de los latinos se relaciona directamente con un aumento rápido de sobrepeso que en los no latinos. El comportamiento es resultado de los hábitos de consumo desde la infancia, donde la frecuencia y ración de grasas saturadas consumidas predominan respecto a la aportación total de energía. Así los problemas cardiovasculares, diabetes y síndrome metabólico aparecen desde temprana

edad en niños y adolescentes (6 a 16 años), aunque estos estudios son en Estados Unidos. En México se observan tendencias conductuales similares. Por otro lado, el consumo excesivo de grasas, carbohidratos y deficiencias en nutrientes esenciales, como proteína de calidad, vitaminas y minerales provoca no solo sobrepeso y problemas cardiovasculares, sino también inflamación y envejecimiento. Al respecto Hackman et al., (2014) sugiere estrategias para reducir el problema en el 2020, entre ellas sugiere equilibrar el metabolismo calórico, omitiendo soluciones fáciles o emocionales de poco alcance. Estas serían aumentando el consumo de fuentes proteicas y fibra total en acarreadores de cereales integrales, aumento del consumo de vegetales y alimentos de bajo procesamiento. Seal et al., (2016) sugiere a América Latina establecer programas de educación, para aumentar el consumo de fibra de los cereales, ya que en los últimos 20 años el consumo ha disminuido de 52g a 23 g/día, además mejoraría la identificación-comprensión en la relación dieta y salud. Este consumo representa una ración de las cuatro recomendadas por diferentes organismos de salud.

La compactación de nutrientes macro y micro en una barra de cereales hace posible que tecnológicamente se alcance el equilibrio nutricional necesario para una población específica. Chlup et al., (2004) mostró que los índices glucémicos de pan blanco frente a barras nutricionales de cereales con alta cantidad de proteína mostraron bajos índices glucémicos, en un 8.0 %. Aunque, la respuesta no fue diferente entre hombres y mujeres al consumir pan o barras, para mantener la energía durante la mañana, se observó mayor preferencia por las barras, en términos de satisfacción sensorial. La satisfacción sensorial es de mayor intensidad cuando la grasa hidrogenada típica es substituida por nueces, observándose beneficios adicionales en el aporte de ácidos grasos omega en función de la presencia (4.0 % - 8.0 %) de almendras<cacahuates<aceites vegetales poliinsaturados (Frewer et al., 2003). En general, los requerimientos de proteína y grasa varían, en un adulto 49-55 g de proteína y en niños (7-10 años) 48-52g y 32-74g respectivamente (FAO, 2015). Las barras de cereales son sin duda buen acarreador de cantidad y calidad de proteínas y ácidos grasos, considerando que pueden aportar hasta el 40.0 % de dichos requerimientos. Las proteínas son necesarias para ejecutar actividades biológicas desde enzimas, hasta la formación y recuperación de masa muscular, es de suma importancia la biodisponibilidad de estas. Foegeding (2015) reporta que la proteína animal o vegetal en forma de concentrados y formuladas en las barras provee ambas funciones; las tecnológicas, para obtener la calidad deseada y las que aportan biofuncionalidad deseada en el alimento. Las fuentes de concentrados proteicos incluidos en fórmulas de barras, se encuentra las de suero de leche, soya, chícharos, carne y sangre vacuna entre otros, donde las concentraciones pueden variar entre 48.0 y el 90.0 % (Zonoza et al., 2015).

Principales problemas tecnológicos de las barras de cereales. Si bien es cierto la proteína es un polímero de alta actividad biológica y versatilidad funcional, también, limita las propiedades estructurales contribuyendo a problemas tecnológicos en la suavidad de los productos a base de cereales (Foegeding, 2015). El papel de la proteína en el procesamiento de alimentos es del tipo estructural. La hidratación y formación de redes es la principal propiedad necesaria para dar forma y tamaño a un alimento como lo son en el desarrollo y fermentación del pan, la estructura, forma y consistencia de productos cárnicos y lácteos, entre otras. La **Figura 5** muestra que la formación de redes proteicas con otros macro y micro componentes determina la estructura y estabilidad deseada. Otro efecto de las proteínas es la versatilidad y complementación en el proceso de sustitución y complementación de fuentes funcionales atípica en los cereales, como huevo, leche, aislados y concentrados, esto para mejorar tanto las características funcionales como nutricionales (Zamora-Gasga, 2014). La estructura de molecular de la proteína caracterizada por las propiedades químicas y físicas se asocia con la estabilidad estructural, para hidratarse, deformarse y para volver a formar una estructura definitiva del alimento. Por otro lado, la estructura de un alimento de cereales suplementados con proteínas es un sistema que necesita del trabajo coordinado de la suma de sus propiedades para proporcionar la capacidad de las siguientes asociaciones: formación coloidal donde los sólidos dispersos en líquidos (llamado estado “sol”), capacidad emulsificante de líquidos dispersos en líquidos, formación de espumas donde un gas es disperso en un líquido y finalmente la formación de un gel de una fase continua de sólidos rodeada de líquidos que trabajan en conjunto para desarrollar la textura ideal de una barra nutricional. La función de la proteína durante la hidratación y amasado se reflejará en las características sensoriales de dicho producto, como son textura, sabor, olor y color.

En la actualidad el sector salud promueve a niños y adultos la selección de alimentos saludables, bajos en grasas y/o edulcorantes y ricos en proteína y/o granos integrales, que aporten fibra y microcomponentes (Biguzzi et al., 2015). La literatura muestra varios caminos para satisfacer la recomendación previa, sin embargo los resultados se han visto limitados porque la reducción de edulcorantes, sal y grasa sólida, generalmente por el impacto en las características sensoriales y preferencia de los productos de cereales integrales reducidos en calorías (Biguzzi et al., 2014). Ambos artículos presentan al edulcorante (30.0 a 22.0 %) y cantidad de grasa (17.0 a 11.0 %) como determinantes en la preferencia, sin embargo la textura de los bollos jugó un papel determinante por el tipo de grasa incluida, fueron menos preferidos los de menor contenido de grasa saturada. La selección se debió tanto a los parámetros de

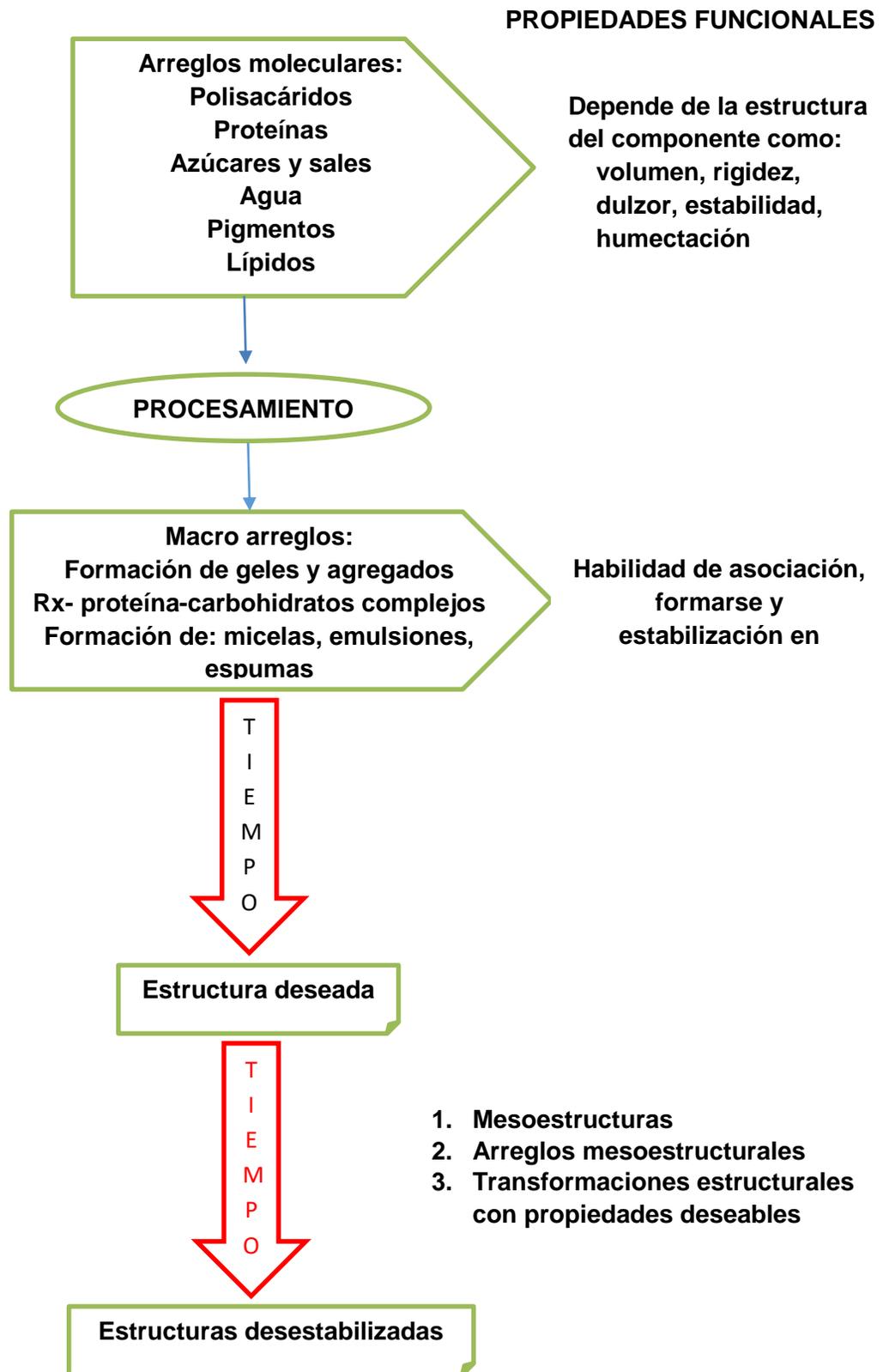


Figura 5. Formación de redes proteicas con otros macro y micro componentes que determinan la estructura y estabilidad deseada.

Fuente Modificada de: Foegeding, 2015.

sabor como de suavidad de los bollos. Sin embargo, en el contexto globalizado de oferta y demanda de alimentos, el consumidor constantemente está cambiando de parámetro determinante para etiquetar su preferencia. En la actualidad, la proteína tanto en fuente como concentración en conjunto con fuente grasa se inclina a alimentos que contengan granos integrales, avena preferentemente, aislados de leche, soya y vegetales en concentraciones de 8.0 a 20.0 % y fuente de grasa poliinsaturada del tipo nuez, cacahuete y almendra variando entre un 15 y 20% del contenido calórico (Butcher et al., 2015).

Durante el desarrollo de las fórmulas de barras de cereales, éstas pueden formularse hasta cubrir los requerimientos de una gama de demandas nutricionales. Sin embargo, la estabilidad muestra efectos específicos con composición (Biguzzi et al., 2015; Foegeding, 2015). Las barras con baja humedad se asocian directamente al aumentar la proteína y lípidos presentes. Esto favorece la estabilidad, pero podrían manifestar aumentos significativos en la textura de la barra (Zamora-Gasga et al., 2014). Estas diferencias se atribuyen específicamente a reacciones hidrofóbicas de las moléculas proteicas y lipídicas a enlazarse con el agua, mostrando menor capacidad de retención de humedad durante el horneado (Foegeding, 2015). La baja humedad en conjunto con la adecuada selección de empaque, generalmente favorece la estabilidad y carece de efectos en la composición. La fuente de lípidos de semillas va acompañada de proteína, fibra y minerales. Respecto a lípidos poliinsaturados son positivos a la salud pero su composición de ácidos grasos (**Tabla 5**) afecta las características sensoriales, si el empaque u otros componentes actúan como prooxidantes (Quiroz-Moreno et al., 2013). La fibra proporciona poros micromoleculares capaces de intercomunicarse para mejor distribución tanto de lípidos polares como de agua, favoreciendo la suavidad de las barras (Zamora-Gasga et al., 2014; Foegeding, 2015). Oliveira et al., (2012) reporta que los cereales aportan calidad nutricional respecto a minerales, proteínas, antioxidantes, fibra y la adición de proteína (>15.0 %) y/o lípidos (<30.0 % de calorías) favorece la complementación de los componentes, resultando en mayor aceptación del consumidor.

Tabla 5. Porcentaje de ácido grasos en semillas oleaginosas

Nutriente (%)	Semillas de Oleaginosa				
	Soya	Maní	Girasol	Palma	Oliva
Palmítico	10.5	12	7.5	45	13
Esteárico	3.2	2.2	5.3	4	3
Oleico (w9)	22.3	43.3	59.3	40	71
Linoleico (w6)	54.5	36.8	57.9	10	10
Linolénico (w3)	8.3	0.0	0.0	0.0	1

Fuente modificada de: Chávez, 2013

Evaluación Sensorial: Herramienta en el Desarrollo y Aceptación de Nuevas Fórmulas

El análisis de la calidad del desarrollo de nuevas fórmulas en un proceso industrial se compone de tres tipos de parámetros: los cuantitativos (cantidades de ingredientes por unidad de peso o volumen), los invisibles (nutricionales, estabilidad y toxicológicos) y las características sensoriales del alimento creado. Estos tres parámetros se evalúan en diferentes puntos de la línea de producción, poseen un protocolo específico de seguimiento y aseguran tanto las características composicionales, la estabilidad y la aceptación del consumidor del nuevo producto (Varela y Fiszman, 2012). Durante el desarrollo de la nueva fórmula, en cuanto al análisis sensorial se ejecutan las metodologías discriminativas. Éstas permiten evaluar los efectos de la cantidad, así como del origen y composición de los ingredientes, y en la manifestación de cambios positivos o negativos en las características sensoriales del alimento terminado. Por lo tanto, pondera la modificación en fórmulas independientemente del propósito inicial del diseño (Stone y Sidel, 1995). Por otro lado, una vez establecida la composición y las características de proceso se aplican las metodologías descriptivas. Éstas determinan para cada característica sensorial (color, olor, sabor y textura) los atributos que los conforman. Por ejemplo, describen en cuáles atributos y en que intensidades de la característica sensorial, serían determinante para la selección del alimento por el consumidor. La gran gama de metodologías la presenta la **Figura 6**.

La evaluación sensorial es una ciencia que depende de diferentes metodologías ejecutadas por disciplinas científicas auxiliares al diseño y tecnología de producción de los alimentos. Ella involucra las percepciones y el procesamiento de la información de los jueces como son; los aspectos psicológicos, fisiológicos y sociológicos (Stone y Sidel, 1995; Varela y Fiszman, 2012). La percepción de las características sensoriales por los jueces, se despliegan en tiempo y forma específicos del alimento y penetran al cerebro por diferentes órganos sensoriales. La **Figura 7** muestra la percepción en un sensorama que describen los puntos de percepción de las diferentes características sensoriales. La percepción se realiza por impresiones distales como son el color, olor, ruido o característica textural. Además, incluye a las kinestéticas que requieren contacto físico con un receptor en órgano sensorial, como son el sabor, olor y consistencia (Meilgaars et al., 2007). Dependiendo del objetivo de la evaluación sensorial se selecciona tanto la prueba como el tipo de jueces a utilizar. Los jueces pueden pertenecer a dos grupos, los entrenados utilizados por la industria e investigación y los no entrenados como es toda la gama de consumidores para un tipo específico de alimento. Independientemente, cada juez muestra diferencias en la intensidad de las percepciones; estas

varían con las características de los jueces, entre ellas la edad, situaciones de salud, capacidad de procesar la información escrita u oral de prueba, entre otras.

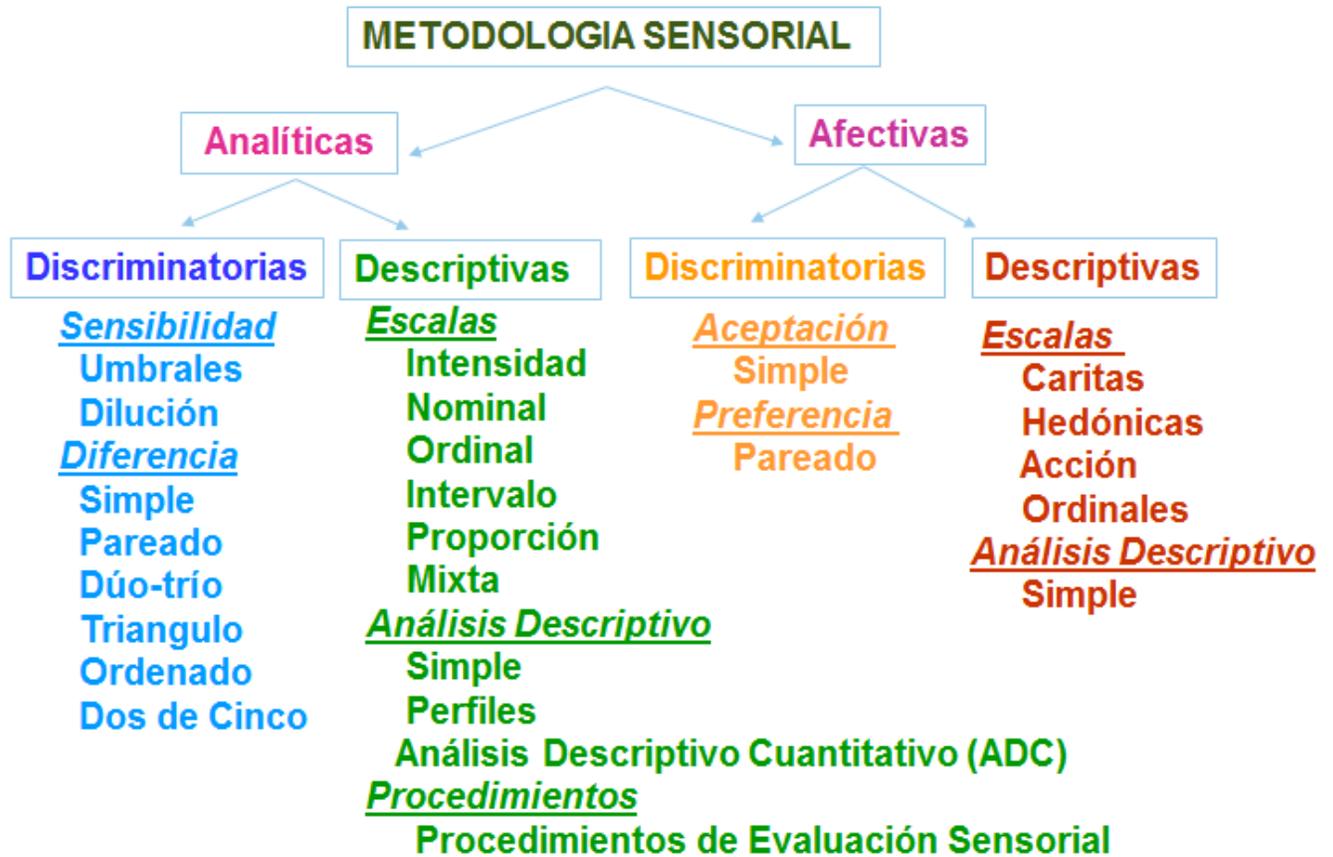
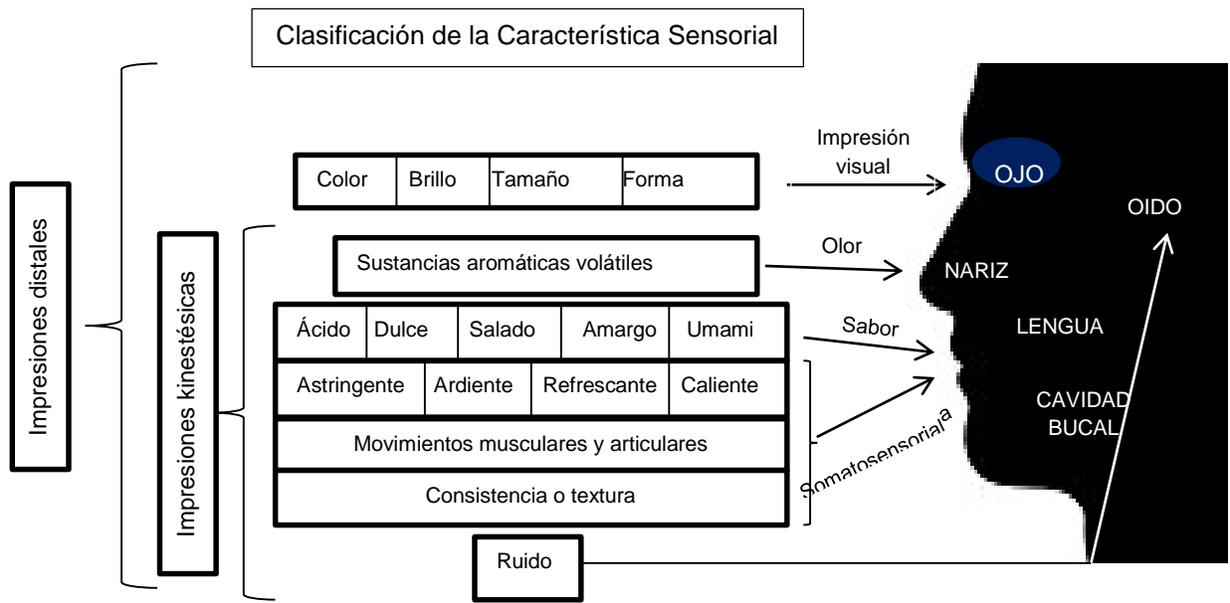


Figura 6. Clasificación de las pruebas sensoriales según su objetivo

Fuente: Torricela y Huerta, 2008



^a Somatosensorial = sentido del tacto, sensaciones de dolor, frío y calor.

Figura 7. Sensorgrama. Representación esquemática de las impresiones que se perciben a través del análisis sensorial

Fuente: Modificada de Sancho et al. 2002

Características Metodológicas de la Evaluación Sensorial

Establecimiento del problema. La evaluación sensorial se encamina a resolver problemas típicos de la industria alimentaria, en sus dos niveles: durante el desarrollo de los alimentos y en el diagnóstico de aceptación y rechazo al desarrollo alimenticio por el consumidor. Cada problema sensorial deberá ser acompañado de hipótesis de solución, acompañado del diseño experimental correspondiente, en el cual describa los objetivos y las metas a obtener (Stone y Sidel, 1995). Stone y Sidel (1995), definen a la evaluación sensorial como una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones características de los alimentos y materiales; durante su tránsito y percepción, por los sentidos de la vista, el olfato, el tacto y el oído.

Los jueces son los responsables de ejecutar las evaluaciones y expresar sus sensaciones en forma sistemática, para después ser examinadas bajo un análisis estadístico propuesto, para probar una hipótesis de solución a un problema sensorial específico. El grupo

de jueces deben ser seleccionados dependiendo del problema a solucionar y la inversión destinada a la evaluación sensorial en el proyecto de diseño. Entendiéndose que un juez puede constituirse por su nivel y experiencia en utilizar sus sentidos como instrumentos de evaluación. De ahí que, los jueces se clasifican en comerciales sin entrenamiento previo, los entrenados y desarrollados en las empresas o en la academia; que poseen niveles variables de entrenamiento (horas dedicadas). Un tercer grupo son los jueces entrenados, altamente especializados y certificados por diferentes organismos como la asociación de profesionales del vino, quesos y chocolate, entre otros. El juez entrenado, se caracteriza por ejercer esta habilidad a nivel profesional y en consecuencia es cuidadoso con el uso y costumbres de sus sentidos. Dependiendo del grado de precisión del entrenamiento de un juez y de su cotización en el mercado; sus habilidades, deben ser descritas en una certificación y reevaluarse frecuentemente el estado de salud de sus sentidos y sus habilidades (Chen y Engelen, 2012). La selección del juez en cada desarrollo tecnológico es determinante para optimizar un producto alimenticio.

Las barras de cereales, son de alta demanda entre los cereales procesados, para establecer el contenido de proteína, el tipo de edulcorante y la cantidad de fuente grasa necesaria. La evaluación sensorial de barras con alternativas de nuevas fuentes edulcorantes, donde permite establecer tanto las concentraciones y como el uso de fuentes no tradicionales, como lo reportan Zamora-Gasga et al., (2014). **La Tabla 6** muestra algunas de las aplicaciones de la evaluación sensorial utilizando objetivos de modificación de fórmulas de barras. Los países desarrollados inclinan su elección a alimentos concentrados en nutrientes como las barras de cereales por tres razones principalmente practicidad, atributos sensoriales y para regular la ingesta de índice glicémico diario (Chlup et al., 2004). Vermulst (2015) publica que en Holanda y Alemania se desarrollaron barras de cereales para satisfacer la necesidad de fibra como la inulina y micronutrientes, basado en los análisis de satisfacción y requerimientos de la población de adultos mayores a 65 años. Donde, observaron valores de 63% a 84% (N=680 encuestas) de satisfacción del alimento funcional respecto a la motivación de consumo, intención de compra y características sensoriales del producto.

Tabla 6. Participación de la evaluación sensorial en el diseño de barras de cereales.

Problema	Objetivo del desarrollo	Variable sensorial utilizada
Alta proteína ✓ 20g ✓ < 10g grasa ✓ < 230 calorías	Suplementación proteica, deportistas, control de peso entre otras	Textura como dureza, Edulcorantes (sustitutos, nuevas fuentes, bajo contenido) Sabor reducción de amargor residual
Alta proteína ✓ < 25 g ✓ < 15 g grasa ✓ < 240 calorías	Barras desarrolladas para mantener una ingesta recomendada de nutrientes	Humedad como parámetro de suavidad Sabor como control de estabilidad
Altos carbohidratos ✓ 9 g proteína ✓ < 15 g grasa ✓ < 230 calorías	Mantener energía en grupos poblacionales de trabajos rudos	Sabor como control de estabilidad Textura como dureza y adhesividad, número de partículas entre los dientes
Balancedas ✓ 10 g proteína ✓ < 30 g carbohidratos ✓ 20 g grasa ✓ < 270 calorías	Sustituyen a una comida. Nutrición balanceada de infantes, adultos mayores, mujeres	Textura medidas como consecuencia de humedad y adhesividad Sabor como control del dulzor Sabor como control de estabilidad respecto a oxidación lipídica

Fuentes modificadas de: Foegedin 2015; Zamora-Gasga et al., 2014; Slogan, 2014.

Aplicación y logística de la metodología sensorial seleccionada. La problemática a resolver en la industria usando herramientas sensoriales involucra tanto la selección de ingredientes para establecer las características del alimento, como el análisis de calidad y el posicionamiento del nuevo alimento en el mercado (Meilgaars et al., 2007). Las herramientas metodológicas sensoriales se clasifican en analíticas y afectivas (Sone y Sidel, 1985). Ambas, se subdividen en discriminatorias y descriptivas. Los problemas a solucionar en la línea del proceso están relacionados con las discriminativas, donde los ingredientes de la fórmula o composición del producto deben seleccionarse por el aporte de estructura y característica sensorial que imprime al alimento. En conjunto discriminan componentes nuevos frente a los de uso común para establecer umbrales y diferencias en los atributos generados en el alimento. Mientras que, los problemas de aceptación general y la intensidad del atributo esperado en el alimento se utilizan técnicas descriptivas (Foegeding, 2015). Éstas miden en la fórmula de mejor desempeño tecnológico, qué atributo y en qué intensidad el consumidor juzga la calidad del alimento y los usará como base para emitir su juicio de aceptación-rechazo. Ambas metodologías requiere un número y tipo de juez, asociado al tipo de problema a resolver. Generalmente las técnicas descriptivas requieren de jueces con niveles variables de entrenamiento (Chlup et al., 2004; Meilgaars et al., 2007).

La aplicación del método sensorial demanda una logística de ejecución de cada operación seleccionada. En primera instancia la descripción e identificación del problema y el diseño estadístico experimental limitarán el uso metodológico discriminante o descriptivo. Mayor infraestructura para preparación de tratamientos y captura de datos, será necesario al aumentar el número de tratamientos y la complejidad de la prueba sensorial. Por otro lado la pregunta respecto a si existe diferencia entre componentes se resuelve con métodos discriminantes, mientras que el conocer las modificaciones en la intensidad, de dichos componentes en un atributo sensorial, lo mide la metodología descriptiva. Indiscutiblemente, ello también establece el número de tratamientos, el tipo de juez, la cantidad de alimentos a procesar para cada alimento, el método sensorial específico y la presentación en cantidad y codificación de dichos tratamientos (Meilgaars et al., 2007). Las pruebas de diferencia como triangular, duotrio, pareadas, dos de cinco y ordenadas se recomienda seleccionar entre tres y cinco tratamientos, con un máximo de nueve en ordenadas. Mientras que las metodologías descriptivas incluyendo a cuatro características sensoriales (sabor, olor, color y textura) con escala hedónica permite evaluar entre tres y cinco tratamientos. Sin embargo, para evaluar la intensidad de las características, se recomienda usar de tres a cinco tratamientos con siete a 12 atributos

específicos en cada característica. Los métodos descriptivos requieren mayor nivel de entrenamiento de los jueces seleccionados, mientras que las discriminativas menor.

El diseño de experimentos identifica el número de tratamientos, la presentación del orden para cada juez, el tipo de y forma de etiquetado de los tratamientos y el número y tipo de jueces que se usará. Los laboratorios de captura de datos computarizados en cada estación muestran el diseño y presentación de tratamientos al azar, además envían el valor emitido por el juez en cada tratamiento, directamente al lugar, correspondiente del diseño de experimentos. Sin embargo, en una captura en papel, se debe crear un archivo para introducir los datos correspondientes al diseño experimental en forma manual. Una captura computarizada reduce el tiempo y errores en el proceso de análisis de datos (Fizz, 2013). El análisis de datos sensoriales de acuerdo a la prueba puede usarse análisis normal paramétrico y/o estadística no paramétrica. En primera instancia se obtiene la estadística descriptiva de los tratamientos, observando la distribución de los datos, el número total de observaciones, el valor medio y las desviaciones estándar. Por otro lado, se corre el análisis de varianza y comparación de medias, mismas que describirán las diferencias entre los tratamientos probados para cada uno de los atributos (Stone y Sidel, 1995). Los resultados se expresan en tablas comparativas y/o gráficas del comportamiento de los tratamientos evaluados. Al término del proyecto, el análisis estadístico permitirá evaluar primero el cumplimiento de la hipótesis de solución del problema, en segunda instancia, concluir el nivel de alcance de las metas para establecer los argumentos necesarios que describan, definan, juzguen y clasifiquen a los tratamientos de acuerdo a un modelo sensorial pre-establecido.

Interpretación de los resultados sensoriales obtenidos. La mayor dificultad en la interpretación de los resultados radica en la selección de la prueba y la comprensión de la instrucción por el juez (Meilgaars et al., 2007). La selección de una prueba debe contener la pregunta específica a resolver, acompañada de la presentación de los tratamientos codificados en cantidades y características de porción ideales (tamaño/volumen, relación entre recipiente/visión, temperatura). La interpretación de la instrucción, por otro lado, posee un grado de interacción entre la valoración interpersonal para procesar la información escrita y oral que posee el juez. Por ello, las conclusiones de valoración de las respuestas se utilizan estrategias que incluyen aspectos de la psicología experimental, social y fisiológica del juez. Además de la interpretación de la economía doméstica que esté incluyendo el juez, participa en el resultado obtenido estadísticamente y, para el caso de los alimentos, un conocimiento práctico de la ciencia y tecnología de los alimentos (Stone et al., 1993).

Bastian et al., (2015), observaron la importancia de la interpretación de la escala a usar y las características a evaluar de varios tipos de alimentos. Ellos observaron que al evaluar cereales fueron no significativas las diferencias en los resultados, al comparar las respuestas de aceptación de diferentes alimentos antes y después de una pre-evaluación como entrenamiento con y sin instrucciones de ejecución de la prueba sensorial. Este comportamiento lo atribuyeron a una percepción baja de los atributos una vez terminada la prueba, donde el resultado final emitido fue posiblemente a una alta familiarización de los jueces con los tratamientos, o los atributos presentados poseían acercamiento a la percepción ideal en relación al consumo de cereales. El presente trabajo considera los aspectos teóricos de la metodología sensorial para resolver problemas entre composición, calidad y preferencia de barras de cereales. Por lo que el objetivo central planea diferenciar y establecer la descripción de las características de sabor, olor, y textura de cuatro barras de cereales con diferente fuente proteica y lipídica usando metodología discriminativa y descriptiva. Así como también, establecer la aceptación rechazo del consumidor de dichas barras nutricionales o funcionales de cereales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología sensorial seleccionada para conocer las diferencias de percepción entre cuatro tratamientos, respecto al contenido de fuente proteica y lipídica de barras de cereales; se constituyó en dos tipos, la discriminativa, seguido de pruebas descriptivas, con un análisis previo de caracterización de los tratamientos. La ejecución de la metodología seleccionada en referencia al establecimiento del problema surgió, de observar la oferta en el mercado de una amplia variedad de barras de cereales, donde la intención de compra y consumo, reflejaba diversos grados de dificultad en el entendimiento de las características sensoriales respecto a la composición listada en la etiqueta. La logística de seguimiento de la metodología seleccionada es compleja por ello se dividió en varias etapas. Ésta inicia con la selección de las muestras, de ahí se pasó al análisis de composición de nutrientes. Luego, se ejecutó la metodología sensorial discriminante previa a la descriptiva, en un laboratorio computarizado y finalmente la afectiva, utilizando consumidores en sitios de convivencia pública. A continuación se describen los aspectos metodológicos, desde la selección de tratamientos, hasta el señalamiento de las características del análisis estadístico de los resultados.

Selección de Materia Prima

El mercado local de Hermosillo Sonora México, exhibe al consumidor una gran variedad de marcas para que seleccione alguna, en base a la diferente composición y objetivo nutricional, de cereales tipo barras compactas. En dicho universo, se seleccionaron para este estudio, a tres barras de alta concentración de proteica y fuente lipídica de aceites y nueces. Las fuentes de proteína electas fueron las de aislados de soya y suero de leche. Mientras que para fuente lipídica, se inclinó a estudiar a las que contuvieran nuez, almendras y cacahuates. Por otro lado, se consideró a una barra multigrano de baja proteína y grasa vegetal como control. Atendiendo a la metodología de investigación sensorial, a cada barra se le asignó un código que representaría el tratamiento, es decir, un nombre que lo identifica, formado con letras y números relativo a su contenido de proteína, entonces los tratamientos experimentales son: P23, E13, F10 y BC2.

Caracterización Química

La metodología del análisis químico seleccionada fue la oficial de la Asociación Americana de Químicos Cerealeros (AACC, 2000). La humedad se realizó con el método No. 44-15 usando una estufa de convección de aire (VWR Scientific Products modelo 1320). Para la proteína se utilizó el método No. 46-11A cuantificación de nitrógeno total con un digestor micro kjeldahl (Electrothermal) y destilador (Labconco). El contenido de lípidos se extrajo con el método No. 30-20 en un equipo Soxtec (FOSS). Por otro lado, para el porcentaje de ceniza se realizó con el método No. 08-01 usando una mufla (Vulcan modelo 3-550). Para evaluar la actividad de agua (a_w) se usó el equipo Rotronic Hygrolab C1. La medición de la textura se realizó con un texturometro de Shimadzu (EZ-S Shimadzu 346-54909-33), equipado con una celda de corte Warner-Bratzler. Los reactivos, material y equipo fueron proporcionados por el Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos (DIPA) y el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas.

Análisis Sensorial Analítico Discriminante

La utilidad de la metodología discriminativa radica en evaluar las diferencias sensoriales presentes en los tratamientos. Éstas están basadas en la pregunta central expuesta al juez; ¿existe diferencia sensorial entre las muestras? Los tipos de pruebas en esta categoría son triangulares y duotrio principalmente. En la prueba triangular la pregunta es, encuentre el tratamiento diferente de tres muestras, sabiendo que hay dos tratamientos iguales. El juez emite su opinión con claridad, en sentido correcto o incorrecto, manifestado en la selección de la clave correspondiente al tratamiento que satisfaga su juicio. En la práctica la prueba triangular evalúa las diferencias entre dos tratamientos, usa los sentidos para discriminar rápida y precisamente a ingredientes, procesos o componentes entre dos muestras. La segunda aplicación de la prueba triangular es observar las habilidades para emitir respuestas correctas del grupo con alto número de jueces y poder seleccionar un número específico para continuar con otro tipo de pruebas. El grupo seleccionado proseguirá a entrenarse para aumentar la precisión de sus respuestas en pruebas sensoriales, ya que muestra capacidad de interpretación de las percepciones sensorial y habilidad de mostrarlas al emitir su respuesta.

La prueba triangular se diseñó buscando respuestas a la primera de las hipótesis de solución de este problema experimental, que es probar la existencia de atributos sensoriales generales diferentes que incluyen olor, sabor y textura en los cuatro tratamientos. La

sensibilidad estadística de la prueba triangular expresada, se estableció con bajo porcentaje de probabilidad de error, cuando el número de jueces debe ser mayor a 30 (Tabla T-7 estadística de Meigaard et al., 1999). La selección de la probabilidad de error tipo α y β en 5% y la probabilidad de selección o discriminación (Pd) en 40%, establece que 40 es el número de jueces ideal para la prueba triangular; estandarización necesaria para obtener al menos 22 respuestas correctas, interpretadas estadísticamente como: hay diferencias entre dos tratamientos (Tabla T-8 Maigaard et al., 1999).

Las características experimentales son para comparar dos tratamientos (A y B): de ahí que, los pares de tratamientos evaluados fueron: BC2/F10, BC2/E13, BC2/P23, F10/E13, F10/P23 y E13/P23. Donde, la presentación al juez respetó las seis posibles combinaciones matemáticamente diferentes, ellas son: AAB, ABA, ABB, BBA, BAB y BAA. Las características de los 40 jueces es que fueron jóvenes (18M/22H) de edad promedio 20 años, sin entrenamiento previo. Sin embargo, procedían del Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, donde su formación y experiencia con la tecnología de alimentos es manifiesta. El objetivo de esta prueba triangular fue determinar si existen diferencias sensorialmente perceptibles entre dos muestras, comparando tres muestras a la vez, de las cuales dos son iguales entre sí y la otra diferente (**Figura 8**) (Meilgaard et al., 1999).

PRUEBA TRIANGULAR BARRAS NUTRICIONALES		
OBJETIVO: Encontrar diferencias en textura, sabor y olor de las siguientes muestras de cada grupo		
INSTRUCCIONES: <u>Probar las muestras en el orden presentado y seleccionar a la muestra que es diferente.</u> Enjuague su boca con agua entre muestras.		
367	180	264

Asistencia		Siguiente

Figura 8. Hoja de captura para discriminar los tratamientos usando el tipo de prueba triangular.

El laboratorio de análisis sensorial cuenta con cuatro cubículos individuales de captura de datos, además se usó luz roja, para ocultar las posibles diferencias de color en las barras con ello eliminar el sesgo experimental, con la misma proporción de distinguir las diferencias ($Pd \leq 40\%$). Finalmente considerando la estandarización de la prueba sensorial, los cubículos contaban con los tratamientos (codificados con tres dígitos) en el orden de presentación anterior planeado y mostrados al azar por el paquete estadístico Fizz-Sensrory versión 5.2. En cada mesa el juez encontraba un vaso con agua, otro para expectorar, varios elementos clarificantes de nariz y boca (pan blanco y galletas saladas) y los tratamientos (**Figura 9**). Los resultados de la prueba triangular se capturaron electrónicamente en el espacio asignado el diseño de experimentos para dos tratamientos al azar.



Figura 9. Fotografías de la ejecución de las pruebas con luz roja

Análisis Sensorial Analítico Descriptivo

La metodología descriptiva se basa en obtener cualitativa y cuantitativa descripción de las características sensoriales de aroma, sabor, color, textura oral y fónica de alimentos líquidos, semilíquidos y sólidos (Stone y Sidel, 1993). Tecnológicamente este tipo de pruebas se usa con varios propósitos de calidad, entre ellos, para definir las propiedades sensoriales de nuevos productos en el mercado, como variables de análisis de las especificaciones calidad, para documentar los atributos no deseados de los preferidos por el consumidor, para establecer la vida de calidad de los alimentos y para medir cambios de proceso e ingredientes en un desarrollo nuevo (Meilgaard et al., 1999). Los componentes de las características sensoriales son los parámetros sensoriales, en diferentes literaturas se especifican como atributos, notas típicas, términos descriptivos, descriptores o simplemente terminología descriptiva. En este trabajo los llamaremos atributos de las características sensoriales que evaluaremos que son: olor, sabor y textura. La estandarización del proceso analítico descriptivo son, jueces entrenados (desde tres a >200 horas), que varían desde cinco a 100 jueces dependiendo de la dificultad de las características sensoriales y el objetivo del proyecto. En los grupos de jueces de mayor tamaño se observa cuando se presentan cambios en preferencia de la marca en el mercado para un producto determinado. Los grupos para fines de investigación generalmente varían entre cinco y 15 jueces. El presente trabajo investigativo contempló a 12 jueces con cuatro horas de entrenamiento quienes, utilizaron la metodología de ordenamiento y la cuantificación de la intensidad de los atributos de las características sensoriales de los cuatro tratamientos de barras de cereales.

Entrenamiento de jueces.

El objetivo de entrenar a un grupo de jueces es desarrollar la habilidad para percibir una característica sensorial y diferenciar tanto intensidades como tipo de atributos que las forman. Por lo que, requiere de dos tipos de secciones; la primera fue una tipo análisis discriminativo, donde el juez acertó en todas las pruebas que realizaron, a pesar de que no recibió explicaciones intensivas sobre la composición y/o los efectos de los mismos en la característica sensorial del alimento. Después debió acudir a cuatro horas de entrenamiento sobre las características y las intensidades sensoriales que debía tener los tratamientos problema. En la primera hora se trabajó en establecer los diferentes niveles de los atributos que conforman las

características sensoriales de los cuatro tratamientos de barras de cereales. El resultado perseguido fue establecer niveles bajos, medianos y alto en cada atributo. La **Tabla 7, 8 y 9** muestra los atributos con sus respectivos niveles desde bajos a altos, en los cuales se trabajó. Las subsecuentes horas los jueces consolidaron con la práctica tanto en la identificación como en la intensidad del atributo y definieron el significado de ellos, dicho criterio lo utilizarían en la evaluación experimental con cuatro muestras, se observa en la **Tabla 10, 11 y 12**.

Tabla 7. Lista de alimentos de diferentes intensidades utilizados para los atributos del perfil de olor.

NIVELES DE INTENSIDAD DEL PERFIL DE OLOR				
ATRIBUTO	INTENSIDAD 1	INTENSIDAD 2	INTENSIDAD 3	INTENSIDAD 4
Fermentado	Levadura	Vainilla	Yogurt	Barrita
Panadería	Pan leche	Pan blanco	Polvorón	Galleta salada
Frutas	Naranja	Mermelada	Barrita	Gomita
Nueces	Cacahuete	Nuez	Barra proteica	Almendra
Harina integral	Harina integral	Malta	Avena	Barrita proteica
Rancio	Cacahuete-rancio 1	Cacahuete-rancio 2	Cacahuete-rancio 3	Cacahuete nuevo
Oxidado	Clavos oxidados	Cacahuete-rancio 2	Cacahuete-rancio 3	Cacahuete nuevo

Tabla 8. Lista de alimentos de diferentes intensidades utilizados para los atributos del perfil de sabor.

NIVELES DE INTENSIDAD DEL PERFIL DE SABOR				
ATRIBUTO	INTENSIDAD 1	INTENSIDAD 2	INTENSIDAD 3	INTENSIDAD 4
Dulzor	Mermelada	Gomita	Agua-azúcar	Agua-azúcar
Salado	Agua-sal con azúcar	Galleta salada	Barra de cacahuete	Cacahuates
Ácido	Jugo de arándano	Crema ácida	Yogurt	Mermelada
A frutas	Naranja	Mermelada	Barrita	Gomita
Harinoso, Cereales	Avena	Cebada malteada	Harina	Barra de cacahuete
Típico horneado	Pan leche	Pan blanco	Polvorón	Galleta salada
Amargo residual	Vainilla	Café	Canela	Almendra

Tabla 9. Lista de alimentos de diferentes intensidades utilizados para los atributos del perfil de textura.

NIVELES DE INTENSIDAD DEL PERFIL DE OLOR				
ATRIBUTO	INTENSIDAD 1	INTENSIDAD 2	INTENSIDAD 3	INTENSIDAD 4
Adhesividad	Gomitas	Natillas	Barritas	Pan blanco
Cohesivo	Natillas	Gomitas	Polvorones	Mazapán
Dureza	Barras	Cacahuate	Galleta María	Pan blanco
No. Fracturas	Mazapán	Galleta salada	Galleta María	Pan blanco
Partículas /dientes	Mazapán	Barritas	Galleta salada	Pan blanco
Saliva necesaria	Mazapán	Galleta salada	Cacahuate	Mermelada
Arenoso	Mazapán	Polvorón	Galleta salada	Cacahuate

Tabla 10. Resultados entrenamiento. Definiciones consolidadas de los atributos de la característica sensorial del olor

Atributo	Definición consolidadas
Fermentado	Asociado a leche en descomposición ácida o pan humedecido con ligero olor alcohol
Panadería	Agradable a producto recién horneado, fermentado intenso
A frutas	Sensación de liberación de típico aroma a frutas como parte del alimento como fresas, o moras
A nueces	Olor a cacahuete, nueces o almendras
Harina integral	Olor a harina con fibra o salvado
Rancio	Olor viejo, oxidado, metal oxidado o revertido de grasas
Oxidado	Olor a grasa oxidado por calentamiento o tipo plástico o viejo, o pescado

Tabla 11. Resultados entrenamiento. Definiciones consolidadas de los atributos de la característica sensorial del sabor

Atributo	Definición consolidadas
Dulzor	Proveniente de fruta o azúcar agregada o de sustitutos
Salado	Amargor de sal o en función de soporte del dulzor como intensificador
Ácido	Típico de fermentación en proceso de panificación
A frutas	Identificación de frutas ácidas como intensificador de producto integral
Harinoso	Intensidad de harina integral como avena, arroz o trigo potencializado en el horneado
Típico producto horneado	Sabor típico de panificación, resultado de reacciones de encafecimiento o producto horneado
Amargor residual	Sensación de amargo después de la deglución

Tabla 12. Resultados entrenamiento. Definiciones consolidadas de los atributos de la característica sensorial de la textura

Atributo	Definición consolidadas
Adhesividad	Esfuerzo para desprender el alimento de la superficie de boca o dientes
Cohesividad	Facilidad para separar el alimento en primera mordida
Dureza	Facilidad de deshacer el alimento al avanzar la masticación con cierta o en relación a una fuerza
Partículas /dientes	Cantidad residuos adheridos a los dientes o paredes de la boca después de deglución
Número de fracturas	Tamaño y número de partículas en el proceso de masticación
Saliva necesaria	Cantidad de saliva necesaria para facilitar la masticación y formar el bolo
Arenoso	Sensación polvosa y seca que provoca ahogo con el alimento

Ejecución del análisis descriptivo

Los jueces con el entrenamiento y capacitados procedieron a distinguir las diferencias en intensidad de los atributos de las características sensoriales de olor, sabor y textura que identifican a los cuatro tratamientos. La prueba seleccionada fue el uso del perfil sensorial con escala categórica lineal. Esta se caracteriza por ser una línea de 10 cm, acotada en los extremos, marcados con la etiqueta de menor intensidad en la izquierda y mayor en la derecha. Además, presentó identificador de distancia en tres puntos equidistantes. El programa cuenta con la opción de mostrar a solicitud del juez las definiciones de los atributos consolidadas durante el entrenamiento, con tan solo posicionar el cursor en el nombre del atributo. Las especificaciones de la prueba se observan en la **Figura10**. El programa permite crear hojas independientes para cada característica, ellas fueron olor, sabor y textura. Adicionalmente se incluyó a los apartados correspondientes, la expectativa de compra bajo un criterio de orden desde la primera a la cuarta oposición de acuerdo a la satisfacción de preferencia. Los resultados se capturaron automáticamente en la posición correspondiente a un diseño de bloques al azar típico del cuadro latino. La metodología utilizada en el laboratorio computarizado como en la captura manual fueron métodos oficiales de la ASTM (2002). En donde se especifica, desde la normatividad de la prueba y la estandarización metodológica, hasta la logística de presentación de los tratamientos a los diferentes tipos de jueces.

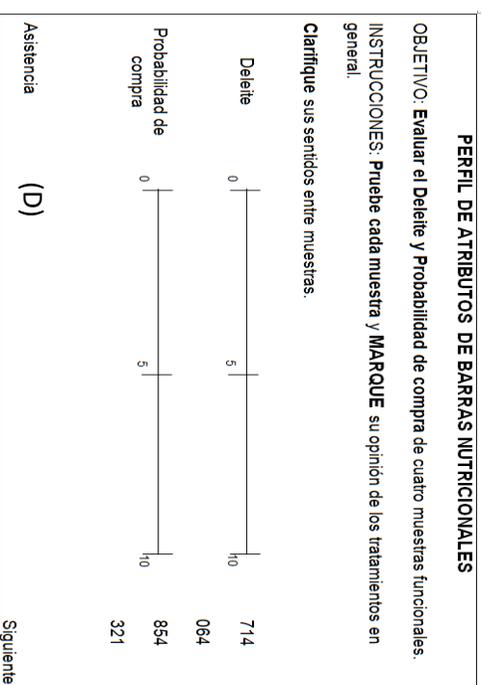
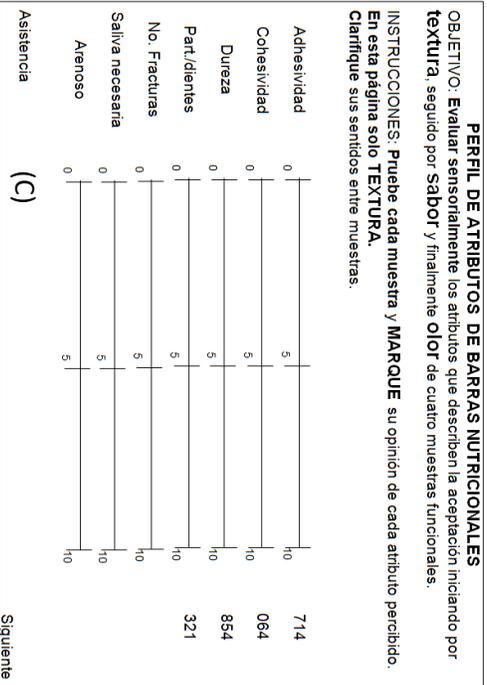
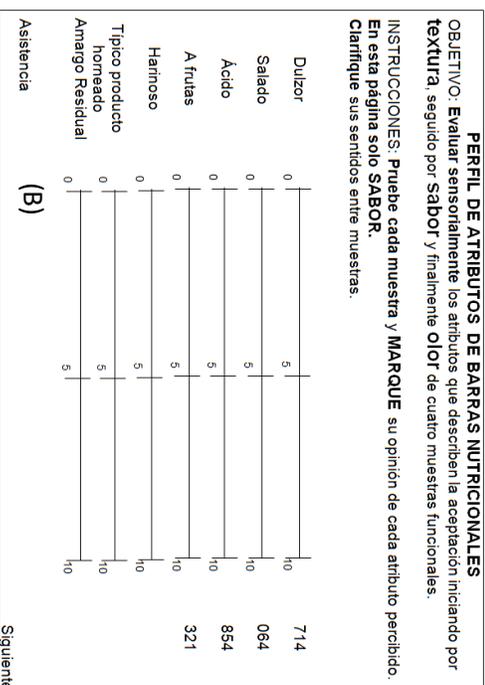
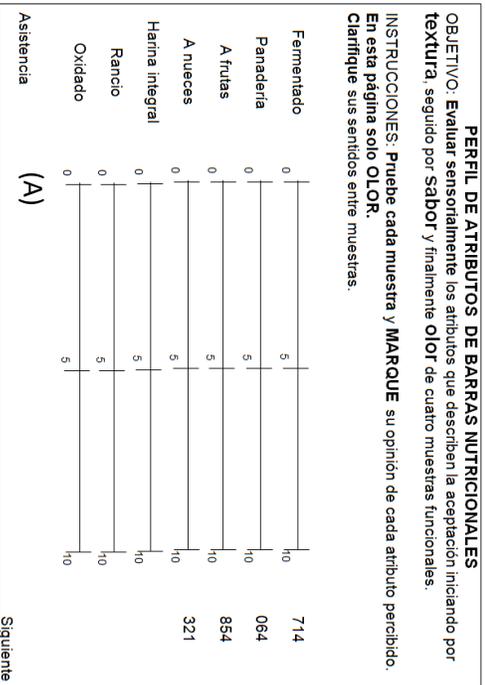


Figura 10. Hojas de datos del análisis descriptivo para la evaluación de atributos. (A) Atributo de Olor, (B) Atributo de Sabor, (C) Atributo de Textura, (D) Expectativa de compra.

Análisis Sensorial Afectivo Comercial

Las evaluaciones con consumidores generalmente se realizan en áreas de convivencia comunitaria como supermercados, plazas, parques, estadios y en el hogar. El objetivo central de este tipo de prueba es conocer la opinión del consumidor sobre un producto determinado, se aplica como parte del programa de introducción de un alimento en el mercado y cuando los índices de venta se modifican a la baja (Meilgaard et al., 1999; Stone y Sidel, 1993). Las características usadas en el análisis con consumidores de las cuatro barras de cereales fueron realizadas en cuatro puntos del campus universitario e incluyeron a cuatro secciones de cuatro horas cada una, hasta obtener 100 consumidores adultos entre 30 y 70 años, compuesto de 44 hombres y 56 mujeres. El criterio de selección del juez consumidor se basó en sus hábitos y costumbres, se prefirió aquellos que en su rutina diaria, consumían habitualmente cereales y tenía disposición de utilizar tiempo para evaluar los tratamientos (**Anexo 3**). La prueba utilizó una escala categórica de siete puntos descrita con números y la impresión de las características de selección, desde disgusto a me gusta mucho. Los tratamientos se identificaron con etiquetas de tres dígitos aleatorios y en una presentación de ordenamiento al azar para cada juez. La escala inició con el valor uno correspondiente a la etiqueta; me disgusta mucho, hasta el valor siete con etiqueta; me gusta extremadamente, como lo muestra la **Figura 11**. La instrucción fue: pruebe cada tratamiento y seleccione las características de preferencia en las columnas etiquetadas para color, olor, sabor, textura, grosor y aceptación general. En la parte baja de la hoja de captura manual de datos, el juez considerará las percepciones de cada tratamiento manifestadas previamente, para ordenar la probabilidad de compra de los tratamientos. El orden debió asumirse como, en primer lugar (1°) la barra de mayor probabilidad, hasta la posición cuatro (4°) la de menor probabilidad.

PERCEPCIÓN DE LAS BARRAS DE CEREALES

Sexo:..... Edad:..... Fecha:.....

Objetivo: Evaluar la aceptación y preferencia de las 4 barras, para determinar si la concentración de proteína y ácidos grasos que afecta las características sensoriales

Instrucciones: 1. Pruebe una pequeña cantidad de **TODAS** las muestras.

2. Pruebe una por una y evalúela en cada recuadro indicando su ENJUAGAR tu boca antes de cambiar de muestra.
PREFERENCIA

	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	GROSOR	APARIENCIA GGENERAL
Me disgusta extremadamente						
Me disgusta mucho						
Me disgusta moderadamente						
No me gusta ni me disgusta						
Me gusta moderadamente						
Me gusta mucho						
Me gusta extremadamente						

1º Último

CUÁL ES EL ORDEN DE COMPRA PARA USTED Y SU FAMILIA (ESCRIBIR CODIGO) _____

Comentarios

GRACIAS POR PARTICIPAR

Figura 11. Hoja de datos que los jueces en ambiente comercial

Análisis Estadístico de los Resultados

La caracterización química de los tratamientos se expresó en valores medios de resultados triplicados. El análisis sensorial se ajustó a un experimento de bloques al azar, donde los tratamientos representaron a las barras con diferente concentración y fuente en proteína y de lípidos. Mientras que, los jueces representan los bloques con diferentes número de repeticiones. Las repeticiones en la prueba discriminante triangular fueron 40, en la descriptiva con escala lineal y ordenamiento fueron 12 repeticiones. En el análisis afectivo ejecutado a nivel comercial las repeticiones fueron 100 (Meilgaard, et al., 1999; Stone y Sidel, 1993). Las diferencias significativas entre los tratamientos se probó a un error tipo $\alpha=0.05$. Las diferencias significativas entre los tratamientos correspondientes a los atributos del perfil sensorial del análisis descriptivo se realizaron bajo la estadística de bloques al azar y estimando un error $\alpha=0.05$. Para los atributos que mostraron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, se utilizó una comparación de medias con la prueba Tuckey (ANOVA, $p < 0.05$) para establecer el nivel de significancia entre las barras. El paquete estadístico utilizado fue el método de análisis del paquete Fizz 2013.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La oferta y demanda de productos procesados de cereales presenta una amplia variedad desde integrales, multigrano y bajos en fibra. En el mismo espectro se encuentran a diferentes tipos de barras, además éstas se pueden clasificar en formulas clásicas y en compactas de nutrientes con alto contenido de proteínas y lípidos. En la selección, la comparación de contenidos nutricionales según la etiqueta y precio, es donde el consumidor encuentra problemas para establecer el parámetro de decisión de compra, ya que debe interpretar la relación entre contenido nutricional y palatabilidad de barras. Entonces, la meta experimental del presente trabajo consistió en relacionar el contenido proteico-graso con el perfil sensorial de barras de cereales comerciales y observar el proceso de evaluación en diferentes escenarios. Específicamente, establecerá los efectos funcionales en la relación proteína-grasa con el perfil de textura, sabor y olor, con jueces de alto nivel formativo en tecnología de alimentos, es decir estudiantes con y sin entrenamiento, de las licenciaturas del departamento de Ciencias Químico Biológicas. Mientras que, los jueces consumidores involucrados se caracterizaron por poseer niveles formativos variables, el objetivo de esta participación fue para establecer las bases de evaluación de la aceptación o rechazo de las barras de cereales funcionales en escenarios públicos con consumidores locales.

Las barras estudiadas reflejaron alta similitud entre los resultados de composición nutricional experimental en el laboratorio y la tabla mostrada en las etiquetas del empaque diseñado por la marca comercial de donde provenían. El experimento partió de la hipótesis de que la caracterización de los atributos sensoriales y aceptación de las barras de cereales nutricionales, se expresarían en función de los efectos percibidos en los sentidos por las barras en relación al contenido de proteína y lípidos. Donde, la hipótesis nula de solución establecerá igualdad de probabilidad de consumo entre las medias de los tratamientos y los atributos probados, expresada matemáticamente por, $H_0: P23 = E13 = F10 = BC2$. Mientras que, la hipótesis alternativa, significó que los jueces percibieron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos y los atributos manifestados en la ecuación, $H_a: P23 \neq E13 \neq F10 \neq BC2$. A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos, iniciando con la caracterización química, seguido de los aspectos sensoriales.

Caracterización Físicoquímica de los Tratamientos

Los tratamientos muestran correlación entre el contenido químico reportado en la etiqueta y los realizados en el laboratorio las determinaciones de humedad, proteína, grasa y minerales, el resumen se muestra en la **Tabla 13**. Además los aspectos de presentación en tamaños y pesos de cada barra se muestran en el **Anexo 1**. El contenido de humedad en las barras no mostró relación respecto al contenido de proteína; la barra de mayor humedad se presentó en el tratamiento de cereales integrales y menor proteína BC2, seguida por el siguiente orden de mayor a menor; P23, E13 y F10. El agua presente manifestó igual tendencia en su disponibilidad (a_w) manifestándose en cada barra en los parámetros de dureza y/o masticabilidad. El contenido de ceniza mostró un valor medio de 2.2 %, el mayor contenido fue en la barra P23 y el menor para BC2, de mayor y menor contenido proteico respectivamente. La textura, manifestada en la fuerza necesaria para romper la barra mostró relación directa con el contenido de proteína en la **Figura 12**, mostrando la necesidad de aplicar 80.7 Newtons (N) en el tratamiento P23, seguida por la dureza intermedia de F10 y E13; la barra de mayor suavidad fue la BC2 con menor proteína y mayor humedad. La tendencia de los tratamientos señalan que los valores intermedios de humedad y de lípidos son necesarios para lubricar la organización laminar de la proteína, resultando en fuerza necesaria tanto para romper, como para la manifestación sensorial de masticabilidad, preparación para deglutir y cantidad de saliva necesaria para formar el bolo para tragar la barra (Stone y Sidel, 1993).

Tabla 13. Composición Físicoquímica¹ de los tratamientos.

Tratamientos	Humedad	Proteína	Lípidos	Ceniza	A_w	Textura
		Porcentaje				N
		(%)				(Newtons)
P-23	11.3	34.4	8.6	2.9	0.54	80.7
E-13	9.0	25.8	9.7	2.6	0.49	33.8
F-10	7.5	20.4	8.8	2.0	0.48	44.0
BC-2	14.8	5.7	9.3	1.4	0.69	11.2

¹ Triplicados.

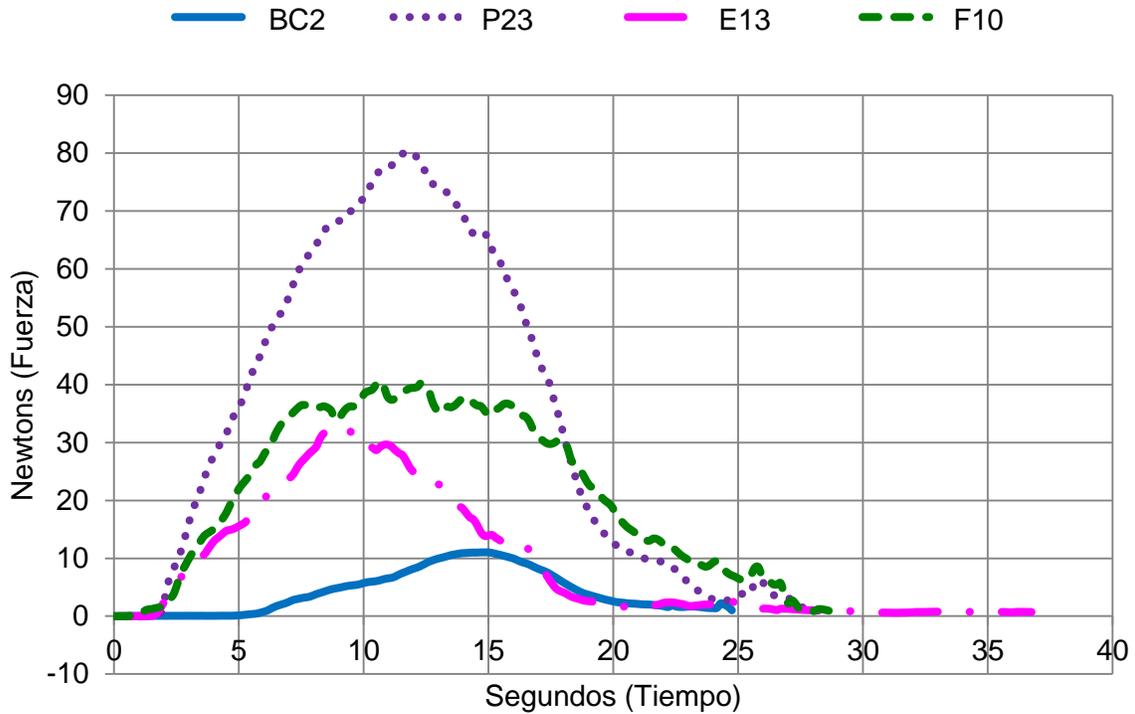


Figura 12. Resultados de Textura por el equipo Instron.

El color típico de los productos de panificación se desarrollan durante el proceso de horneado a temperaturas mayores a 180°C, donde ocurren las reacciones de Maillard; los productos de la interacción de la proteína y los carbohidratos desarrollados durante la estancia a alta temperatura por tiempo variable entre 12-20 minutos originan el brillo, intensidad y efectos de dorado en las barras (Zamora-Gasga, 2014). El color de las barras obtenido en un reflectómetro de luz y expresado por los parámetros de luminosidad y la intensidad del croma o color se muestran en la **Tabla 14**. Por la presencia de diferente tamaño de partícula de los granos que formaron la barra no se muestra una relación directa del contenido proteico y color. La luminosidad y croma representada por L, a y b expresado como el color total en el Valor E, presentó el siguiente orden ascendente; E13 < P23 < BC2 < F10. Por otro lado, el tratamiento P23 presentó valores de luminosidad (L) de 25.9, con tendencia a rojo (+a) y amarillo (+b). Seguido, las barras E13 y P23 tuvieron un valor L = 23.66 y 26.2 respectivamente, con tendencia a rojo (+a) y amarillo (+b). Esto resulta porque ambas barras tenían cobertura de chocolate. El tratamiento F10 presentó la mayor luminosidad (L = 55.13) con tendencia a verde (-a) y amarillo (b), como resultado de la cubierta de yogurt. Por otro lado, el tratamiento BC2 tuvo luminosidad típica de un producto horneado (L= 30.86), con tendencia a rojo (+a) y amarillo

(+b). La gran diferencia de color entre las barras, es una razón más por la cual era necesario realizar las evaluaciones sensoriales analíticas utilizando luz roja como distorsionador de color, así el juez se centraría en encontrar diferencias entre los tratamientos de acuerdo a las características sensoriales de olor, sabor y textura.

Tabla 14. Resultados de Color superficial de las barras (Minolta CR-10)

Tratamientos	Valor L ¹	Valor ± a ¹	Valor ± b ¹	Valor E ²
P-23	25.9	3.76	1.1	26.2
E-13	23.66	3.23	1.16	23.0
F-10	55.13	-3.56	5.43	55.51
BC-2	30.86	8.40	12.63	34.38

¹ Valores promedio de lecturas triplicadas, donde: L = luminosidad; a = - verde, + rojo; b = - azul, + amarillo

² Valor E = $\sqrt{(L)^2 + (a)^2 + (b)^2}$

Análisis Sensorial Discriminativo

Las diferencias básicas en composición de los tratamientos pueden realizarse por una variedad de pruebas, sin embargo, se seleccionó una del tipo triangular, que facilitó establecer las diferencias globales entre los tratamientos de barras de cereales nutricionales. La prueba triangular, satisface en el presente trabajo dos objetivos centrales (Stone y Sidel, 1999). El primero establecer las diferencias en composición de un tratamiento y el segundo discriminar o seccionar a los jueces en función de la habilidad para establecer las diferencias entre los diferentes pares de tratamientos (Mailgaard et al., 1999). En primera instancia la logística de un triangular es presentar a un número de jueces, 40 en este experimento, las diferentes combinaciones posicionales en la terna de tratamientos a evaluar. Ello significa que, el grupo de tratamientos cada combinación de posiciones se probará equitativamente, asumiendo que A = tratamiento-1 y B = tratamiento-2, se expresan como; AAB, ABB, BAB, BBA, BAA y ABA. Entonces las combinaciones de presentación previas, para cada par de tratamientos fueron; BC2/F10, BC2/E13, BC2/P23, F10/E13, F10/P23 y E13/P23. En la captura computarizada y manifestada en la **Figura 8**, cada página a evaluar contenía a un par de tratamientos. El par de

tratamientos con 100% de aciertos en la comparación fue para la que incluye los extremos, P23 alto y BC2 bajo contenido proteico. Mientras que, el menor número de aciertos correctos fue entre los tratamientos con E13 (13 g de proteína) y P23 (23 g de proteína). La percepción sensorial global de los tratamientos fueron significativamente diferentes ($p < 0.0001$) para las diferentes combinaciones (**Anexo 2**). Este resultado es limitante y general respecto a las características sensoriales, con claridad implica que existen diferencias y deben de aquí en adelante independizarse las pruebas para olor, sabor y textura.

Análisis Sensorial Analítico Descriptivo

La observación de un número menor de respuestas correctas (**Tabla 15**) se obtuvo un valor de 27 en la combinación de tratamientos E13/P23. Un subgrupo de 22 jueces fue la base para reagrupar a los jueces voluntarios en diferenciar entre los cuatro tratamientos. Así, se seleccionó a 12/22 jueces del universo con habilidades cuantitativas de discriminación entre tratamientos y pasaron al proceso de evaluación de las características sensoriales de los cuatro tratamientos problemas de esta investigación.

Tabla 15. Resultados de prueba triangular. Pregunta identifique cuál muestra es diferente.

Pruebas	Tratamientos	Respuestas correctas	Significancia estadística
1	BC2 / F10	37	< 0.0001 ***
2	BC2 / E13	37	< 0.0001 ***
3	BC2 / P23	40	< 0.0001 ***
4	F10 / E13	37	< 0.0001 ***
5	F10 / P23	39	< 0.0001 ***
6	E13 / P23	27	< 0.0001 ***

Nota: 13 jueces tuvieron problemas para identificar las diferencias de los tratamientos.

Los doce jueces (cuatro hombres y ocho mujeres) continuaron con el protocolo de cuatro horas de entrenamiento. El producto obtenido fue la definición consolidada de los atributos a evaluar de forma descriptiva y cuantitativa. La **Tabla 10** muestra el grupo de siete atributos señalados para el olor típico de una barra de cereales, incluyendo a los típicos de cereales, los producidos durante el proceso de horneado y los relacionados con la estabilidad o vida de anaquel, utilizando los niveles de intensidad mostrados en la **Tabla 7**. En la **Tabla 11** se definen a siete atributos del sabor, estos comprenden las características de los ingredientes, a los desarrollados en el horneado y el amargor residual asociado con las características desarrolladas tanto por la integración de componentes como por el proceso de elaboración de las barras. El reconocimiento de los sabores se realizó con los diferentes niveles de intensidad mostrados en la **Tabla 8**. La **Tabla 12** muestra las definiciones consolidadas por los jueces para los atributos de textura, éstos varían considerablemente respecto los ingredientes y el proceso. En el caso de barras se incluyó a aquellos relacionados con la fuerza para disgregar, las referentes a viscoelasticidad durante el proceso de masticar y las típicas de la función oral referentes en la demanda de producción de saliva. La intensidad de la textura en productos de cereales se muestra en la **Tabla 9**. El valor comercial respecto al de preferencia personal se evaluó con el objetivo de observar las opiniones sobre los aspectos de deleite experimentados al consumir las barras y la probabilidad de compra, éstas se encuentran definidas en la **Tabla 16**.

Tabla 16. Resultados entrenamiento. Definiciones consolidadas de los atributos de la característica sensorial referente a la emotividad del consumidor

Atributo	Definición consolidadas
Deleite	Grado de satisfacción de un producto respecto a una fórmula rica en proteína, lípidos y fibra
Probabilidad de compra	Potencializar el orden de compra respecto al grado de satisfacción del producto y la riqueza de la formula

Los análisis descriptivos centran su atención a las características sensoriales distales y psicofísicas de cualquier alimento. Las distales se relacionan con el color del alimento seguida por el olor percibido por manifestaciones de ambos tipos distales y psicofísicas; mientras que el sabor y la textura corresponden a sensaciones puramente psicofísicas. Por ello iniciaremos describiendo los resultados de la percepción de olor, seguida por sabor, textura y finalmente discutiremos algunos parámetros de satisfacción que se manifiestan con frecuencia al consumir alimentos.

La mayor diferencia significativa ($p < 0.0001$) en la característica de olor la muestra el atributo de nueces, el orden de diferencia descendente fue E13 < P23 < BC2 < F10. La **Tabla 17** muestra el resumen de los resultados medios de cada atributo. Cabe notar que el atributo de olor a cacahuates de la barra E13 presentó la significancia mayor en intensidad ($P < 0.0001$). En el olor de harina integral también mostró diferencias significativas ($P < 0.0065$) donde el tratamiento BC2 presentó la mayor intensidad; probablemente, debido a un alto contenido de harina de trigo integral en la fórmula. La barra E13 y P23 obtuvieron intensidades similares y se explican por el mismo contenido presente de avena. Por otro lado la menor intensidad fue para el F10 por su alta proporción de arroz inflado. En el atributo de olor a frutas se muestran diferencias ($P < 0.0036$) con valores medios inversos al contenido de proteína. La **Figura 13** muestra la representación de los valores medios para todos los atributos de las cuatro barras estudiadas.

Tabla 17. Resultados descriptivo de olor.

	BC2	F10	E13	P23	MDS	P
Fermentado	2.68	2.71	1.61	1.15		0.2840
	± 2.8	± 2.9	± 1.9	± 1.6		
Panadería	2.52	1.34	1.7	1.79		0.5047
	± 2.6	± 1.6	± 1.7	± 1.6		
A frutas	4.44 a	2.41 ab	1.10 b	1.63 b	1.80	0.0036**
	± 2.7	± 2.4	± 1.7	± 2.1		
A nueces	1.78 a	1.32 b	4.36 b	2.41 b	1.82	0.0001***
	± 2.0	± 1.5	± 2.9	± 2.19		
Harina integral	4.45 a	1.30 b	2.54 b	2.83 ab	1.69	0.0065 **
	± 3.1	± 1.5	± 2.0	± 2.3		
Rancio	1.51	1.67	1.10	1.35		0.8127
	± 2.0	± 2.6	± 1.9	± 2.05		
Oxidado	1.67	1.25	1.56	1.71		0.8320
	± 2.0	± 2.0	± 2.5	± 2.3		

Número de jueces = 12

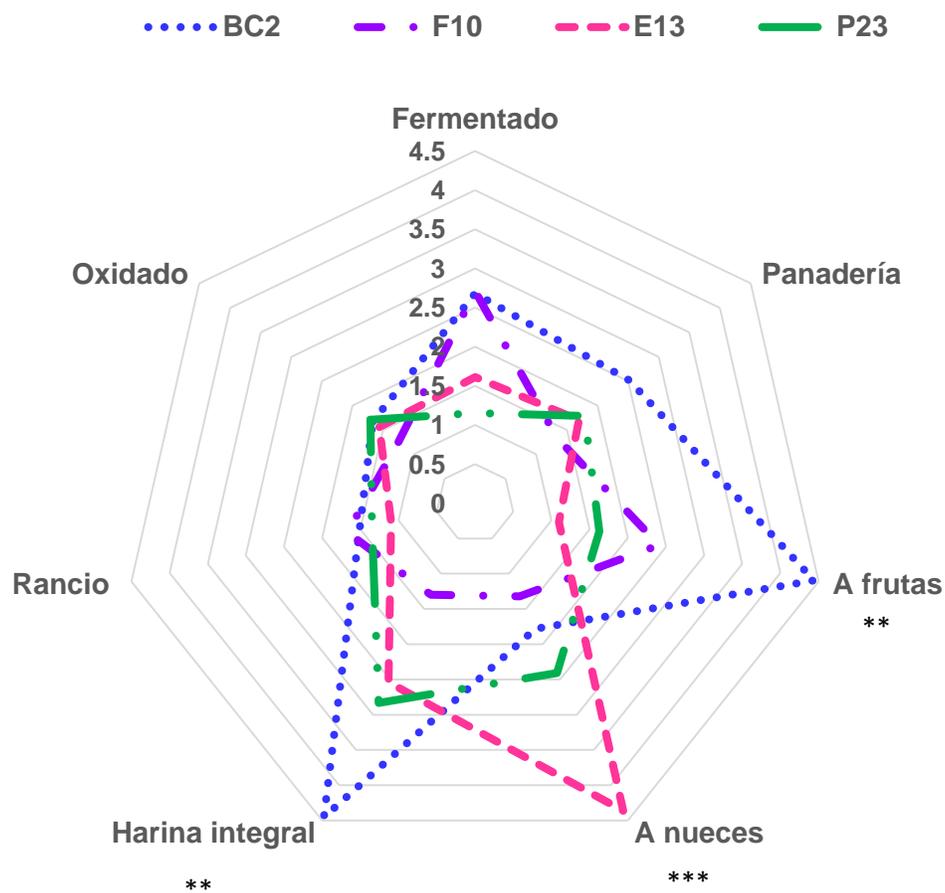


Figura 13. Análisis descriptivo de olor para los tratamientos usando la prueba del perfil en una escala lineal acotada de 10 cm. Los atributos a frutas ($p < 0.0036^{**}$, nueces ($p < 0.0001^{***}$) y harina integral ($p < 0.0065^{**}$) fueron significativamente diferentes (N= 12 jueces).

El resumen de los resultados de sabor muestra que la intensidad percibida en los atributos fue uniforme para todos los tratamientos. El dulzor ($p < 0.0223$) y contenido de frutas ($p < 0.0013$) de los tratamientos solo mostraron diferencias significativas como lo muestra la **Tabla 18**. El valor medio del sabor dulce presente, muestra una intensidad decreciente con el aumento de contenido de proteína, siendo el mayor para el tratamiento BC2 con un valor 5.73 y el menor en la escala categórica usada para P23 con valor medio de 3.6. Los atributos relacionados con sal y fermentación o el típico a panificación desarrollados durante el proceso no mostraron diferencias significativas. Sin embargo, a pesar de no manifestar diferencias el atributo de amargor residual, aumento en relación a la presencia de proteína. En la barra baja en proteína, se observaron los mayores valores medios para harina integral, afrutada y típica de producto de panificación como lo muestra la **Figura 14**. Si bien es cierto la proteína provee de sabor característico denominado “umami = proteína” referente a la presencia de terminales nitrógeno (Stone y Sidel, 1993), estas no fueron percibidas por los jueces. Puede considerarse una cualidad favorable en la preferencia de barras nutricionales; y a un sabor residual intenso que reduciría la probabilidad de compra.

Tabla 18. Resultados descriptivo de sabor.

	BC2	F10	E13	P23	MDS	P
Dulzor	5.73 a ± 2.2	5.22 ab ± 2.1	4.01 bc ± 2.4	3.62 c ± 2.6	1.50	0.0223 *
Salado	2.15 ± 1.9	1.39 ± 1.3	2.35 ± 2.0	1.55 ± 1.8		0.2795
Ácido	2.11 ± 2.2	2.18 ± 2.6	1.24 ± 1.9	1.07 ± 1.3		0.4030
A frutas	5.07 a ± 2.7	3.36 ab ± 2.8	1.39 bc ± 2.1	1.05 c ± 2.2	2.10	0.0013**
Harinoso-integral	4.97 ± 2.5	2.68 ± 2.0	4.36 ± 2.9	5.22 ± 2.7		0.0742
Típico de panificación	3.87 ± 2.7	1.68 ± 1.6	2.00 ± 2.1	2.72 ± 2.9		0.1099
Amargor residual	1.78 ± 2.3	2.76 ± 3.0	2.03 ± 2.4	2.65 ± 2.6		0.5835

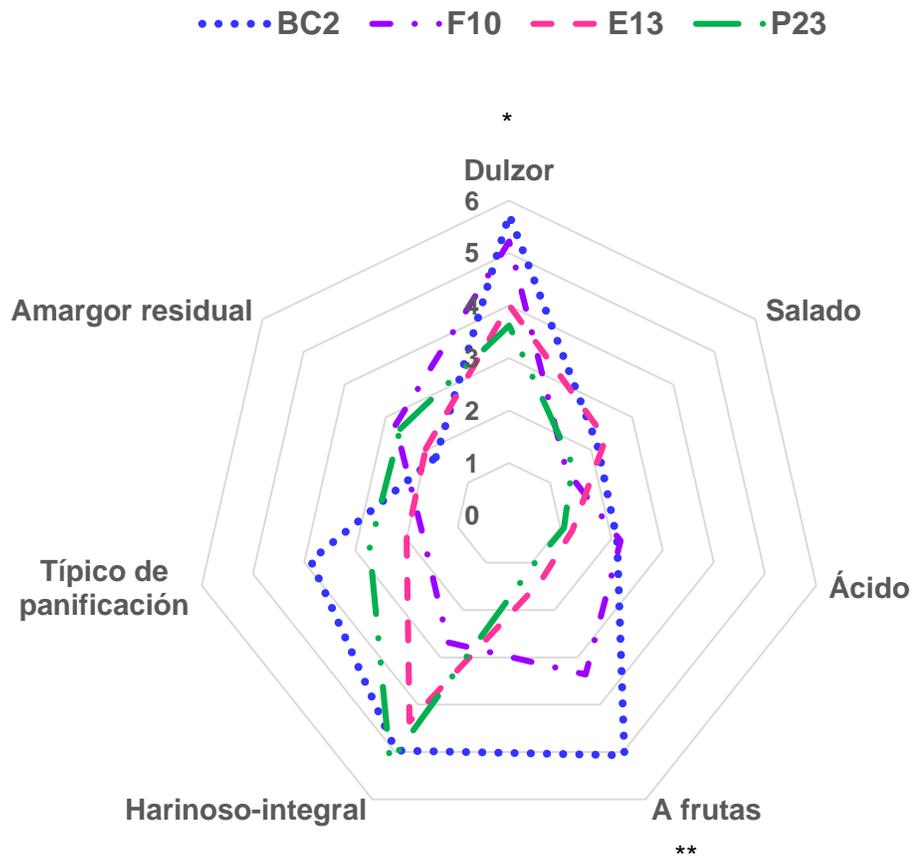


Figura 14. Análisis descriptivo de sabor para los tratamientos usando la prueba del perfil en una escala lineal acotada de 10 cm. Los atributos dulzor ($p < 0.0223^*$, a frutas ($p < 0.0013^{**}$) y harina integral ($p < 0.0065^*$) fueron significativamente diferentes ($N = 12$ jueces).

La característica sensorial de textura se muestra en la **Tabla 19**. Las diferencias significativas entre los valores medios y desviación estándar de los cuatro tratamientos fueron muy similares para los atributos de adhesividad, cohesividad, dureza y partículas entre dientes. El promedio de las medias para los cuatro tratamientos se mostraron en la parte baja de la escala lineal de evaluación y fueron: adhesividad con 3.4, cohesividad igual a 4.56, dureza fue de 4.45 y partículas entre los dientes igual a 4.6. Al comparar las lecturas obtenidas instrumentalmente (texturómetro y medidas en Newtons) no reflejaron ninguna correlación, la barra P23 presentó alto requerimiento de 80.7 Newtons para romperla y una menor fue para el tratamiento BC2 de 11 Newtons. Este comportamiento se atribuye a la presencia de lípidos de cadena larga presentes en las semillas grasas que contenían las tres barras de mayor proteína.

Tabla 19. Resultados descriptivo de textura.

	BC2	F10	E13	P23	MDS	P
Adhesividad	2.68 ± 2.7	3.43 ± 2.7	3.65 ± 1.8	3.86 ± 2.7		0.5339
Cohesividad	3.61 ± 3.0	5.35 ± 2.3	5.33 ± 2.3	3.95 ± 1.9		0.1145
Dureza	2.91 ± 3.0	4.88 ± 2.7	5.46 ± 1.9	4.55 ± 1.8		0.0531
Partículas / los dientes	4.28 ± 2.8	4.33 ± 2.0	5.42 ± 2.4	4.26 ± 2.7		0.4958
Número de fracturas	2.89 ab ± 2.2	4.18 a ± 2.7	2.26 b ± 1.7	3.80 a ± 2.9	1.84	0.0339 *
Saliva necesaria	3.31 c ± 2.1	4.09 ac ± 1.8	5.87 a ± 2.1	5.20 ab ± 2.5	1.37	0.0029 **
Arenosidad	3.17 c ± 3.2	3.61 c ± 3.0	5.12 b ± 2.0	6.72 a ± 2.5	1.48	0.0001 ***

Número de jueces = 12

Los tratamientos que mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en textura fueron tres atributos de los evaluados. El número de fracturas de la barra entre tratamientos fue significativamente diferente ($P < 0.0339$), mostrando la mayor intensidad para el tratamiento que contenía granos integrales de arroz, F10, seguido por P23. Por otro lado, el atributo de saliva necesaria mostró una mayor diferencia significativa en las intensidades ($p < 0.0029$), la percepción de los jueces fue de una mayor demanda de producción de saliva para desintegrar y formar el bolo en el tratamiento E13, seguido del tratamiento P23. La menor demanda se obtuvo para la barra BC2, lo que se atribuyó a mayor contenido de humedad en la fórmula. Las diferencias presentadas en el atributo de arenosidad fueron altamente significativas ($p < 0.0001$) manifestándose la tendencia de una mayor intensidad respecto al contenido de proteína, por lo que presentó el siguiente orden decreciente: $P23 > E13 > F10 > BC2$. Nuevamente, los granos de arroz integral contribuyeron significativamente a obtener una mayor sensibilidad al tamaño de partícula, medida como arenosidad (Stone y Sidel, 1993). Para mayor visualización del perfil de textura se incluye la **Figura 15**, con ejes múltiples donde cada uno representa a un atributo en la percepción de la textura de las barras nutricionales de cereales. La barra BC2 de menor contenido de proteína, en general presenta a sus atributos al centro de la gráfica como resultado de menor valor medio en los atributos y por consiguiente las barras de mayor proteína P23 y E13 se ubican al exterior.

En referencia a los aspectos de comercialización incluidos en las características descriptivas, son generalmente atribuidos a alguna característica específica de la percepción sensorial de olor, sabor y textura más que en relación a la composición. Las barras de cereales en este aspecto reflejaron una clara similitud en los valores medios del deleite o placer de consumo y en la probabilidad de compra de este producto nutricional. La **Tabla 20** muestra una relación negativa en la intensidad del placer y probabilidad de compra ya que disminuye los valores de percepción respecto al contenido de proteína, a pesar de no manifestarse diferencias en el amargor de las barras. Sin embargo, la tendencia en mayor satisfacción fue para la barra de menor proteína ($BC2 = 6.93$) al igual que para la probabilidad de compra ($BC2 = 6.45$). La explicación puede estar basada a las deficiencias en las etiquetas respecto al origen de los ingredientes, entonces el consumidor juzga sólo por las opiniones, de tal vez establecidas por los precios y apariencia general del envase, omitiendo por completo la parte nutricional carente de relación con la calidad total del alimento o nutrición. Este descubrimiento en un alimento de alta frecuencia de consumo nos indica la necesidad de trabajar en estos aspectos con el consumidor.

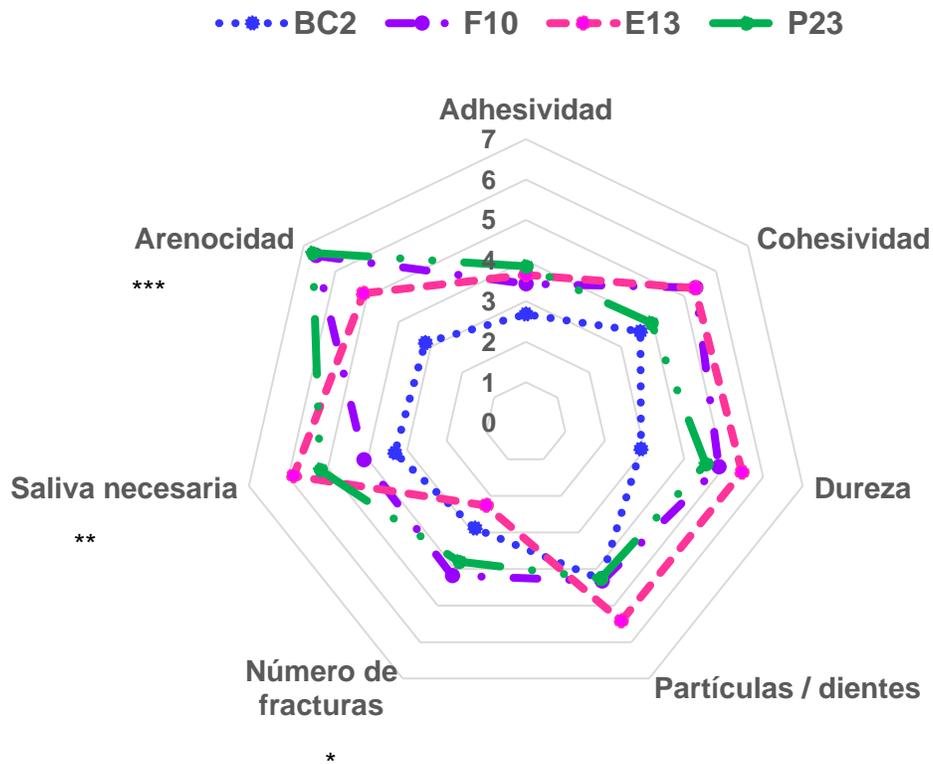


Figura 15. Análisis descriptivo de textura para los tratamientos usando la prueba del perfil en una escala lineal acotada de 10 cm. Los atributos No. De fracturas ($p < 0.0339^*$, saliva necesaria ($p < 0.0029^{**}$) y Arenoso ($p < 0.0001^{***}$) fueron significativamente diferentes (N= 12 jueces).

Tabla 20. Resultados descriptivo de Aceptación.

	BC2	F10	E13	P23	MDS	P
Deleite	6.93	5.14	5.28	3.91		0.1266
	± 2.9	± 3.4	± 1.9	± 2.8		
Probabilidad de compra	6.45	4.66	4.45	3.90		0.2053
	± 3.3	± 3.4	± 2.5	± 3.0		

La **Tabla 21** muestra los resultados del ordenamiento, donde la pregunta consistió en ordenarlos de acuerdo a su preferencia de consumo futura. El resultado mostró diferencias significativas ($P < 0.0367$) entre los tratamientos. Para el consumidor, ordenar la preferencia debería considerarse una elección informada o con pleno conocimiento, incluyendo tanto a la composición nutricional funcional de la barra como de los efectos que ejercen dichos componentes. Sin embargo, en este contexto implicó controversia con los resultados de intensidad de placer al estar consumiendo la barra. El tratamiento de mayor proteína, barra P23, fue la seleccionada en primer lugar, seguido por el tratamiento E13, en tercer lugar sigue la preferencia por la barra control BC2 y en posición última en cuarto lugar preferirían comprar a la barra F10. Ello implica que educar al consumidor es una acción fundamental para la sección de los alimentos acorde a las características nutricionales que brinda la composición respecto a la necesidad que deba satisfacer.

Tabla 21. Resultados ordenado para compra.

Rango	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Diferencia
BC2	1	4	0	7	A
F10	0	3	8	1	Ab
E13	4	3	4	1	ab
P23	7	2	0	3	b

Número de jueces = 12 ($p = 0.0367^*$)

Análisis Sensorial Afectivo Comercial

Los candidatos potenciales a ejecutar la evaluación sensorial en ambiente comercial deben seleccionarse pensando que dicha persona satisfaga los requerimientos del diseño experimental en ejecución. La estandarización de la prueba, requiere personas independientes, con voluntad para invertir tiempo en la práctica, entusiastas y conocer en general al tipo de producto a evaluar. Ese requerimiento se satisface con una encuesta (**ANEXO 3**) personalizada aplicada a los 100 consumidores, con edades que fluctuaron entre 30 y 70 años (44H:56M). Por la ubicación seleccionada en la Universidad de Sonora, los jueces consumidores se conformó por trabajadores, profesores, estudiantes y personas visitantes, de ahí que, la formación educacional predominó entre preparatoria y posgrados, estos provenían principalmente de la zona norte y centro de la ciudad (**Figura 16**).

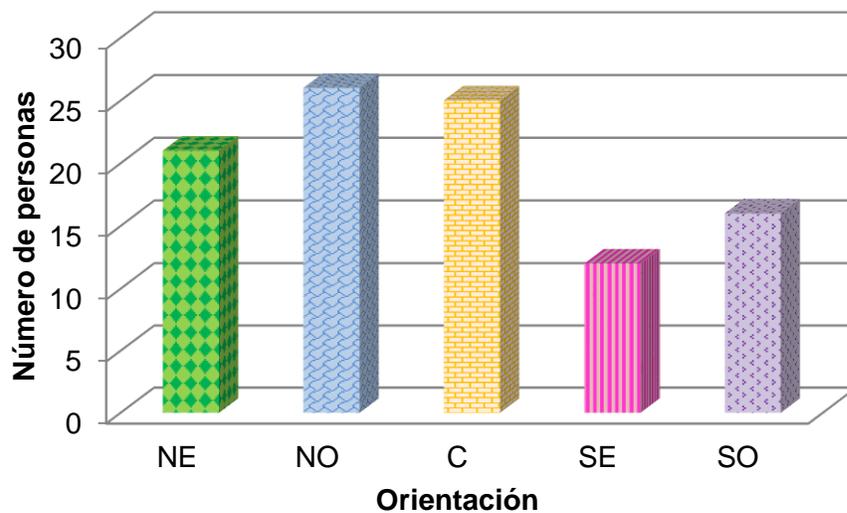


Figura 16. Encuesta comercial relacionada con la ubicación de vivienda de los consumidores en Hermosillo, Sonora.

La **Figura 17a**, muestra que un 34% los jueces consumen cereales integrales, encontrando con grata sorpresa que un 38% de ellos consumen nueces y cacahuates, además, el 16% reportaron que frecuentemente compraban alimentos concentrados en nutrientes. Sin embargo, un porcentaje menor, el 12%, eligen alimentos en función de la calidad de la fuente proteica y lipídica (**Figura 17c y d**). Otra sorpresa fue que el 56% de los jueces en este estudio, opina que consume suficiente cantidad de proteína para su edad (**Figura 17b**). A pesar de abundante publicidad de las funciones y requerimientos nutricionales disponible en cualquier medio de publicidad de alimentos, solo el 28% este grupo de consumidores compra proteína de soya, un 10% consume aislados y concentrados proteicos tipo carnes, vegetales y el 3% prefiere consumir aislados proteicos de suero de leche. El total de los encuestados reporta que su dieta contiene fuentes proteicas de reconocido perfil nutricional como huevo, leche, frijoles, chicharos y carnes, sin embargo, es poco frecuente incluir a cereales integrales, avena y/o pescados grasos (**Figura 17c**). Las fuentes grasas con mayor frecuencia de consumo son los aceites vegetales, mantequillas o margarinas. Por otro lado, no es sorprendente encontrar un bajo consumo de mantecas hidrogenadas (**Figura 17d**). La encuesta brindó la oportunidad de observar áreas en la que el consumidor requiere información en los empaques y publicidad nutricional para una mejor selección de los ingredientes en dietas nutricionales.

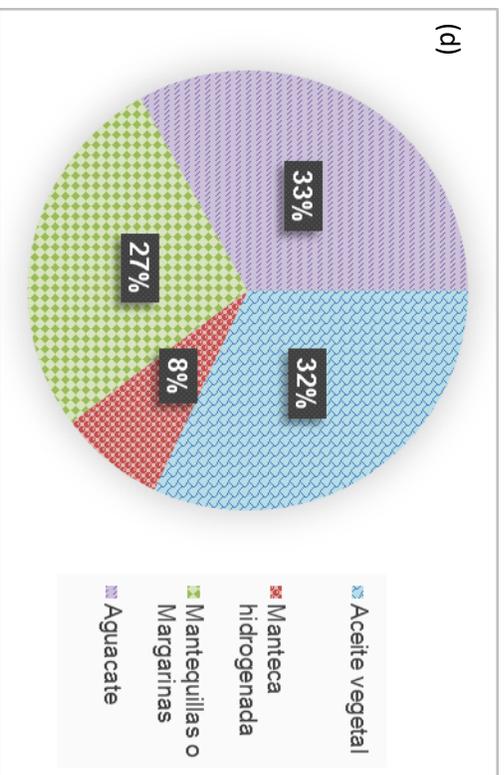
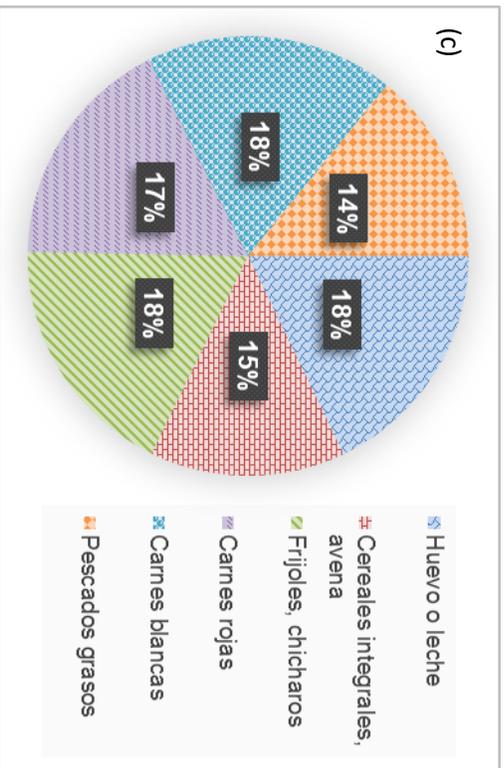
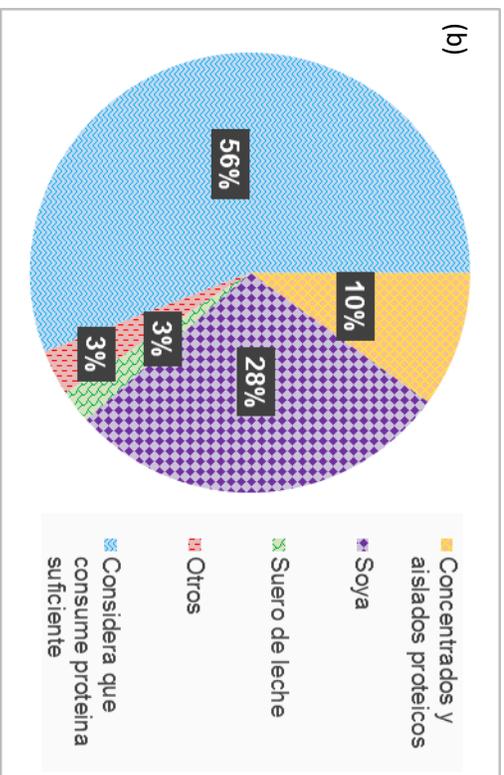
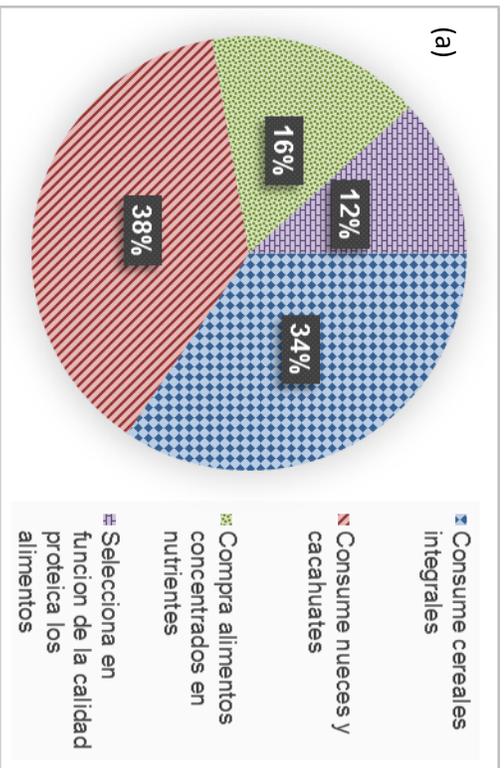


Figura 17. Encuesta en ambiente comercial (N=100) (a) Tipo de alimentación de los consumidores; (b) Nutrición de los consumidores; (c) fuentes proteicas; (d) fuentes grasas.

La **Tabla 22**, muestra que el color y la apariencia general de las barras no fueron significativos ($p < 0.05$) en la preferencia entre los tratamientos. Los atributos de olor ($p < 0.0121$), sabor (0.0001), textura ($p < 0.0001$) y grosor de la barra ($p < 0.0001$) si mostraron diferencias significativas. Considerando la concentración de proteína presente, la textura medida como dureza en la barras, observó un comportamiento lineal; a mayor proteína presente, mayor dureza percibida. El orden progresivo de aceptación respecto a textura fue; $P23 < F10 < E13 < BC2$ (**Figura 18**). La menor aceptación se encontró para la barra F10 respecto a olor y sabor posiblemente por contener menor cantidad de cereales integrales. La barra de mayor aceptación sin duda respondió a mayor frecuencia de consumo y se caracteriza por tener menor proteína, BC2, seguida por la de contenido intermedio de proteína, E13, con el tercer lugar de probabilidad de compra a la barra F10. Sin embargo, la barra P23 con mayor contenido de proteína se posicionó en el cuarto lugar de compra. Resultados opuestos a los obtenidos con jueces entrenados en el laboratorio. La explicación se centró en el costo por unidad y en la característica de dureza de esta barra. El comportamiento de preferencia respecto a apariencia general sin embargo no fue significativamente diferente, podría deberse a la cubierta de yogurt. En general, el consumidor basó su selección en primer término en textura, seguido por las percepciones en sabor y olor. Por esto, es necesario brindar al consumidor mayor información y pueda tener conocimiento sobre las características sensoriales de los alimentos en relación a la composición. Además, las nuevas fórmulas de productos de cereales de alto contenido proteico deben mejorar los perfiles de textura, ya que el consumidor prefiere alimentos suaves o de textura intermedia con bajo requerimiento de segregación de saliva durante la formación del bolo.

Tabla 22. Resultados comercial aceptación rechazo.

	BC2	F10	E13	P23	MDS	P
Olor	5.32 a ± 1.5	4.75 b ± 1.6	5.35 a ± 1.2	5.16 a ± 1.4	0.40	0.0121 *
Sabor	5.52 a ± 1.4	4.84 b ± 1.5	5.27 a ± 1.20	4.65 b ± 1.4	0.38	0.0001 ***
Textura	5.59 a ± 1.2	5.07 b ± 1.4	5.22 ab ± 1.3	4.57 c ± 1.4	0.37	0.0001 ***
Color	5.27 ± 1.4	4.94 ± 1.5	5.09 ± 1.31	5.19 ± 1.34		
Grosor de la barra	5.69 ± 1.08	5.29 ± 1.2	5.37 ± 1.2	4.90 ± 1.4	0.34	0.0001 ***
Apariencia general	5.58 ± 1.2	5.23 ± 1.3	5.47 ± 1.1	5.18 ± 1.36		
Preferencia de compra ¹	1 a	3 ab	2 bc	4 c	47.03	0.0001****

Escala descriptiva de 7 puntos (1 = me disgusta extremadamente, 4 = ni me gusta ni disgusta; hasta 7 = me gusta extremadamente). N total = 100 consumidores.

¹ Los rangos para cada nivel son: B2=309, F10=271, E13=225, P23=195

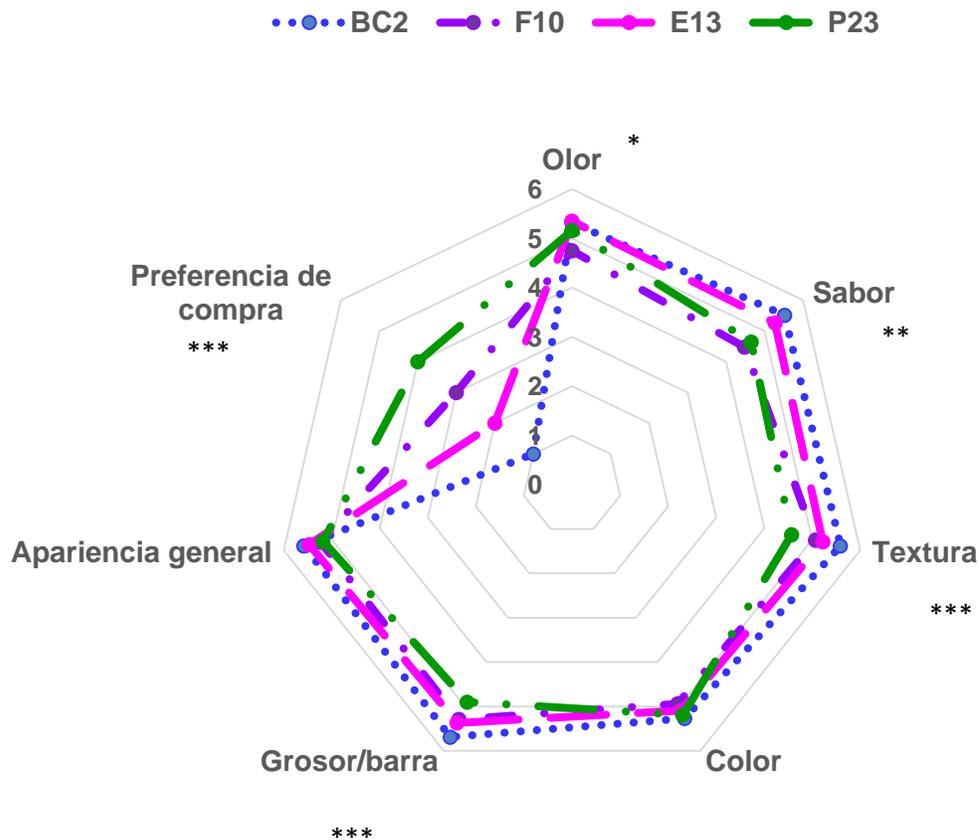


Figura 18. Análisis de preferencia comercial de los tratamientos usando la prueba escala categórica de 7 puntos. Los atributos olor ($p < 0.0121^*$, sabor ($p < 0.0001^{**}$), textura ($p < 0.0001^{***}$), grosor de la barra ($p < 0.0001^{***}$) y preferencia de compra ($p < 0.0001^{***}$) fueron significativamente diferentes ($N = 100$ consumidores).

CONCLUSIONES

La percepción nutricional respecto a mayor contenido de proteína en las barras no estableció una relación directa entre las características sensoriales y la satisfacción de consumo de las barras de cereales. Esto visualiza la ausencia de parámetros en el etiquetado que guíen al consumidor a seleccionar alimentos densos en nutrientes con contenidos que satisfagan sus demandas nutricionales específicas. En lo general los jueces establecieron que los atributos que forman la textura que describen las características sensoriales como predominantes para la selección de barras nutricionales de cereales. Las conclusiones específicas se listan a continuación:

1. La información en la etiqueta sobre el contenido como el origen de proteína y lípidos cataloga a estas barras en opción viable para aportar al menos un tercio del requerimiento diario de un adulto, sin embargo, el consumidor requiere de señalización de parámetros composicionales indicativos para dirigir su selección.
2. Ambos tipos de jueces, con entrenamiento y comerciales, utilizaron los atributos de textura para establecer diferencias entre las barras, entre ellos, la rigidez de la estructura al aumentar el contenido de proteína. Manifestado que las diferencias significativamente ($p < 0.05$), de los atributos de número de fracturas, saliva necesaria para la formación del bolo y arenosidad percibida en la cavidad bucal, crecen con el aumento de proteína en la barra.
3. El atributo de dureza mostró aumento no significativo al incrementar la cantidad de proteína en la barra, sin embargo, los comentarios de satisfacción y preferencia de los consumidores comerciales fue para la barra de trigo integral baja en proteína, de consistencia suave, debido a mayor contenido de humedad y a_w disponible.
4. La suavidad de barras altas en proteína deberá desarrollarse para aumentar la preferencia del consumidor. Las fórmulas proteicas podrían mejorarse con aumento y disponibilidad en el contenido de agua, agentes surfactantes y disgregantes para evitar la compactación de la proteína que afecta la suavidad de las barras.
5. La preferencia ($p < 0.05$) observada para las barras nutricionales en ambiente descriptivo y cuantitativo de los atributos se presentó en el siguiente orden; BC2 > F10 > E13 > P23. Mientras que el comercial medido como probabilidad de compra las diferencias significativas ($p < 0.05$) se presentaron en; BC2 > E13 > F10 > P23. Prefiriendo en ambas pruebas a la barra con menor contenido de proteína y ácidos grasos (BC2).

6. Los atributos de las características sensoriales del sabor y olor en las barras muestran intensidades uniformes desarrolladas tanto por los ingredientes tipo cereales como por el propio proceso. En general satisfacen el objetivo diseñado por el procesador, aunque técnicamente, podrían ponderar las notas de sabor y olor, con el objetivo de que el consumidor adulto encuentre en las barras nutricionales mayor sabor y con ello satisfacción.

La aplicación técnica de los resultados sensoriales de las barras nutricionales sugiere modificaciones en el perfil de textura, la suavidad de las barras alta en proteína, podría mejorarse con cambios en el contenido y disponibilidad de humedad. Por otro lado, la fórmula podría incluir a componentes específicos para disminuir la compactación y aumentar la flexibilidad de la matriz proteica, imprimiendo suavidad adicional a las barras.

RECOMENDACIONES

El consumo de variedad de cereales de bajo procesamiento suplementados con proteína y lípidos equilibrados por su aporte de nutrientes como por la biofuncionalidad podría mejorar el perfil nutricional de una amplia gama de requerimientos de la población adulta. De ahí que las recomendaciones se encaminan hacia diferentes públicos.

1. Los productores de alimentos necesitan mejorar los aspectos de textura y sabor en las barras de cereal altos en proteína, debido a que los consumidores prefieren alimentos blandos y fáciles de comer, suponiendo que un mayor consumo de estos podría disminuir los precios y habría mayor demanda de productos saludables.
2. El sector salud debe trabajar en difundir información nutricional con el propósito de enseñar al consumidor que el consumo frecuente de alimentos saludables tiene un efecto benéfico para la salud, y para que comprenda que las características sensoriales de un producto están relacionados con los parámetros de composición.
3. El consumidor en general para satisfacer los requerimientos nutricionales, debe desarrollar habilidades para seleccionar entre una gama de productos, que le brinden macro y micronutrientes de calidad y que favorezcan su estilo saludable de vida, ejemplo barras de cereales, para satisfacer la demanda de proteína y los lípidos.

BIBLIOGRAFÍA

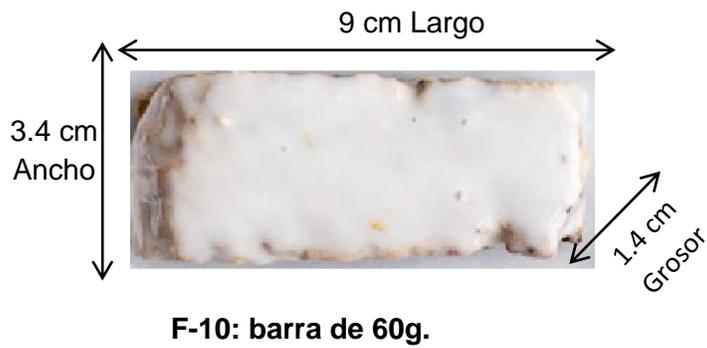
1. AACC. 2001, Official Methods and Recommended Practices of the American Association of Cereal Science. AACCI. St. Paul Minnesota.
2. Alsaffar A.A. 2011 "Sustainable diets: The interaction between food industry, nutrition, health and the environment" Food Science and Technology International. DOI: 10.1177/1082013215572029.
3. Alsaffar, A.A. 2016. Sustainable diets: the interaction between food industry, nutrition, health and the environment. Food Science and Technology International. 22(2):102-111.
4. Araneda, M. 2015. Cereales y derivados. Composición y propiedades. <http://edualimentaria.com>.
5. Bastian, M., Eggett, D., Jefferies, L.K. 2015. Questionnaire design: carry-over effects of overall acceptance question placement and pre-evaluation instruction on overall acceptance scores in central location test. Journal of Food Science. 80(2):S435-443.
6. Biguzzi, C., Lange, C., Schlich, P. 2015. Effect of sensory exposure on liking for fat- or sugar-reduced biscuits. Appetite 95 (2015) 317e323.
7. Biguzzi, C., Schlich, P., & Lange, C. 2014. The impact of sugar and fat reduction on perception and liking of biscuits. Food Quality and Preference, 35, 41e47.
8. Bucher, T., Müller, B., Siegrist, M. 2015. What is healthy food? Objective nutrient profile scores and subjective lay evaluations in comparison. Appetite 95 (2015) 408e414.
9. Chambaron. S., Chisin. Q., Chabanet. C., Issanchou. S., Brand. G. 2015. "Impact of olfactory and auditory priming on the attraction to foods with high energy density" Journal Elsevier Appetite 95: 74-80
10. Chen, J., Engelen, L. Wiley-Blackwell. First Edition. Part Five. Páginas 337-353.
11. Chlup, R., Bartek, J., Rezníková, M., Zapletalová, J., Doubravová, B., Chlupová, L., Seckar, P., Dvorácková, S., Simánek, V.. 2004. "Determination of the Glycaemic index of selected foods (White bread and cereal bars) in healthy persons" Biomed. Papers 148(1), 17-25
12. Dyson, T., Beckman, M. 2010. New cereals products for new consumers. Proceeding 96(3):5929-5936. ISSN19006241.
13. FAO, 2012. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. ISBN 978-92-5-307317-7. Página 38.

14. FAO, 2015, World agriculture: towards 2015-2030. Summary report. Rome, FAO and London. Página 5.
15. FAO, 2015. Dirección de Transformación y Comercialización de Productos. Agrícolas, estimaciones desde 2010.
16. FAO, 2016. Boletín de seguridad alimentaria y nutricional. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Cuarto trimestre Octubre-Diciembre 2015. Página1, 3,4-6.
17. FAO. 2011i. Global food losses and food waste, extent, causes and prevention, por J. Gustavsson, C. Cederberg, U. Sonesson (Instituto Sueco para la Alimentación y la Biotecnología) y R. van Otterdijk y A. Meybeck (FAO). Roma.
18. FEAN (Foro de expertos de alto nivel). 2012. La inseguridad alimentaria en las crisis prolongadas. Panorama general. Documento preparado para el Foro de expertos de alto nivel sobre la inseguridad alimentaria en las crisis prolongadas, Roma, 13 y 14 de septiembre de 2012.
19. Ferreyra, V., Flores, A., Fourmier, M., Aguilar, V., Apro, N., Giacomino, S., Pellegrino, N., Olivera-Carrion, M. 2009. Diata. 27(126): 18-25.
20. Ferroni, M., Castle, P. 2011. Public-private partnerships and sustainable agricultural development. Sustainability, 2011(3):1064–1073. Página 129
21. Fizz. 2013. Actualización a la versión 5.2 paquete sensorial francés. <http://www.biosystemes.com/>
22. Foegeding, A. 2015. Food protein functionality – A new model. Journal of Food Science. 80(12): C2670-C2677.
23. Frewer L., Scholderer, J., Lambert, N. 2003. Consumer Acceptance of Functional Foods: issues for the future. Brit Food J 105(10), 714-731.
24. Gertler, P., Martinez, S., Rubio-Codina, M. 2012. Investing cash transfers to raise long-term living standards. American Economic Journal: Applied Economics, 4(1), 164-192.
25. Gil, H.A. 2010. Cereales y productos derivados: En tratado de Nutrición. Tomo 2. Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Editorial Panamericana. ISBN: 976-64-9635-347-1-(rustica). Capítulo 5. Página 34.
26. Hackman, R.M., Aggarwal, B.B., Applebaum, R.S., deVere, R.W., White MDe, Dubick, M.A., Heber, T.H., Ito,T., Johnson, J.H., Keen, C.L., Winters, B.L., Stohs, S.J. 2014. Forecasting Nutrition Research in 2020. Journal of the American College of Nutrition. Vol. 33, No. 4, 340–346.
27. Hazen, R. 2014. Strategic nutrition for healthy aging. Premix Innovation Manager

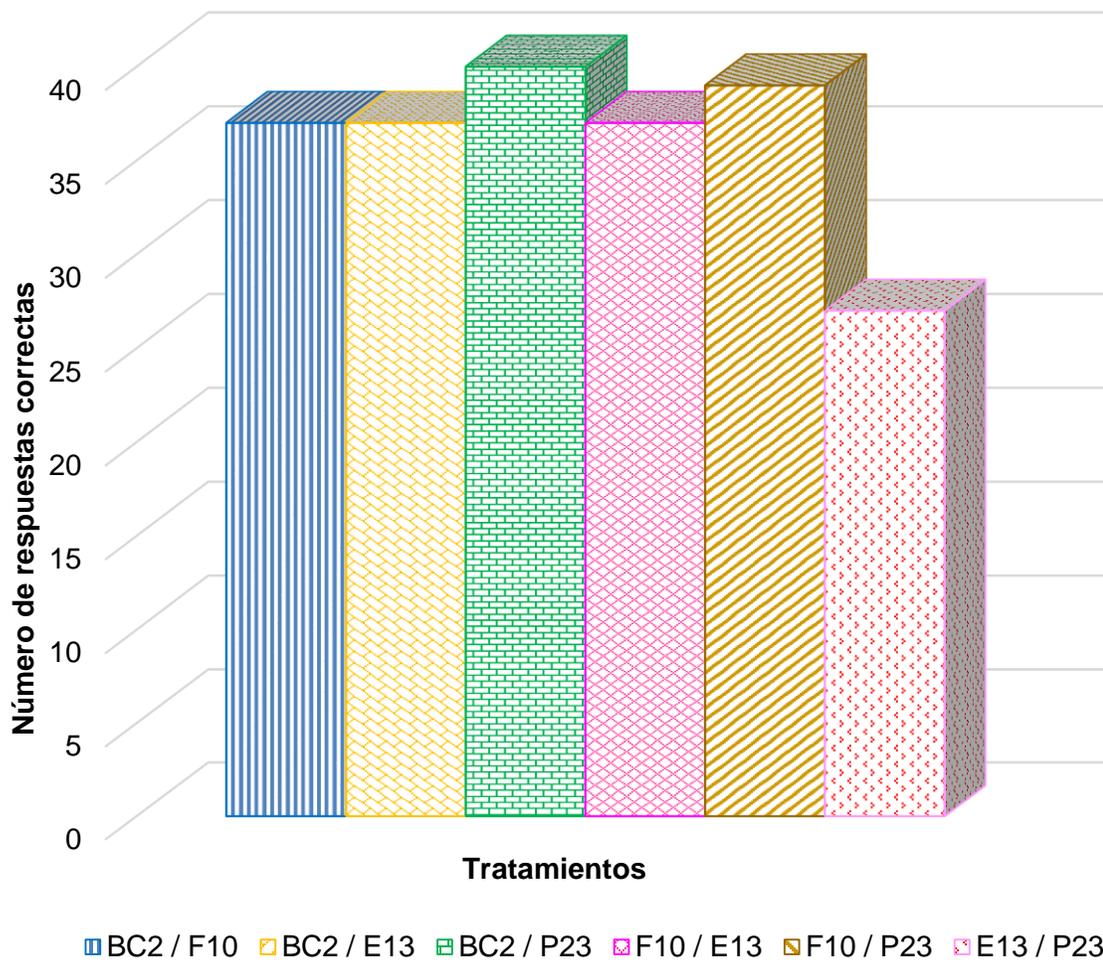
28. INEGI, 2016. Encuesta intercensal 2015. Principales Resultados. Boletín marzo 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México DF.
29. Ingredion. 2015. "Formulating Nutritional Bars for Multiple Markets—A dial-in Approach"
30. Lezcano, E. 2010. Análisis tecnológicos. Cereales para el desayuno. www.alimentosargentinos.gob.ar/.../informes/Nuez_2010_03Marzo. N0. 58:1-25-30-37.
31. Loveday, S.M., Hindmarsh, J.P., Creamer, L.K., Sing, H. 2009. Physicochemical changes in a model protein bar during storage. *Food Research International*. 42(9): 798-806.
32. Mauresa B., Eggett, D.L., Jefferies, L.K. 2015. "Questionnaire Design: Carry-Over Effects of Overall Acceptance Question Placement and Pre-evaluation Instructions on Overall Acceptance Scores in Central Location Tests" *Journal of food science* Vol. 80, Nr.2 435-443
33. McCarthy, N., Lipper, L., Branca, G. 2011. Climatesmart agriculture: smallholder adoption and implications for climate change adaptation and mitigation. *Mitigation in Agriculture Series No. 4*. Roma, FAO. Página 58-94 (recuadro 14 y 15)
34. Meilgaard MC, Civille GV, Carr BT. 2007. *Sensory evaluation techniques*. 4th ed. Boca Raton: CRC press. p 464-567.
35. Meilgaard, M., Civille, G.v., Carr, B.T. 1999. *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C. Capítulo 6 y 10.
36. Melanson, E. L., Astrup, A., Donahoo, W. T. (2009). The relationship between dietary fat and fatty acid intake and body weight, diabetes, and the metabolic syndrome [Article; Proceedings Paper] *Annals of Nutrition and Metabolism*, 55(1e3), 229e243.
37. Ni Mhurchu, C.T., Jiang, Y., Eyles, H.E., Rodgers, A. 2010. "Effects of price discounts and tailored nutrition education on supermarket purchases: a randomized controlled trail". *The American Journal of Clinical Nutrition* 91:736-47
38. NOM-1996. Norma oficial mexicana nom-147-ssa1-1996, bienes y servicios. cereales y sus productos. harinas de cereales, sémolas o semolinas. alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. productos de panificación. disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. www.cofepris.gob.mx/MJ/Paginas/Normas-Oficiales-Mexicanas.
39. Olivera, C.M, Ferreyra, D.V, Giacomino, M.S, Curia, C.A, Pellegrino, G. N, Fournier, U.M., Apro C.N. 2012 "Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica" *Rev Chil Nutr* Vol. 39, N°3.
40. ONU, 2015. Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, IT. ISBN 978-92-5-308785-3. Páginas 50-94.

41. Poonnakasem, N., Dharali, P.K, Chaiwanichsiri, S., Laohasongkram, K., Prinyawiwatkul, W. 2016. Different Oils and Health Benefit Statements Affect Physicochemical Properties, Consumer Liking, Emotion, and Purchase Intent: A Case of Sponge Cake; Vol. 81, Nr. 1, 2016 Journal of Food Science
42. Prasad, R, Jha, a., Sabikhi, L., Arvind, K., Unnikrishnan. 2015. Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods- a review. J. food Science and Technology. 52(2):662-675.
43. Quiroz-Moreno, A.L., Fontes-Gagiola,R., Rouzaud-Sández, O. Vidal-Quintanar, R.L. 2013 Evaluation of sensory rancidity of corn chips from nixtamalized dry corn masa produced at commercial level in México. CyTA - Journal of Food. Vol. 11(S1);15-21.
44. Raga, S. 2016. Food Industry History, Retrobituaries. <http://mentalfloss.com/article/> consultado en 17 de febrero de 2016. Estudio de la aceptabilidad en escolares de barras de cereales formuladas con ovoalbúmina, aceite de soya y miel.
45. Ray, S. Raychaudhuri U., Chakraborty R. 2015. Rice-, Pulse-, Barley-, and Oat-Bases Fermented Food Products” Pág. 218-223. Cereal Foods Word. Vol.60,No. 5.
46. Rebello, C.J., Johnson, W.D., Martin, C.K., Han, H., Chu, Y-F, Bordenave, N., van Klinken, J.W., O’Shea, M., Greenway, F.L.2015. Instant Oatmeal Increases Satiety and Reduces Energy Intake Compared to a Ready-to-Eat Oat-Based Breakfast Cereal: A Randomized Crossover Trial. Journal of the American College of Nutrition, Vol. 0, No. 0, 1–9.
47. Seal, C.J., Nugent, A.N., Tee, E.S., Thieleck, F. 2016. Whole-grain dietary recommendations: the need for a unified global approach. British Journal of Nutrition. 115(09):1-8.
48. SIAP-SAGARPA, 2014. SIAP.SAGARPA.gob.mx, consultada en 27 abril 2016.
49. Sloan, E. 2015. Top ten products. Food Technology. 69(4):30-41.
50. Sloan, E. 2016. Top ten products. Food Technology. 70(4):28-36.
51. Stone, H. Sidel, J. L. 1995. “Strategic applications for sensory evaluation in a global market”. Food technology. 48(2):80-89
52. Stone, H. Sidel, J. L. 1993, “Sensory Evaluation Practices” Editorial Academic Press, Inc. Segunda Edición. ISBN 0-12-672482-2
53. Stone, H., Bleibaum, RN., Thomas, Ha. 2012. Sensory evaluation practeces. 4th ed. San Diego; Academic Press. Pp.438.
54. Varela P. Fiszman, S. 2012. Application and new products development. EN: Food Oral Processing.

55. Vermulst, Y. 2015. Increasing the purchase and consumption of tasty fiber products within the elderly population. Sensus State Royal Co. Eurostat. 1(1): p1-p13.
56. Zamora-Gasga V.M, Bello-Pérez L.A, Ortíz-Basurto R.I, Tovar J., Sáyago-Ayerdi S.G. 2014 "Granola bars prepared with Agave tequila ingredients: Chemical composition and in vitro starch hydrolysis" LWT-Food Science and Technology 56(2014) 309-314
57. Zenteno-Pacheco, S. 2014. Energy Bars fortified cereals and other vegetable sources. Revista de Investigación Universitaria. 3(2):58-66.
58. Zonoza, M. 2015. Some formulation of snack bars and nutrition bars. Food Technology. 69(2):26-40.



Anexo 1. Aspectos de presentación en tamaños y pesos de cada barra



Anexo 2. Análisis discriminante de tratamientos usando la prueba triangular. Todas las combinaciones fueron significativamente diferentes (N= 40 jueces; P <0.0001 ***)

CUESTIONARIO COMERCIAL						
PRODUCTO: Barras de cereales altos en proteína						
Edad _____			Febrero de 2016			
PREGUNTAS			SI	NO	#	RESPUESTA
1	Consume cereales integrales					
2	Consume nueces y cacahuates					
3	Educación, Prim, Sec, Prepa, C, PG.					
4	Trabaja, Donde					
5	Que puesto o profesión desempeña					
6	Colonia en que vive					
7	Que fuentes proteicas consume por día: Huevo-Leche ----- Cereales integrales avena ----- Frijoles, chicharos ----- Carnes rojas ----- Carnes blancas ----- Pescados grasos -----					
8	Que fuentes grasas consume por día: Aceite vegetal ----- Manteca hidrogenada ----- Mantequilla y margarinas ----- Aguacate -----					
9	Consume concentrados y aislados proteicos: Soya ----- Suero de leche ----- Otros -----					
10	Considera que consume proteína suficiente para su edad y actividad					
11	Compra para usted y su familia alimentos concentrados en nutrientes (proteína-AG omega)					
12	Selecciona primordialmente en función de la cantidad de proteína los alimentos procesados					

Anexo 3. Cuestionario aplicado para conocer al juez en ambiente comercial.