



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**DESARROLLO DE UNA BARRA DE NOPAL, AVENA,
ARÁNDANO Y AMARANTO REDUCIDA EN AZÚCAR
COMO ALIMENTO FUNCIONAL PARA LA POBLACIÓN
MEXICANA**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS**

PRESENTA:

**VELÁZQUEZ PICHARDO JONATHAN
ALBERTO**

ASESORAS:

DRA. MA. ANDREA TREJO MÁRQUEZ

M. EN C. SELENE PASCUAL BUSTAMANTE

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U.N.A.M.
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUELLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos a comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Desarrollo de una barra de nopal, avena, arándano y amaranto reducida en azúcar como alimento funcional para la población mexicana

Que presenta el pasante: Jonathan Alberto Velázquez Pichardo
Con número de cuenta: 409017393 para obtener el Título de: Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 25 de Junio de 2014.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Sara Esther Valdés Martínez	
VOCAL	Dra. María Andrea Trejo Márquez	
SECRETARIO	I.A. Alberto Solís Díaz	
1er. SUPLENTE	I.A. Dulce María Oliver Hernández	
2do. SUPLENTE	Dr. Omar Reyes Martínez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

Agradezco...

Dios a quien rindo honor por llenar mi vida de bendiciones y llevarme hasta este punto, por la familia y amigos que me diste, por cuidar de mí y no dejar que perdiera mi camino y es que ahora sé que sin tu amor y guía nada de esto sería posible...

A ustedes **Guillermo y Socorro** por convertirse en la lección y ejemplo más grande de mi vida, por todos y cada uno de los cuidados que me dieron a lo largo de la misma, a ti coca por ser la madre más amorosa y entregada del mundo y a ti Guillermo por ser mi figura paterna, me siento sumamente orgulloso de ser uno de sus nietos y nunca los defraudare, los amare por siempre...

A **Josefina Pichardo** por convertirte en mama y papa de la casa, por dar todo tu empeño para que nada nos faltará, por darnos el ejemplo de fuerza y lucha en esta vida, por proporcionarnos las bases y valores necesarios para ser personas exitosas, porque simplemente mis logros también son los tuyos, por todo esto y más muchísimas gracias ...

A **Geovanni Velázquez** por todo el apoyo incondicional y por ser un impulso para entrar a la universidad, por ser mi gran amigo de toda mi vida y un excelente hermano, por ser tan distinto a mí porque eso es más divertido y por hacerme saber que siempre poder contar contigo...

A **Copitzin González** por ser la primera razón por la cual añadí más fuerza y entusiasmo al estudio, y en general por todo el amor y apoyo que tuve a tu lado, y por haber sido una parte tan importante en mi vida...

A mis grandes amigas de carrera, **Anahí, Haydee, China**, de las cuales aprendí muchísimo, y compartimos la vida universitaria por ser fieles a su amistad y todo el apoyo que tuve de ustedes, muchísimas gracias...

A la bardita, mis amigos más desastrosos de la carrera, **a Efraín, Celene, Flaco, Chonita, Lucero, Chucho, Lilo, Tetero, Jacome, Valeria, Aldo...** muchas gracias por todas las fiestas, risas, tonterías y en general por convertir esta experiencia en las más divertida y atrevida de todas, me la pase excelente a su lado.

A ustedes compañeros y amigos de frutos, a **Marisol Colín, Mauricio, Tito, Bety, Karla, Andres, Vero, Sadam, Andrea, Vero, Alejandra, Dacia, Aide, Yadir...** por cerrar con broche de oro esta última experiencia de la universidad que es el taller, cada uno de ustedes dejo una importante lección en mis vidas, espero poder seguir teniendo el gusto de saber de ustedes, muchísimas gracias...

A **Sebastián Ortega, Arely Olivares y Itzel Domínguez** por convertirse rápidamente en amigos tan importantes para mí, por su compañía, consejos, risas, fiestas, trabajo y por todo lo compartido en esta experiencia, algo me dice que este tipo de amistades duraran por mucho tiempo...

A todos los maestros que ofrecen educación de gran calidad incondicionalmente y que tienen la vocación de dar lo mejor de sí para nuestra formación, les agradezco mucho su esfuerzo y dedicación.

*Principalmente le agradezco a la doctora **Andrea Trejo** por ser tan dedicada a sus alumnos y alentarnos a dar lo mejor y confiar en nosotros mismos, por la excelente calidad de conocimiento que nos ha brindado y por todo el apoyo en esta carrera, muchísimas gracias Doctora ...*

*A **Selene Pascual y Adela Vargas** por aportar sus conocimientos, por regañarme cuando era necesario y por su esfuerzo y dedicación que ponen en cada uno de nuestros proyectos por que ponen muy en alto la calidad y esfuerzo de este taller...*

*A la **UNAM** por abrirme las puertas del conocimiento y es que el orgullo que siento de pertenecer a la máxima casa de estudios solo es comparable con la emoción que sentí al enterarme que sería de sangre azul y oro por el resto de mi vida, por formar profesionistas de calidad con ética y comprometidos con su país.*

Jonathan Velázquez

“Por mi raza, hablará el espíritu”



Índice

Índice de figuras	IV
Índice de tablas.....	VI
Resumen.....	1
Introducción	4
2. Antecedentes	6
2.1 El nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>).	7
2.1.1 Composición química.....	9
2.1.2 Usos y aplicaciones.	12
2.2 Mucílago de nopal.....	16
2.3 Barras de cereales.	17
2.4 Avena.....	18
2.4.1 Composición química de la avena.	19
2.5 Amaranto.....	20
2.5.1 Composición química del amaranto.....	21
2.6 Arandano.....	22
2.6.1 Composición química del arandano.	23
2.7 Alimentos funcionales.....	23
2.7.1 Definición y clasificación.....	24
2.8 Vida de útil	25
2.8.1 Indicadores microbiológicos.....	26
2.8.2 Indicadores de color	27
2.8.3 Estudios acelerados de vida de anaquel.....	29
2.9 Análisis sensorial.	30
2.10 Estudio de mercado.	31
2.10.1 Índice de Desarrollo Humano.....	33
2.11 Normatividad y legislación	34
3. Objetivos.....	36
3.1 Objetivo general.....	37
3.2 Objetivos particulares	37



4. Metodología.....	38
4.1 Cuadro metodológico	39
4.2 Mapa tecnológico.....	40
4.2.1 Selección del producto a desarrollar.....	40
4.3 Estudio de mercado.....	41
4.3.1 Definición del problema de mercado.	42
4.3.2 Análisis previo de la situación actual.	42
4.3.3 Selección y características de público objetivo.	43
4.3.4 Segmentación de mercado y cálculo de tamaño de muestra.....	43
4.3.5 Evaluación de encuestas (encuesta piloto).....	45
4.3.6 Aplicación de encuestas de campo.	46
4.3.7 Captura, codificación y tabulación de datos	48
4.4 Desarrollo de la barra de nopal y cereales.....	49
4.4.1 Material biológico.	49
4.4.2 Selección y limpieza de los materiales biológicos.....	49
4.4.3 Caracterización física del nopal.	49
4.4.4 Escaldado de nopal.	50
4.4.5 Secado de nopal.....	50
4.4.6 Rendimientos de secado.....	53
4.4.7 Elaboración de barras de nopal y cereales	53
4.4.8 Análisis sensorial.	57
4.5 Análisis químico proximal.....	59
4.6 Propuesta de etiquetado	61
4.7 Vida de aquel.....	61
5. Resultados y discusión	63
5.1 Estudio de mercado	64
5.1.1 Encuestas piloto	64
5.1.2 Encuestas de campo (demanda).	65
5.1.3 Encuestas de campo realizadas para determinar la oferta del producto.	77
5.1.4 Estimación de la demanda	81
5.1.5 Estimación de la oferta.....	82
5.1.6 Estimación de la demanda insatisfecha.	84



5.2 Desarrollo de barra de nopal, avena, arándano y amaranto baja en azúcares.	84
5.2.1 Caracterización de nopal por tamaños.....	84
5.2.2 Rendimientos de secado.	85
5.2.3 Análisis sensorial de barra de nopal, amaranto avena y arándano. Prueba de aceptabilidad por atributos.....	86
5.3 Análisis químico proximal de la barra	90
5.3.1 Caracterización química de la barra de nopal y cereales.	90
5.3.2 Desarrollo de la etiqueta para el producto barra de nopal y cereales.....	93
5.3.3 Comparación nutrimental con otras barras del mercado.	96
5.4 Determinación de vida de anaquel de la barra Glucofitness.	98
5.4.1 Descriptor microbiológico: Determinación de coliformes totales, mesófilos aerobios, mohos y levaduras de la barra Glucofitness.	99
5.4.2 Descriptor físico: color, luminosidad, croma y tono de barra Glucofitness.	100
5.4.3 Descriptor sensorial.....	105
6. Conclusiones y recomendaciones.	110
6.1 Conclusiones.....	111
6.2 Recomendaciones.	113
7. Bibliografía.....	114
Anexo A	127
Anexo B	144



Índice de figuras

Figura 1. Distribución de <i>Opuntia spp.</i> en el mundo	7
Figura 2. Mapa tecnológico del nopal <i>Opuntia spp.</i>	13
Figura 3. Estructura propuesta del mucilago de nopal <i>Opuntia ficus indica</i>	16
Figura 4. Estructura morfológica de la avena.....	19
Figura 5. Morfología de la semilla de amaranto.	21
Figura 6. Diagrama CIELAB representación del color.	28
Figura 7. Diagrama de flujo para la elaboración de estudio de mercado.	41
Figura 8. Cálculo de la población objetivo.....	44
Figura 9. Formato encuesta de prueba.....	46
Figura 10. Formato de encuesta de campo (demanda).....	47
Figura 11. Formato de encuestas de campo (oferta).	48
Figura 12. Obtención de nopal deshidratado: A) Estufa de extracción con nopal fresco B) Estufa de extracción con nopal deshidratado C) Nopal seco y reducido a forma granular.	51
Figura 13. Diagrama de proceso para la obtención de nopal deshidratado (sin escaldar).....	51
Figura 14. Diagrama de proceso para la obtención de nopal deshidratado (escaldado).....	52
Figura 15. Diagrama de proceso para la elaboración de barras de nopal y cereales.	55
Figura 16. Molde para la elaboración de barras de nopal y cereal.	56
Figura 17. Formato para la prueba sensorial aplicada a los diferentes panelistas.	58
Figura 18. Evaluación de prueba piloto, siendo “a, b, c y d” posibles respuestas.....	64
Figura 19. Tendencia de consumo de alimentos ricos en fibra o bajos en calorías.....	65
Figura 20. Tendencia de consumo de alimentos ricos en fibra o bajos en calorías por edades.....	66
Figura 21. Tendencia de consumo de alimentos ricos en fibra o bajos en calorías dependiendo su estado de salud.	67
Figura 22. Tendencia de consumo de barras de cereales.	67
Figura 23. Tendencia de consumo total de barras comerciales.	69
Figura 24. Tendencia en la frecuencia de consumo de barras comerciales en las dos delegaciones.	70
Figura 25. Tendencia en la frecuencia de consumo de barras de cereales en las delegaciones Coyoacán y Benito Juárez.	70
Figura 26. Frecuencia de consumo de nopal en las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán.....	71
Figura 27. Conocimiento de las propiedades de nopal en personas de la delegación Benito Juárez y Coyoacán.....	72
Figura 28. Probabilidad de consumo de barras de nopal y cereales bajas en calorías en las delegaciones Coyoacán y Benito Juárez.	73
Figura 29. Probabilidad de consumo de barras de nopal y cereales clasificado por edades.	74
Figura 30. Tendencia de consumo de la barritas de nopal y cereales en relación a su estado de salud.	75



Figura 31. Tendencia de consumo de la barras de nopal con cereales en la población total estudiada.....	75
Figura 32. Tendencia de los precios estaría dispuesta a pagar por una barra de cereales y nopal.76	
Figura 33. Productos a base de nopal disponibles en las tiendas naturistas de las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán.....	78
Figura 34. Frecuencia de venta de los productos de nopal en la delegación Coyoacán.....	79
Figura 35. Frecuencia de venta de los productos de nopal en la delegación Benito Juárez.....	79
Figura 36. Porcentaje de tiendas comerciales que estarían interesados en ofrecer las barras de nopal y cereales.....	80
Figura 37. Distribución de tamaños de nopal <i>Opuntia ficus indica</i>	85
Figura 38. Rendimientos de nopal deshidratado escaldado y sin escaldar.....	85
Figura 39. Influencia del proceso sobre los atributos de la barra de nopal con cereales.....	86
Figura 40. Efecto de la concentración de nopal en cada una de las concentraciones de mucilago. a) 5%, b) 8% y c) 2%.....	87
Figura 41. Propuesta de etiquetado para la barra de nopal y cereales.....	95
Figura 42. Glucofitness (barras de avena, amaranto, arándano y nopal deshidratado sin escaldar). 96	
Figura 43. Barras de cereales existentes en el mercado de productos naturistas; a) Glucofitness; b) Barrinolas arándano; c) Slimbar; d) Barrinola café; e) Nutribar; f) Nutrisa kids.....	96
Figura 44. Comportamiento Cambio de tono en la barra Glucofitness almacenada por 32 días a 25 y 45°C.....	101
Figura 45. Cambio de croma en las barras almacenadas por 32 días a 25° y 45°C.....	102
Figura 46. Cambios en la luminosidad de las barras almacenadas por 32 días a 25y 45°C.....	102
Figura 47. Índices de color durante el almacenamiento de la barra a 25°C y 45°C: (a) diferencial total de color (b) diferencia de croma.....	103
Figura 48. Aceptación de la barra Glucofitness en diferentes días de muestreo a 25 C.....	108
Figura 49. Aceptación de la barra Glucofitness en diferentes días de muestreo 45°C.....	109
Figura 50. Diagrama de flujo para la elaboración de pulpas congeladas de tuna.....	127
Figura 51. Diagrama de flujo para la elaboración de láminas deshidratadas de tuna.....	128
Figura 52. Diagrama de flujo para la elaboración de mermelada de tuna.....	129
Figura 53. Diagrama de flujo para la elaboración de jugo de tuna.....	130
Figura 54. Diagrama de flujo para la elaboración de colonche.....	131
Figura 55. Diagrama de flujo para la elaboración de nopales en escabeche.....	132
Figura 56. Diagrama de flujo para la elaboración de mermelada de nopal.....	133
Figura 57. Diagrama de flujo para la elaboración de jugo de nopal.....	134
Figura 58. Diagrama de flujo para obtener harina de nopal.....	135
Figura 59. Diagrama de flujo para la preparación de frituras adicionadas con harina de nopal. ...	136
Figura 60. Diagrama de flujo para la elaboración de bebida baja en calorías a base de nopal.	137
Figura 61. Diagrama de flujo para la elaboración de pan con harina de nopal.....	138
Figura 62. Diagrama de flujo para la elaboración de cereal extruido a base de nopal.....	139
Figura 63. Diagrama de flujo de extracción de colorantes de tuna purpura.....	140
Figura 64. Diagrama de flujo para la obtención de extracto de cochinilla carmín.....	141
Figura 65. Diagrama de flujo para la obtención de fibra de espinas de nopal.....	142



Figura 66. Diagrama de flujo para la extracción de mucilago de nopal.....	143
Figura 67. Apoyo gráfico para la pregunta ¿Usted ha consumido alguno de estos productos? (parte 1).	144
Figura 68. Apoyo gráfico para la pregunta ¿Usted ha consumido alguno de estos productos? (parte 2).	145

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química de cladodios en distintas edades (Porcentaje en materia seca).....	10
Tabla 2. Valor nutrimental del nopal verdura.	10
Tabla 3. Cantidad de algunos nutrientes del nopal verdura	11
Tabla 4. Características físicas y químicas de la harina de nopal	15
Tabla 5. Composición química de la avena.....	20
Tabla 6. Composición química de la semilla de amaranto (por 100 g de parte comestible y en base seca).....	22
Tabla 7. Composición química del arandano rojo.....	23
Tabla 8. Principales componentes funcionales contenidos en los alimentos.	25
Tabla 9. Pruebas sensoriales utilizadas para el desarrollo de nuevos productos	31
Tabla 10. Indicadores que componen el índice de desarrollo humano.	34
Tabla 11. Normas Oficiales Mexicanas utilizadas y sus descripciones.	35
Tabla 12. Determinación del tipo de barra y público objetivo.....	43
Tabla 13. Tipo de variables consideradas para el estudio de mercado.....	43
Tabla 14. Datos de interés para el cálculo de tamaño de muestra.	44
Tabla 15. Tamaño de muestra correspondiente a su nivel de certeza.	45
Tabla 16. Clasificación de tamaño en función de la longitud para el nopal verdura.	50
Tabla 17. Formulaciones para el desarrollo de las barras.	53
Tabla 18. Formulaciones de la solución aglomerante de la barra.	54
Tabla 19. Diseño y codificaciones de combinaciones de distintas formulaciones.....	57
Tabla 20. Escalas hedónicas de los diferentes atributos evaluados.....	58
Tabla 21. Clase de descriptores con técnicas de análisis.	62
Tabla 22. Cálculo de la demanda general y por delegaciones.....	81
Tabla 23. Frecuencia de consumo de barritas en la delegación Benito Juárez.....	81
Tabla 24. Frecuencia de consumo de barras en la delegación Coyoacán.....	82
Tabla 25. Frecuencia de venta de barras energéticas o bajas en calorías y productos de panificación o nixtamalizados adicionados con harina de nopal en la delegación Benito Juárez.....	83
Tabla 26. Frecuencia de venta de barras energéticas o bajas en calorías y productos de panificación o nixtamalizados adicionados con harina de nopal en la delegación Coyoacán	83
Tabla 27. Cálculo de la demanda insatisfecha en las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán.....	84
Tabla 28. Análisis químico proximal de las barritas elaboradas con nopal deshidratado escaldado y sin escaldar	90
Tabla 29. Comparación del desarrollo de barras con cereales y otros componentes.	93



Tabla 30. Conteo de mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos y levaduras de las barras sometidas a almacenamiento a 25°C y 45°C.....	99
Tabla 31. Coeficientes de correlación y constantes de velocidad de reacción de órdenes de reacción n=0 y n=1 a 25°C y 45°C	104
Tabla 32. Parámetros de la regresión lineal de la ecuación de Arrhenius.....	105
Tabla 33. Aceptación de la barra almacenada a 25°C a los 32 días de estudio.....	106
Tabla 34. Aceptación de la barra almacenada a 45°C a los 32 días de estudio.....	107
Tabla 35. Formulación para bebida baja en calorías a base de nopal.	137
Tabla 36. Formulaciones para la elaboración de cereal extruido con harina de nopal.	139



Resumen





RESUMEN

El nopal es una parte fundamental en la cultura y en la alimentación mexicana, y últimamente al consumo de esta cactácea se le han asociado múltiples beneficios a la salud, sin embargo su uso se ha visto limitado sólo al consumo en fresco o como guarnición, por esa razón, la generación de nuevos productos que ofrezcan ventajas de funcionalidad en su consumo, es una opción estratégica que ayudaría al control y la prevención de muchas enfermedades que están a la orden del día. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es desarrollar una barra de nopal y cereales, mediante la identificación de oportunidades tecnológicas, tendencias del mercado actual, aceptabilidad del producto y el tiempo de vida útil de la barra.

La metodología utilizada fue la siguiente: Para la selección del producto a realizar, se elaboró un mapa tecnológico que describe en que productos o procesos se ha utilizado el nopal, tanto a nivel de proyectos de investigación, como industrial y artesanalmente, siendo así, el nopal deshidratado una excelente materia prima para la elaboración de barras de cereales. Posteriormente se realizó un estudio de mercado en las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán, aplicando una encuesta personal diseñada con respuestas de opción múltiple, con el objetivo de obtener los hábitos y frecuencias de consumo del mercado potencial, encontrando que un 51% de la población encuestada si consumirían barras de cereales con nopal. También se realizó encuestas para conocer la oferta que existe en estas delegaciones, encontrándose una demanda insatisfecha de 292,557 y 222,549 de barras a la semana en las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán, respectivamente.

Para el desarrollo de la barra de nopal y cereales se encontró que la aceptación sensorial del producto no mostró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) con respecto al empleo de nopal deshidratado escaldado o sin escaldar, sin embargo, la cantidad de mucilago y nopal deshidratado causaron efectos en la apariencia, sabor, firmeza, crocancia, adhesividad y aceptación de la barra, por lo que la formulación con 27% de nopal deshidratado y 2% de mucilago de nopal fue la que presentó los atributos sensoriales deseables y una mayor aceptación del producto.

El análisis químico proximal mostró que la barra elaborada con nopal deshidratado sin escaldar tuvo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto al nopal sin escaldar, en la



cantidad de humedad (8.5%) y cenizas (6.2%), pero no se encontró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en la cantidad de fibra dietética, aunque ésta fue mayor con un valor del 28% en comparación a la barra elaborada con nopal deshidratado escaldado.

Por último, se determinó la vida de anaquel tomando en cuenta parámetros microbiológicos (mesófilos, coliformes totales, mohos y levaduras), físicos (cambio total de color ΔE), y sensoriales (prueba de aceptabilidad) por lo que en base a este último atributo la barra tuvo un tiempo de vida útil de 32 días.

Se concluye que el desarrollo de una barra de nopal, amaranto, arándano y avena es una alternativa tecnológica viable que ofrece a un mercado potencial como es el caso de las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán, un producto funcional de bajas calorías y alto contenido fibra dietética, y que a su vez fomenta el uso de esta cactácea a nivel industrial.



Introducción



INTRODUCCIÓN



El nopal, fragmento del paisaje y símbolo nacional, ha sido por décadas parte esencial de la dieta mexicana. Dadas sus características morfológicas y fisiológicas, el cultivo de nopal presenta una excelente adaptación a climas áridos en los que no cualquier cultivo puede sobrevivir, y debido también a su bajo valor calórico, alto contenido en fibra, cualidades nutricionales y funcionales, esta cactácea, ha estado en la mira de productores, procesadores y consumidores (Guzmán & Chávez, 2007; Osorio-Córdoba *et al.*, 2011; Sandoval, 2010). La producción anual de nopal en el 2010 fue de 336,882.50, de las cuales el 98% se destinan al consumo en fresco y casi 50 mil toneladas no se comercializan en tiempos de sobreproducción. El precio del nopal con destino al Distrito Federal oscila alrededor de 0.71 pesos por kg, presentando los precios más bajos en el periodo de julio a octubre que es cuando la oferta de este vegetal supera a la demanda en el mercado. Principalmente se comercializa al consumidor final en mercados tradicionales, supermercados, centrales de abastos y otros comercios (Callejas-Juárez *et al.*, 2009; SAGARPA, 2012).

En México la gran mayoría de agroindustrias existentes de nopal se sitúan en el Distrito Federal y producen artículos medicinales, nopalitos en escabeche, nopalitos en salmuera y cosméticos, siendo muchas de estas, de tipo semiartesanal, teniendo bajo volumen de producción, envasado deficiente y etiquetado inadecuado por lo que incumplen con los requisitos para ser proveedores en las tiendas de autoservicio y con las exigencias del consumidor, que busca principalmente buena presentación, calidad y precio en los productos que adquieren además de que responden a la tendencia de consumo de alimentos naturales, bajos en calorías y que puedan aportar algún beneficio más allá de sus efectos nutricionales (Callejas-Juárez *et al.*, 2009; Innova Market Insights, 2013).

Por lo tanto el objetivo de este trabajo fue desarrollar una barra de nopal, avena, arándano y amaranto baja en azúcares, mediante la identificación de oportunidades tecnológicas y emergentes del nopal, así como hábitos de consumo y tendencias del mercado, para contribuir al aumento en el consumo de esta cactácea y proporcionar un alimento funcional a la población mexicana.



2. Antecedentes





2.1 El nopal (*Opuntia ficus-indica*).

El nopal ha sido ligado de modo particular a la historia de México, desde la fundación de la gran Tenochtitlán, nombre que nace por las palabras “tetl” que es piedra y “nochtli” que significa tuna por lo que su significado es fruta que crece sobre la piedra. En el escudo de México figurará un águila posada sobre un nopal, un símbolo que ha llegado hasta nuestros días (Reza, 2002).

Muchas de las cactáceas son originarias de América tropical y subtropical y la mayoría de sus integrantes son nativas de México. Hoy día se encuentran en una gran variedad de condiciones agroclimáticas, en forma silvestre o cultivada, en todo el continente americano, por lo que se han descrito hasta la fecha más de 125 géneros y 200 especies (Rios, 2004).

Actualmente el nopal se distribuye a lo largo de todo el mundo, sin embargo su presencia es mayor en el continente americano, en específico en América tropical (Figura 1).



Figura 1. Distribución de *Opuntia spp.* en el mundo
Fuente: Sáenz *et al.* (2006)

En el territorio mexicano se distribuyen en forma silvestre en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Aguascalientes, y en forma cultivada se encuentran en los estados de San Luis Potosí, Oaxaca, Jalisco, Puebla, Michoacán, Aguascalientes, Baja California, Distrito Federal y Zacatecas (SEMARNAT, 2007).



Las plantas del género *Opuntia* son nativas de varios ambientes, desde zonas áridas al nivel del mar, hasta territorios de gran altura; aunque el rango óptimo de temperatura es de entre 16 y 28°C, soportando una temperatura máxima de 35°C y una mínima de 5°C (Nobel, 1999).

La longevidad promedio de las plantaciones de nopal es de 5 a 7 años aunque en terrenos apropiados con pH Neutro y con prácticas constantes de cultivo, sin problema de plagas el nopal puede llegar a vivir hasta 80 años (Rios, 2004).

La taxonomía de los nopales es sumamente compleja debido al sinonismo existente en los sistemas de clasificación. En México existen alrededor de 104 especies de *Opuntia* y 10 de *Nopalea* las cuales 15 de estas especies se utilizan como forrajera, 5 para la producción de tuna y 4 como verdura. En México la más utilizada es la del género *Opuntia ficus-indica* (Corrales & Flores, 2000).

Se conocen casi 300 especies del género *Opuntia*, sin embargo, hay sólo 10 ó 12 especies utilizadas por el hombre, ya sea para producción de fruta y nopalitos para alimentación humana, así como forraje o para la crianza de cochinilla carmín para obtención de colorante. Entre ellas se encuentran, como especies cultivadas para producción de fruta: *Opuntia ficus-indica*, *O. amyclaea*, *O. xocconostle*, *O. megacantha* y *O. streptacantha*. Como especies silvestres: *Opuntia hyptiacantha*, *O. leucotricha* y *O. robusta* (Sáenz *et al.*, 2006).

Se encuentra al género *Opuntia ficus indica* como un vegetal con pocas espinas, arborescente, de entre 3 a 5 metros de alto, mientras que su tronco leñoso mide entre 30 a 50 cm de diámetro. Éste forma pencas o cladodios de 30 a 60 cm de longitud, por 20 a 40 cm de ancho y de 2 a 3 cm de espesor dependiendo del agua y de los nutrientes disponibles (Rios, 2004). Sobre ambas caras del cladodio se presentan las yemas, llamadas aréolas, que tienen la capacidad de desarrollar nuevos cladodios, flores y raíces. En ellos se realiza la fotosíntesis, ya que los tallos modificados reemplazan a las hojas en esta función; se encuentran protegidos por una cutícula gruesa, que en ocasiones está cubierta de cera o pelos. Estos tallos presentan, además, gran capacidad para almacenar agua, ya que poseen abundante parénquima. El fruto es una falsa baya con ovario ínfero simple y carnoso con distintos colores, formas y tamaños (Sáenz *et al.*, 2006).



Los cladodios presentan además de espinas, pocos estomas por unidad de superficie con la particularidad de permanecer cerrados durante el día y abiertos en la noche; esto evita la pérdida de agua por transpiración durante el día y permite durante las horas nocturnas la entrada de dióxido de carbono (CO₂). Ya que los nopales presentan el metabolismo del ácido crasuláceo (plantas CAM), con la toma de CO₂, conducen a una acidificación gradual del tallo (Sáenz *et al.*, 2006).

Debido sus características fisiológicas, el nopal presenta grandes ventajas frente a la producción de otros vegetales, ya sea por su necesidad tan aplazada de agua o por su resistencia a un amplio rango de temperaturas. Estas ventajas han hecho que la producción de esta cactácea esté en la mira de productores, procesadores y consumidores. Cabe señalar como otra de las principales ventajas las aportación nutrimental del nopal en la alimentación humana (Sandoval, 2010).

2.1.1 Composición química.

La composición del nopal varía, no sólo con el género del cual se trate, si no con las condiciones climatológicas y estado de madurez del cladodio por lo que es importante conocer las características propias de especies adaptadas a zonas ecológicas específicas antes de abandonar las posibles alternativas de industrialización (Guzmán y Chávez, 2007).

De acuerdo con algunos estudios hechos por Guzmán y Chávez (2007), muestran que el porcentaje de proteínas que contiene el nopal de un mes de edad es de 0.94%, cantidad relativamente alta con respecto al porcentaje de proteínas que presentan los cladodios de un año de edad que tienen un promedio de 0.48% con respecto a la cantidad de cenizas, muestran que el cladodio con un mes de edad contienen menor porcentaje de cenizas (0.08%) con respecto al de un año de edad (1.60 %).

En la Tabla 1 se muestra la composición química del cladodio en base seca en distintos estados de madurez.



Tabla 1. Composición química de cladodios en distintas edades (Porcentaje en materia seca)

Edad (años)	Descripción	Proteína	Lípidos	Cenizas	Fibra cruda	Extracto no nitrogenado
0.5	Renuevos o nopalitos	9.4	1.0	21.0	28.0	60.6
1	Penca	5.4	1.29	18.2	12.0	63.1
2	Penca	4.2	1.40	13.2	14.5	66.7
3	Penca	3.7	1.33	14.2	17.0	63.9
4	Tallos suberificados	2.5	1.67	14.4	17.5	63.9

Fuente: Sáenz *et al.*(2006).

El nopal es un alimento rico en nutrientes, entre ellos se destaca la fibra dietética presentando alrededor de 3.6 g/100g de cladodio, y ya que debido a este componente se le atribuyen algunas propiedades funcionales como acciones hipoglucémicas, hipocolesterolémicas y el control de algunos desórdenes gastrointestinales es recomendado para personas diabéticas, con problemas de colesterol y sobrepeso ya que el contenido energético del nopal es bajo (40 Kcal), por lo que es consumido durante dietas especiales (Alimentación sana , 2012) .

AMSDA (2003) presenta sus porcentajes de cada componente, en los que destaca la fibra dietética con 3.6 gramos cuando el cladodio alcanza un peso de 100 gramos (Tabla 2).

Tabla 2. Valor nutrimental del nopal verdura.

Composición del nopal verdura por cada 100 gramos	
Contenido energético (Cal)	40
Grasas (g)	0.5
Colesterol (g)	0
Carbohidratos (g)	9.6
Fibra dietética (g)	3.6
Proteínas (g)	0.7

Fuente: AMSDA (2003)



En el nopal joven se observa una composición química diferente al cladodio adulto, siendo el de un mes de edad más rico en vitamina C, carbohidratos y proteínas, por tal se puede aprovechar este beneficio consumiendo nopales frescos en forma de verdura o para la producción de algunos otros productos como salmueras o escabeches (Guzmán & Chavéz, 2007).

Cuando los cladodios son maduros (1 a 2 años) se pueden emplear para la producción de harinas y otros productos. Hoy en día el nopal se industrializa en una gran cantidad de productos siendo los más comunes en el mercado los nopales en escabeche o salmueras, jugos o yogurths con nopal, tostadas, tortillas, harinas, suplementos alimenticios entre otros (Sáenz *et al.*, 2006). La cantidad de otros nutrientes se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Cantidad de algunos nutrientes del nopal verdura

Composición del nopal por cada 100 gramos	
Calcio (mg)	56
Hierro (mg)	0.3
Magnesio (mg)	85
Fósforo (mg)	24
Potasio (mg)	220
Sodio (mg)	5
Cobre (mg)	0.08
Selenio (mg)	0.6
Zinc (mg)	0.12
Vitamina C (mg)	14
Tiamina (mg)	0.01
Riboflavina (mg)	0.06
Niacina (mg)	0.5

Fuente: AMSDA (2003)



Otros sectores productivos también se están beneficiando con las propiedades de la tuna y los nopales, ya que son materia prima para la industria de cosméticos, de bebidas alcohólicas y de suplementos alimenticios, esta última especialmente ligada a la industria farmacéutica (Corrales & Flores, 2000).

2.1.2 Usos y aplicaciones.

El uso potencial y las características tecnológicas al que pueden ser sometidas las cactáceas es muy extensa y abarcan un gran número de áreas. Los campos de la ciencia y la tecnología para las áreas de alimentos y medicina están muy interrelacionados. Son numerosos los productos que se pueden obtener del nopal así como la aplicación de tecnologías emergentes o ya existentes para la obtención de nuevos productos o subproductos derivados de esta cactácea (Nazareno & Perreira, 2011).

En la Figura 2 se ilustra la utilización del nopal para la elaboración de una gran variedad de productos ya sea como productos alimenticios, cosméticos, subproductos, o como aditivos en materiales de construcción y últimamente están relacionados con el desarrollo de nuevas tecnologías como biocombustibles. En el anexo A se encontrarán los diagramas proceso de algunos de los productos señalados en el mapa tecnológico.

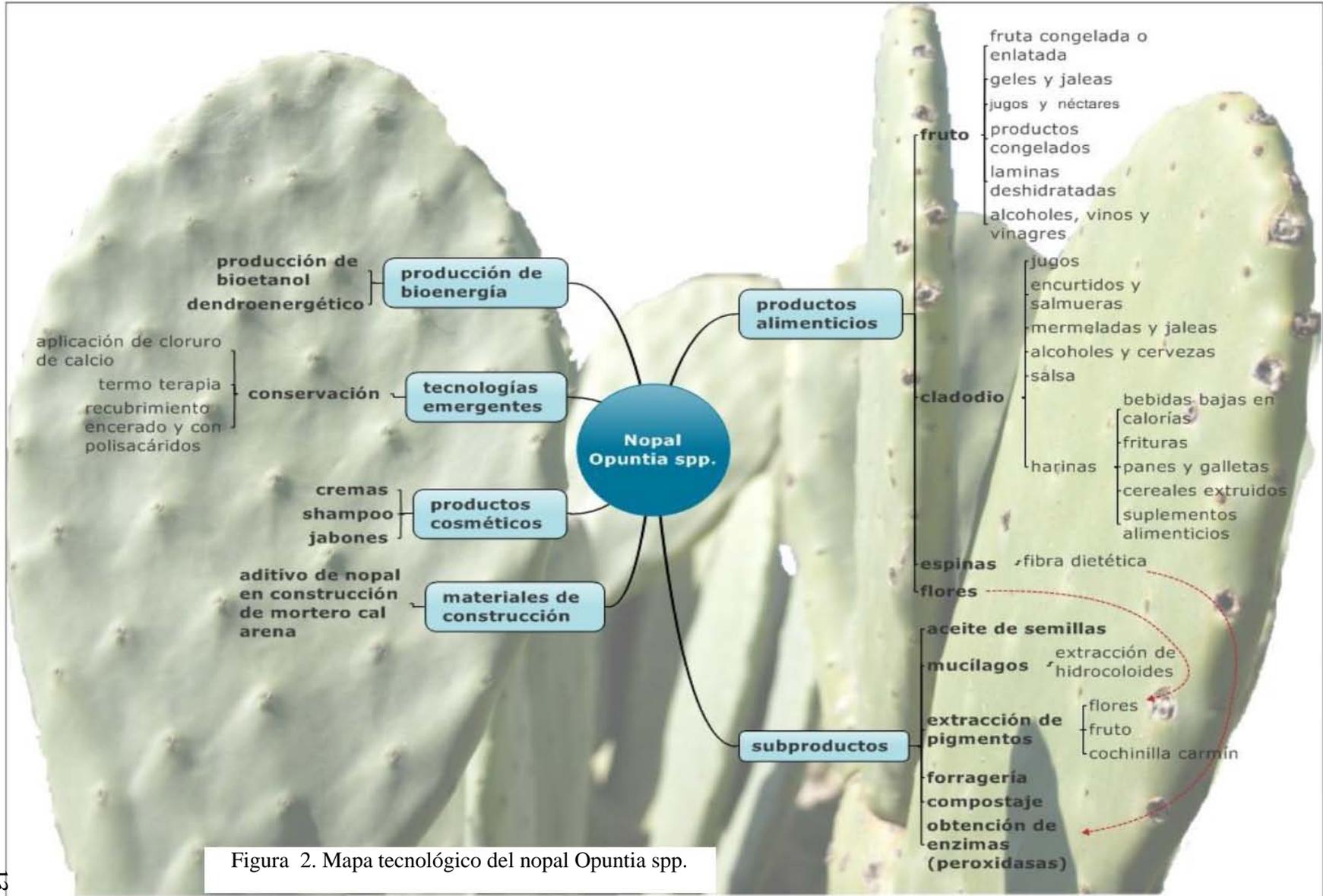


Figura 2. Mapa tecnológico del nopal Opuntia spp.



Existen muchos sectores industriales los cuales pueden beneficiarse con productos obtenidos a partir de los nopales, desde la agroindustria alimentaria para consumo humano, hasta la industria energética, pasando por las industrias farmacéuticas, cosméticas, textil, de aditivos y la industria de la construcción. Muchas de las transformaciones y usos de esta cactácea son para generar productos alimenticios derivados del nopal, así como de su fruto, ya sea en forma tradicional o con la aplicación de diferentes tecnologías. También se hacen presentes tecnologías de conservación como productos enlatados, refrigerados o congelados de tuna. De forma tradicional se han realizado jugos concentrados, jarabes memeladas, néctares y algunos algunos licores de tuna. Un ejemplo de éste, es la bebida alcohólica conocida como colonche la cual se produce por la fermentación de jugo de tuna, teniendo aproximadamente de un 4 a 6% de alcohol y de un 7 a 9% de azúcares. En la actualidad se han desarrollado diversas formulaciones de mermeladas de tuna y sus diversidades (*Opuntia ficus indica* y *Opuntia xocconostle*) obteniendo buenos resultados a nivel piloto sobre todo la utilización de *Opuntia Xocconostle* que ofrece una mermelada con buenas características texturales y una buena estabilidad (Díaz, 2001; López *et al.*, 2011).

Los cladodios o comunmente llamados nopales, son utilizados en su mayoría para consumo humano en fresco, aunque también es muy común encontrar la aplicación tecnológica para la elaboración de salmueras, escabeches, nopal mínimamente procesado, salsas, jaleas y mermeladas. Una de las aplicaciones que ha tenido gran impacto en el mercado por sus características nutritivas y de conservación, son los productos deshidratados del cladodio o harina de nopal, ya que con éstos se elaboran un sinfín de productos, ya sea como sustituto, mezclas o adición de harina de nopal para la elaboración de productos de panificación, cereales, bebidas, pates, galletas, pastas, tortillas, tostadas, etc. Ya que existe un gran interés en la elaboración de productos con harina de nopal por su cantidad y características de fibra dietética será necesario conocer las características físicas y químicas que aportara al alimento siendo las características sensoriales el mayor reto en la aplicación de esta harina (Saénz *et al.*, 2006; Saénz 2000).

En la Tabla 4 se muestran algunas características químicas y físicas del nopal *Opuntia*.



Tabla 4. Características físicas y químicas de la harina de nopal

Parámetro	Promedio
Actividad de agua (a_w)	0.53
Humedad (%)	7.14
Proteína (x 6.25) (%)	3.9
Fibra dietética total (%)	43.0
Fibra dietética insoluble (%)	28.5
Fibra dietética soluble (%)	14.5

Fuente: Sáenz(2000)

La sustitución o adición de esta harina es limitada, ya que en grandes proporciones podrían alterar significativamente las características reológicas y sensoriales de los productos elaborados. La sustitución de harina de trigo por harina de nopal en galletas puede ser sustituida en un máximo de 15%, de igual modo en un 15 y 16% de sustitución para la elaboración de una sopa de verduras y un flan, respectivamente (Sáenz, 2000).

Existen otros productos no alimenticios que se desarrollan a partir del nopal en donde la industria farmacéutica es beneficiada con la elaboración de shampoo, jabones, cremas y mascarillas que hacen uso de las propiedades del nopal para el cuidado de la piel e higiene personal (Tovar, 2009).

En la industria de la construcción se ha implementado el nopal deshidratado así como su mucílago, en la producción de morteros cal arena presentando buenas características mecánicas con la adición de estas fibras orgánicas (Arreola *et al.*, 2012).

Inclusive se han desarrollado estudios para la utilización del nopal como sustrato para la producción de bioenergía y tradicionalmente se ha utilizado como dendroenergético, en investigaciones del colegio de postgraduados, en estudios preliminares han encontrado que es factible obtener biogas usando como sustrato cladodios de nopal, y sugieren también que la semilla de la tuna es una buena fuente de aceites por lo que la combinación de estos las hace aptas para la producción de biodiesel (Méndez *et al.*, 2010).

Como se ha mencionado anteriormente a partir del proceso de deshidratación se obtienen múltiples alimentos y subproductos. Uno de los subproductos que esta tomando mayor



interés entre los investigadores por sus propiedades es el mucílago de nopal y su método de extracción.

2.2 Mucílago de nopal

El mucílago es un carbohidrato complejo con gran capacidad para absorber el agua y puede ser encontrado en las pencas y tallos del nopal, así como en las cáscaras del fruto de cualquier género *Opuntia* spp. Esta capacidad de absorción de agua juega un papel muy importante en la fisiología de las plantas, tomando en cuenta que estas se desarrollan bajo condiciones de escasas de agua. El mucílago contiene proporciones variables de L- arabinosa, D-galactosa, L-ramosa y D-xilosa y ácido galacturónico; los cuales varían entre especie *Opuntia* así como en el clima en el cual se desarrolla. El mucílago de nopal *Opuntia ficus indica* se compone de 24.6 a 42% de arabinosa, 21 a 40.1% de galactosa, del 8 al 12.7% de ácido galacturónico, del 7 al 13.1% de ramnosa y del 22-22.2 de xilosa (Figura 3) (Sáenz *et al.*, 2004).

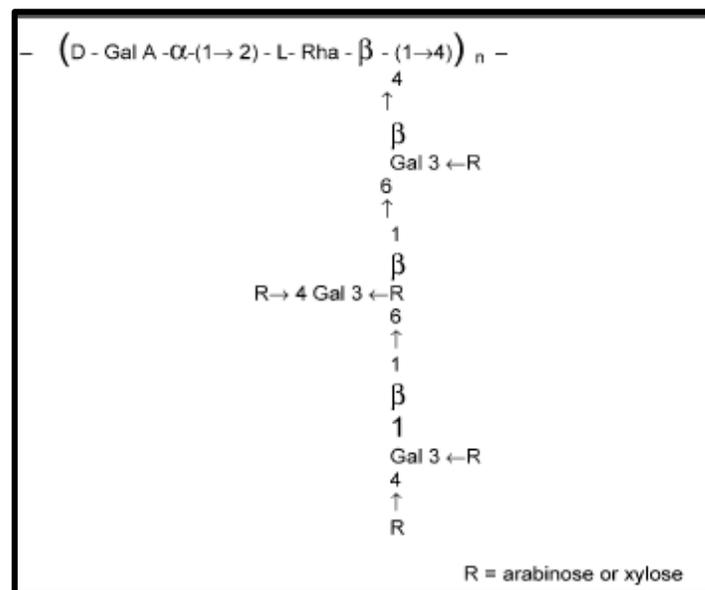


Figura 3. Estructura propuesta del mucílago de nopal *Opuntia ficus indica*.
Fuente: Sáenz *et al.* (2004)

Otra de las cualidades o capacidades tecnológicas que tiene el mucilago de nopal, es su capacidad de formar coloides de gran viscosidad, por lo que las propiedades reológicas de las soluciones en distintas concentraciones tienen similitud a las soluciones preparadas con cadenas de polisacáridos ocupados en la industria (Saézn, 2000).



Ya que el mucílago de nopal es parte de la fibra dietética, especialmente fibra soluble en agua, se le asocian con varios efectos fisiológicos tales como la disminución de niveles de colesterol, tener un efecto hipoglucémico en la sangre lo que ayuda al control de la diabetes, disminuir el riesgo de contraer ciertos tipos de cáncer, así como reducir los síntomas de estreñimiento crónico (Sáenz *et al.*, 2004).

Los sectores alimenticios, médicos, cosméticos y hasta ambientales también son beneficiados con el mucílago de nopal. Un método conocido en algunos países para clarificar el agua potable es utilizando mucílago de nopal como agente clarificador. También se han desarrollado diversos estudios para la elaboración de recubrimientos comestibles en frutas y vegetales para alargar su vida útil. Una de las aplicación medias desarrolladas es la aplicación de un recubrimiento de la mucosa gástrica para ayudar al combate de úlceras y problemas gástricos así como agentes gelificantes, emulsionantes y de suspensión (Saézn, 2000; Del Valle *et al.*, 2005; Vipul *et al.*, 2013). Así como el mucílago de nopal en su forma deshidratada, existen productos alimenticios que pueden ser elaborados utilizando el nopal deshidratado, uno de estos alimentos son las llamadas barras de cereales las cuales han tenido un gran auge en estos últimos años y se espera un mayor crecimiento en la demanda de estos productos (México Alimentaria, 2008).

2.3 Barras de cereales.

Uno de los productos que mayor crecimiento ha registrado en los últimos años son las llamadas “barritas de cereal”. Estas son básicamente, una “masa” moldeada en forma de barra, compuesta por cereales de distintos tipos, en algunos casos con algún tratamiento previo, como inflado, tostado, etc. También puede incluir semillas, trozos de fruta, miel, chocolate, yogurth y otros. Los principales componentes de las barritas de cereal, son hidratos de carbono (principalmente almidón y otros azúcares como sacarosa, fructosa y glucosa) y fibra alimentaria. Aportan entre 100 y 150 calorías, con un peso de alrededor de 30 gramos (INTI, 2011).

En la actualidad el desarrollo de barritas de cereales comerciales están enfocadas en la obtención de productos de buenas características tecnológicas, organolépticas, prolongar la



vida útil y la realización de formulaciones a base de ingredientes de bajo costo. Estas barras comerciales han descuidado la calidad nutricional de las mismas mientras que su contenido en proteínas y ácidos grasos no son las adecuadas para llevar una alimentación saludable. Por lo anterior la importancia de incluir en las formulaciones de estas barras, cereales de calidad y de cualidades específicas que generen un equilibrio entre sus macro y micro nutrientes y nos aporten un beneficio extra a la salud (Olivera *et al.*, 2012).

2.4 Avena.

La avena es una planta herbácea anual, que pertenece a la familia de las gramíneas y aunque su clasificación y especies existentes es muy extensa, las más importantes son la avena roja (*Avena vyzantina*) o la blanca o amarilla (*Avena sativa*). El grano de avena contiene tejidos con funciones fisiológicas igual a los otros cereales, sin embargo, aunque en algunos aspectos la avena es química y estructuralmente única (Gómez, 2009).

El grano de avena está rodeado por una cáscara que corresponde al 30 o 40% de la estructura del grano. Esta cáscara está formada principalmente por fibra, grasas, proteínas, vitaminas y minerales. Adentro de esta cáscara se encuentra el endospermo, que es rico en almidón y que además corresponde de a 50 a 65% de peso en el grano. La otra parte del grano se llama germen y corresponde del 3 al 4% del grano, y es aquí donde se encuentran la mayor parte de compuestos antioxidantes (Figura 4) (Gómez, 2009).

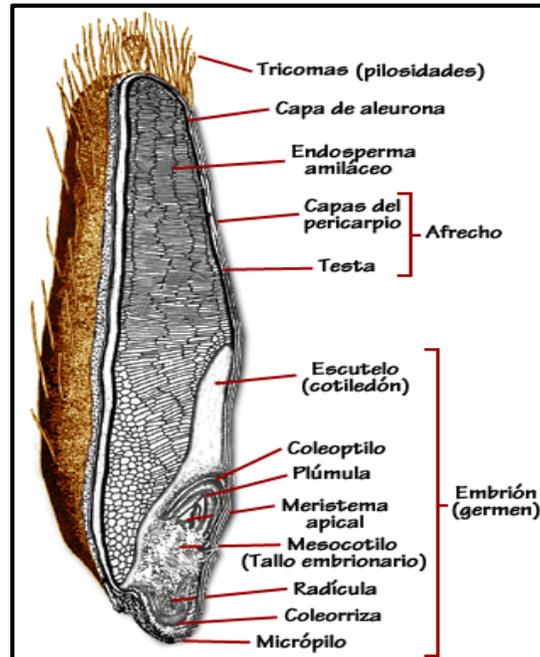


Figura 4. Estructura morfológica de la avena.
Fuente: Gómez (2009)

El grano de avena se emplea principalmente en la alimentación del ganado, aunque también es utilizada como planta forrajera. En menor escala la avena se emplea como alimento para consumo humano, en productos dietéticos, triturada o molida y para preparar diversos platos. También se mezcla con harina de otros cereales en la fabricación de pan, así como en la fabricación de alcohol y bebidas. Actualmente se reconoce el valor nutritivo de la avena por su alto contenido en proteínas y fibra que ayuda a reducir el colesterol en la sangre, también por su alto contenido en minerales (Financiera Rural México, 2010).

2.4.1 Composición química de la avena.

La avena es uno de los cereales más completos. Hablando de proteínas esta presenta 6 de los 8 aminoácidos esenciales para una correcta síntesis de proteínas, mientras que también es uno de los cereales con un mayor contenido de grasa vegetal siendo el 65% de ácidos grasos insaturados y el 35% de ácido linoléico. Los hidratos de carbono que contiene este cereal son de absorción lenta y de fácil asimilación mientras que su aporte de fibra es significativo ya que contiene el equilibrio sugerido de fibra soluble e insoluble. La composición de la avena se muestra en la Tabla 5 (Valenzuela, 2008).



Tabla 5. Composición química de la avena

Composición de la avena por cada 100 gramos.	
Calorías (Kcal)	389
Agua (g)	8.2
Grasas (g)	6.9
Proteína (g)	16.8
Hidratos de carbono (g)	66.2
Fibra (g)	10.6
Potasio (mg)	429
Sodio (mg)	2
Fósforo (mg)	523
Calcio (mg)	54
Magnesio (mg)	11
Hierro (mg)	4.7
Zinc (mg)	3.9

Fuente: Botánica (2013).

2.5 Amaranto.

El amaranto es una planta que pertenece a la familia de los *amaranthacea* y al género *Amarhantus*. Esta semilla está considerada como un pseudo cereal por que aunque tenga aspecto y se utilice como un cereal, el amaranto pertenece a una familia de hierbas. Una sola mata puede producir mas de 100,000 semillas. Historicamente el amaranto es originario del centro y norteamérica. Actualmente Puebla es el mayor productor de amaranto en México, siguiendo Morelos, Tlaxcala, Distrito Federal, Estado de México y Guanajuato. Este cultivo estuvo asociado a los ritos religiosos por lo que a la llegada de los españoles y durante la conquista, el amaranto fue eliminado de la dieta indígena y casi olvidado, por razones religiosas y políticas. En la actualidad el amaranto se consume en forma de cereal reventado del cual se elaboran algunos productos como son alegrías, granolas, atoles, cereales enriquecidos, galletas, harinas, etc (Asociación Mexicana de Amaranto, 2003; Porr, 2012).



La semilla de amaranto es pequeña, lisa y brillante con un diámetro de 1 a 1.5 mm, ligeramente bemol en color blanco o amarillo pálido. Con respecto a su morfología el grano se compone de cuatro partes principales (Leader Trade, 2006):

- Pericarpio; es la capa exterior de la semilla.
- Episperma; es una capa de semen que consiste en una capa de células finas.
- Endospermo; es la segunda capa del embrión formado por los cotiledones que es la fuente mas rica en proteínas.
- Perisperma; es una fuente rica en almidones.

En la Figura 5 se ilustran las partes mencionadas anteriormente.

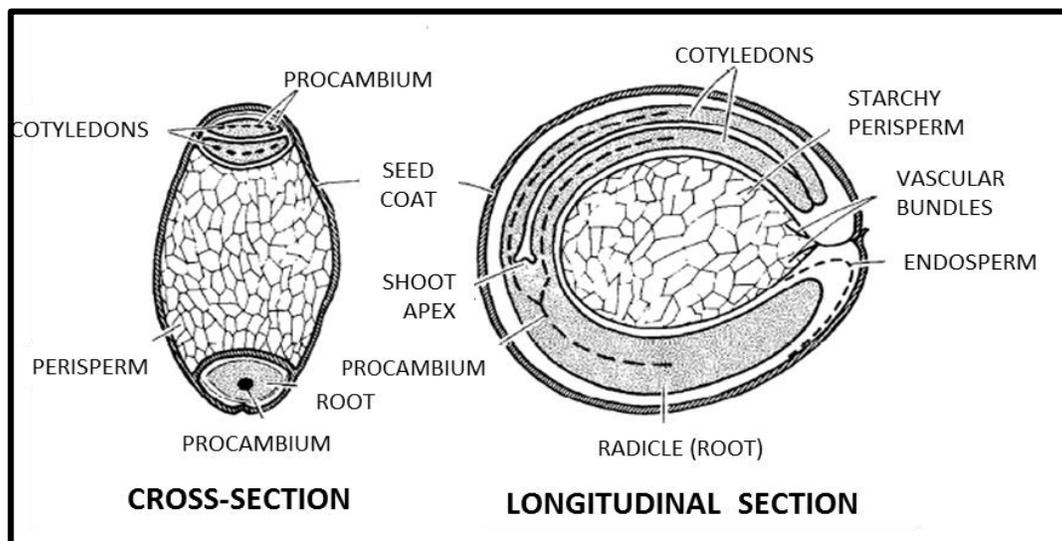


Figura 5. Morfología de la semilla de amaranto.
Fuente: Leader Trade (2006)

2.5.1 Composición química del amaranto.

La composición química del amaranto y los nutrientes que este proporciona, destacan en comparación con otros tipos de semillas. El contenido de proteínas que aporta la semilla de amaranto es del 12 al 19% (base seca), y destaca el alto valor biológico de esta proteína comparándola con los cálculos químicos de la proteína de trigo y soya. Lo que destaca la proteína del amaranto es su alto contenido en lisina lo que permite una excelente complementación aminoacídica con la proteína de maíz trigo y arroz (FAO, 1997).



En cuanto a los lípidos que se encuentran en la semilla de amaranto se tiene un porcentaje del 6 a 8% los cuales la mayor parte de estos son aceites esenciales que han sido reconocidos por ser la fuente vegetal con mayor concentración de escualeno (aprox. 6%) ya que los principales ácidos grasos presentes son el ácido oleico y linoléico (FAO, 1997). La composición química de la semilla se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Composición química de la semilla de amaranto (por 100 g de parte comestible y en base seca)

Composición del amaranto por cada 100 gramos	
Energía (Cal)	391
Proteína (g)	12-19
Carbohidratos (g)	71.8
Lípidos (g)	6.1-8.1
Fibra (g)	3.5-5
Cenizas (g)	3.0-3.3
Calcio (mg)	130-164
Fósforo (mg)	530
Potasio (mg)	800
Vitamina C (mg)	1.5

Fuente: FAO (1997)

2.6 Arándano.

El arándano americano conocido también como arándano rojo americano o mirtilo americano es el fruto de *Vaccinium macrocarpon*, tiene de 1 a 2 cm de largo, pesa de 1 a 2 g y se distingue por su intenso color rojo carmesí. El género de *Vaccinium* pertenece a la familia de las *Ericaceas* la cual tiene diferentes especies por lo cual su composición química y atributos no siempre serán iguales entre una especie y otra. Uno de los atributos que más resalta del arándano rojo americano es su contenido en proantocianidinas tipo A, que se han relacionado con su actividad con la adhesión bacteriana. Las proantocianidinas también llamados taninos catéquicos o condensados, son compuestos polifenólicos derivados de flavanos, producidos en el metabolismo secundario de las plantas (Nohales y Nohales, 2010).



2.6.1 Composición química del arándano.

El arándano rojo tiene una composición química (Tabla 7) convenientemente interesante, esto es por su bajo aporte energético y gran cantidad de vitaminas, minerales y antioxidantes (Galindo *et al.*, 2011).

Tabla 7. Composición química del arandano rojo.

Composición del arándano rojo por cada 100 gramos.	
Azúcares reductores (g)	4.2
Fibra dietética (g)	1.6
Proteínas (g)	0.2
Grasas total (g)	0.4
Humedad (g)	88.0
Cenizas (g)	1.6
Vitamina C (mg)	7.5-10.5
Vitamina A (UI)	40
Ácido nicotínico (mg)	33.0
Acido patonténico (mg)	25
Tiamina (mg)	13.5
Calcio (mg)	13
Fósforo (mg)	8.0
Potasio (mg)	53.0

Fuente: Galindo *et al.*(2011)

2.7 Alimentos funcionales

El poder funcional de los alimentos sobre la salud es conocida milenariamente, principalmente a lo largo de la historia de la cultura oriental. Hace 1000 años, muchos productos han sido utilizados como alimento y como medicina ya que la filosofía de alimento como medicina es la que le da soporte al paradigma de los alimentos funcionales (Cortés *et al.*, 2005).



El concepto de los alimentos funcionales fue desarrollado en Japón en la década de los 80's y con el paso del tiempo se han identificado componentes fisiológicamente activos o bioactivos en los alimentos soportando los estudios científicos que se realizan para la identificación de estos compuestos, generando interés en los consumidores, a la industria y a los legisladores por este tipo de alimentos (Cortés *et al.*, 2005).

En el mercado actual se encuentran una serie de productos enfocados al desarrollo y crecimiento del individuo, alimentos que ayudan al metabolismo de las sustancias, con bajo contenido energético, bajos en grasas o en azúcares, enriquecidos en ácidos grasos como el Omega 3, o en fibra dietética, alimentos que incluyen los componentes exactos para deportistas de alto rendimiento, o que omiten algún compuesto perjudicial para algunas personas como el gluten o lactosa, etc. (Cortés *et al.*, 2005).

2.7.1 Definición y clasificación.

Estos alimentos empiezan a recibir nombres tan variados que surge la necesidad de uniformar la terminología empleada. Algunos de los terminos más empleados son (Alvídrez-Morales *et al.*, 2002):

Alimento funcional : Cualquier alimento en forma natural o procesada, que además de sus componentes nutritivos contiene componentes adicionales que favorecen a la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona. El calificativo de funcional se relaciona con el concepto bromatológico de "propiedad funcional", o sea la característica de un alimento, en virtud de sus componentes químicos y de los sistemas fisicoquímicos de su entorno, sin referencia a su valor nutritivo (Alvídrez-Morales *et al.*, 2002).

En Europa se define alimento funcional a "aquel que satisfactoriamente ha demostrado afectar benéficamente una o mas funciones específicas en el cuerpo, más allá de los efectos nutricionales adecuados en una forma que resulta relevante para el estado de bienestar y salud o la reducción de riesgo de una enfermedad" (Alvídrez-Morales *et al.*, 2002).

Ya que el concepto de alimento funcional se relaciona con la existencia de algún componente químico que se encuentra en forma natural o agregada en algún producto alimenticio, se resumen algunos de estos componentes en la Tabla 8.



Tabla 8. Principales componentes funcionales contenidos en los alimentos.

Clase/ Componente	Origen	Beneficio potencial
Carotenoides		
Beta caroteno	Zanahoria	Neutraliza a los radicales libres que podrían dañar a la célula
Luteína	Vegetales verdes	Contribuye a una visión sana
Licopeno	Tomate	Podría reducir el riesgo de cáncer de próstata
Fibras dietéticas		
Fibra insoluble	Cáscara de trigo	Podría reducir el riesgo de cáncer de colón
Beta glucano	Avena	Reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares
Ácidos grasos		
Omega 3, ácido graso DHA	Aceites de peces	Podrían reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y mejorar funciones mentales y visuales
Ácido linoléico	Queso, productos cárnicos	Podrían mejorar la composición corporal, podrían reducir el riesgo de ciertos tipos de cánceres
Flavonoides		
Catequinas	Té	Neutraliza radicales libres, podría reducir el riesgo de cáncer
Flavonas	Cítricos	Neutraliza radicales libres, podría reducir el riesgo de cáncer
Esteroles vegetales		
Ester estanol	Maíz, soya y trigo	Reduce los niveles de colesterol sanguíneo
Prebióticos/Probióticos		
Fructo oligosacáridos	Achicoria, cebolla	Podría mejorar la salud gastrointestinal
Lactobacilos	Yogurt	Podría mejorar la salud gastrointestinal
Fitoestrógenos		
Isoflavonas	Alimentos con soya	Podrían reducir los síntomas de la menopausia

Fuente: Alvírez-Morales *et al.* (2002)

2.8 Vida de útil

Uno de los aspectos más importantes en el desarrollo de nuevos productos es la estimación de cuánto dura el alimento a las condiciones establecidas, por lo que un estudio de vida útil



consiste en realizar una serie de controles preestablecidos en el tiempo, de acuerdo con una frecuencia establecida, hasta alcanzar el deterioro elegido como limitante o hasta alcanzar los límites prefijados (Gámbaro, 2005).

Los puntos clave al diseñar un ensayo de vida útil son el tiempo durante el cual se va a realizar el estudio siguiendo una determinada frecuencia de muestreo y los controles que se van a llevar a cabo sobre el producto hasta que presente un deterioro importante. Generalmente se cuenta con poca información previa, por lo que se deben programar controles simultáneos de calidad microbiológica, fisicoquímica y sensorial. Existen dos tipos de diseños aplicables a los estudios de vida útil, los cuales son el diseño básico y el escalonado. El diseño básico consiste en almacenar un lote de muestra en las condiciones seleccionadas e ir haciendo un muestreo en los tiempos prefijados en donde cada muestreo se realizará todos los análisis correspondientes. El diseño escalonado consiste en almacenar diferentes lotes de producción en las condiciones seleccionadas a diferentes tiempos, de forma de obtener en un mismo día todas las muestras con los diferentes grados de deterioro y en ese día analizarlas (Gámbaro, 2005).

2.8.1 Indicadores microbiológicos.

Los organismos indicadores pueden ser empleados para reflejar la calidad de los alimentos con respecto a la durabilidad del producto o su inocuidad. En este contexto los indicadores de la calidad o inocuidad de los alimentos pueden ser empleados también como indicadores de la durabilidad de un alimento a lo largo del tiempo. Cuando se usan de esta manera estos indicadores deben de ser organismos característicos del alimento, tienen que ser detectables fácilmente y diferenciables de otro tipo de microorganismo. Los indicadores más frecuentes en los alimentos son los mesófilos aerobios, coliformes, mohos y levaduras. Los recuentos altos de mesófilos aerobios pueden indicar condiciones inadecuadas de tiempo y temperatura, materias primas contaminadas o tratamientos insatisfactorios, todo esto teniendo en cuenta que todas las bacterias patógenas vehiculadas por los alimentos son mesófilas por lo que cuentas altas de estos microorganismos sugiere un peligro al consumo de ese alimento (James, 2000; Moreno *et al.*, 2000).



Los coliformes son bacilos gram- negativos asporógenos que fermentan la lactosa en 48 h y están representados por cuatro géneros de la familia enterobactereacea: *citrobacter*, *enterobacter*, *Escherichia* y *klebsiella*. La bacteria *E. coli* es indicativo de contaminación fecal en comparación con los demás géneros y especies indicadas. Estos son los indicadores de malas prácticas de higiene y muchas de las veces una contaminación fecal debido a que estas bacterias se encuentran presentes en la micro flora intestinal (James, 2000).

Los mohos y levaduras crecen más lentamente que las bacterias, siendo en los alimentos ácidos que conservan baja humedad las condiciones apropiadas para su proliferación. La utilización de este indicador refleja buenas prácticas higiénicas o un buen almacenamiento siempre que presente un número reducido de esporas. El resultado de un conteo mayor de estos microorganismos refleja un peligro potencial de producción de micotoxinas por parte de los mohos (Moreno *et al.*, 2000).

2.8.2 Indicadores de color

El color es uno de los parámetros de calidad más importantes en muchos de los productos desarrollados, especialmente cuando se sabe que estos son sensibles a algunas reacciones que generan un cambio de color, ya que este es percibido inmediatamente por el consumidor y marca la degradación de calidad de un alimento. La degradación del color también se supone es una medida de reacciones que ocurren en el alimento durante el proceso o almacenamiento. La degradación del color en el nopal *Opuntia spp* se da principalmente a la oxidación de compuestos fenólicos debido a la acción de la enzima polifenoloxidasas lo que ocasiona un oscurecimiento enzimático. Pasando este pardeamiento enzimático, muchas veces inducido por efecto de la temperatura, existen otros tipos de pardeamiento no enzimáticos, siendo principalmente reacciones de Maillard o la degradación de compuestos por la pérdida estructural del alimento (Marín *et al.*, 2006; Quevedo-Preciado *et al.*, 2005; Valencia *et al.*, 2012).

La mayoría de la literatura referida a los cambios de color expresa los cambios de estos parámetros en términos de las coordenadas fijadas por la comisión nacional de iluminación (CIEL*a*b*), donde el parámetro a* recorre los colores de verde a rojo, mientras que b* va



de amarillo a azul. Con estos parámetros se puede obtener algunas características del color como son:

$$\text{Croma} = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5} \quad (\text{Ec } 1)$$

$$\text{tono o matiz} = \tan^{-1} (b^*/a^*)^2 \quad (\text{Ec } 2)$$

$$\text{luminosidad} = L^* \quad (\text{Ec } 3)$$

El tono o matiz se refiere en sí al color tal cual, mientras que el croma representa la saturación o intensidad del mismo. La luminosidad se refiere a la cantidad de luz que refleja el objeto. Estos atributos son mostrados graficamente en la Figura 6 (Boscarrol, 2007; Valencia *et al.*, 2012; Zapata *et al.*, 2007)

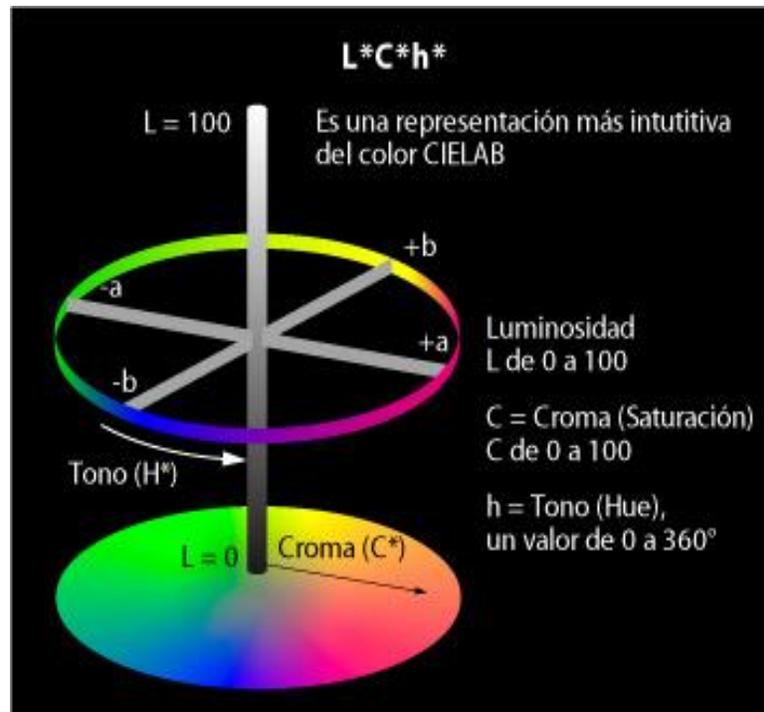


Figura 6. Diagrama CIELAB representación del color.
Fuente: Boscarrol (2007)

Con base a estos atributos del color se derivan varios indicadores que ayudan a conocer el deterioro o cambio de color en un material en particular teniendo como restricción las características del mismo y los procesos a los que se le han sometido. Dos de los indicadores comunes en muchos estudios de pardeamiento en frutos es el cambio total de diferencial de color o ΔE y cambio de croma ΔC (Zapata *et al.*, 2007).



$$\Delta E = ((\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2)^{1/2} \quad (Ec 4)$$

$$\Delta C = (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \quad (Ec 5)$$

2.8.3 Estudios acelerados de vida de anaquel.

Existen varios métodos por los cuales determinar la vida útil de un alimento siendo también los métodos acelerados de estimación de la vida de anaquel, una herramienta importante que se basan en la aplicación de los principios de la cinética química sobre el efecto que las condiciones ambientales sobre la velocidad de la reacción. Para la realización del estudio se somete el producto a condiciones de almacenamiento que aceleren las reacciones de deterioro, las cuales se denominan condiciones de abuso como temperatura, presión, humedad, gases de la atmósfera y luz. Ya que la variable que más afecta la velocidad de las reacciones de deterioro es la temperatura los métodos que aceleran el deterioro por efecto de ésta se basan en el cumplimiento de la ley de Arrhenius (Ocampo, 2004).

$$k = k_0 * e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (Ec 6)$$

Donde k es la constante de velocidad de reacción, k_0 es la constante pre exponencial, E_a la energía de activación, R la constante de los gases ideales y T la temperatura (Briceño *et al.*, 2008).

Otra expresión de la ecuación de Arrhenius con la cual se trabaja para la determinación de vida de anaquel contando con dos temperaturas distintas es la siguiente:

$$t_s = t_0 * e^{\frac{E_a}{R} \left[\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_s} \right]} \quad (Ec 7)$$

Dónde: t_s es el tiempo de vida de anaquel a la temperatura T_s , t_0 es el tiempo a la temperatura T_0 , R es la constante de los gases ideales, y E_a es la energía de activación para la reacción de deterioro (Ocampo, 2004).

Estos métodos son útiles para reducir el tiempo dedicado a los ensayos de estimación cuando se está determinando la vida de anaquel de productos no perecederos.



2.9 Análisis sensorial.

Si bien la composición química y atributos de los productos están sujetos a su formulación, la aceptación de las personas hacia el producto se convierte en el factor más importante para poder hablar de una aplicación real en el mercado, por lo que el análisis sensorial se vuelve una herramienta indispensable para conocer la posible aceptación que pueda tener el producto (Sancho & Bota, 1999).

La evaluación sensorial de los alimentos es una función que la persona realiza consciente o inconscientemente al aceptar o rechazar los alimentos, de acuerdo a las sensaciones experimentadas a la hora de observarlos e ingerirlos. La necesidad de adaptarse a los gustos del consumidor obligan que se intente conocer cuál será el juicio crítico del consumidor en la evaluación sensorial que realizará del alimento (Wittig- Rovira, 2001).

En el desarrollo de nuevos productos se hace uso del análisis sensorial de los alimentos, inclusive en varias etapas de este. En las distintas fases del desarrollo de un producto se aplican los siguientes ensayos (Santa *et al.*, 2005):

- Descripción de las diferencias para saber hacia dónde orientar el futuro desarrollo
- Ensayos de vida útil en función del tiempo y condiciones de almacenamiento
- Pruebas de aceptabilidad sensorial con grupos reducidos de consumidores como un paso previo a un estudio de mercado más amplio.

Existen diferentes pruebas analíticas utilizadas para la evaluación sensorial según sea la finalidad para la que se efectúe. Existen 3 tipos de pruebas: Las afectivas, las discriminativas y las descriptivas. Estas pruebas son descritas en la Tabla 9.



Tabla 9. Pruebas sensoriales utilizadas para el desarrollo de nuevos productos

Tipo de prueba	Descripción
Pruebas de discriminación	Estas pruebas pueden ser realizadas por panelistas entrenados o inexpertos y pueden ser analizadas como pruebas triangulares o pareadas son utilizadas para la diferenciación de un control o para ordenar las pruebas según un atributo de interés. Las escalas utilizadas pueden ser estructuradas o no estructuradas.
Pruebas descriptivas	Estos ensayos se utilizan en el área de desarrollo de nuevos productos, para establecer como es el producto que se desea y en que difieren los productos al ensayo ideal. En estos ensayos de igual manera se puede utilizar escalas estructuradas o no estructuradas o escalas hedónicas.
Pruebas afectivas	Estas pruebas se realizan con evaluadores objetivo del producto o no. Esta basado en el agrado o no de un producto determinado y engloban a las pruebas de preferencia, pruebas para medir aceptabilidad las cuales también hacen uso de escalas hedónicas para su realización

Fuente: Hough & Fitzman(2005)

La aceptación de un alimento varía con el estándar de vida y nivel cultural. La preferencia en cambio, involucra una selección al elegir. Está influenciada por prejuicios, principios religiosos, modas respecto de calidad, etc. Los hábitos alimentarios también experimentan cambios, y sufren la influencia de la moda. También debemos destacar la influencia del nivel de ingresos y la influencia de la región geográfica del grupo a quien va dirigido el alimento. Todo esto es difícil de explicar por lo que una herramienta practica que se utiliza en la actualidad es la realización de un estudio de mercado (Witting, 2005).

2.10 Estudio de mercado.

La American marketing Association define normalmente la investigación de mercado como la identificación, acopio, análisis, difusión, y aprovechamiento sistemático y objetivo de la información con el fin de mejorar la toma de decisiones relacionada con la identificación y solución de los problemas y oportunidades del marketing (Malhotra, 2004).

La investigación de mercado se lleva a cabo por dos razones especiales; la primera para identificación de un problema como su participación en el mercado, su imagen o las



tendencias comerciales que existen en una industria ya establecida. La segunda razón es para solucionar un problema que generalmente son la segmentación, algún problema referente al producto, fijación de precios, distribuciones, etc. (CEEI Ciudad Real, 2012).

Un esquema básico de los pasos que hay que seguir para realizar un estudio de mercado son los siguientes (CEEI Ciudad Real, 2012):

- 1) Definición del problema:
 - i) ¿Por qué se quiere llevar a cabo el estudio de mercado?
 - ii) ¿Qué queremos estudiar?
 - iii) ¿Cuál es nuestro propósito?
 - iv) ¿Qué queremos conocer?
 - v) ¿Cuál es el objetivo de la investigación?
- 2) Análisis previo de la situación actual.
 - i) Interno
 - ii) Externo
- 3) Análisis de FODA
 - i) Fortalezas
 - ii) Oportunidades
 - iii) Debilidades
 - iv) Amenazas
- 4) Definición de objetivos (claros, concretos y realistas).
 - i) ¿Qué queremos conseguir?
- 5) Definir que tipo de información es de la que se dispone.
 - i) Fuentes internas (primarias o secundarias)
 - ii) Fuentes externas (primarias o secundarias)
- 6) Elección de la muestra
 - i) Definición del público objetivo
 - ii) Quiénes serán los que responderán a nuestro estudio dentro de todo el público objetivo existente
- 7) ¿Qué tipo de técnicas utilizaremos?
 - i) Cuantitativas



-
- ii) Cualitativas
 - 8) Recogida y elaboración de datos
 - 9) Interpretación de datos
 - 10) Elaboración y representación de informe final.

El diseño de investigación descriptiva más común para generar información, es a través del método de encuestas que incluye un cuestionario estructurado que se da a los encuestados y que está diseñado para obtener información específica, ya que se les hace una variedad de preguntas en cuanto a la conducta, intenciones, actitudes, conocimiento, motivaciones y características demográficas y de estilo de vida. Las preguntas por lo general son estructuradas lo que refiere al grado de estandarización impuesto en el proceso de acopio de datos. Las encuestas de alternativa fija son muy fáciles de aplicar y las respuestas son confiables debido a que son limitadas a alternativas ya establecidas (Malhotra, 2004).

2.10.1 Índice de Desarrollo Humano.

Cuando se define el público y sus características, es importante definir la región del mercado en donde se pretende insertar el producto, por lo que el índice de desarrollo humano (IDH) resulta útil para realizarlo. Este se define como un índice estadístico compuesto por varios indicadores Sociales que resulta útil para establecer comparaciones generales entre países o regiones, aunque ofrece escasa información específica sobre cada país (PNUD, 2009).

Este califica la calidad de vida de la población y mide la capacidad de bienestar que pueden lograr los seres humanos de una región, a través de tres indicadores que se resumen en la Tabla 10.



Tabla 10. Indicadores que componen el índice de desarrollo humano.

Indicador	Descripción
Longevidad	La esperanza de vida al nacer está estrechamente relacionada con una nutrición adecuada, buena salud entre otros logros, ya que refleja el progreso alcanzado en mortalidad y nutrición de un grupo de individuos
Nivel educacional	La tasa de alfabetización adulta, es un indicador sensible del avance educacional. La posibilidad de adquirir conocimientos técnicos y científicos y captar información más fidedigna sobre lo que ocurre en la realidad inmediata y mediata.
PIB per cápita	El ingreso promedio mensual per cápita es un indicador sensible que refleja el manejo de los recursos económicos para lograr un nivel de vida decoroso, la capacidad de gasto e inversión de las personas

Fuente: INEI (2013).

2.11 Normatividad y legislación

Aunque no existe una norma que regule productos deshidratados o harinas de nopal en específico, en la tabla 11 se encontrará la legislación y disposiciones legales que le compete y que fueron creadas en el Art. 3 Frac. XI de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la regulación de los asuntos relacionados con la elaboración de este trabajo.

También existe normatividad internacional que se puede aplicar al producto a desarrollar, con sus respectivas limitaciones o con el cumplimiento de otro tipo de requisitos. Un ejemplo de lo anterior es la regulación de la norma general para el etiquetado de los alimentos preenvasados CODEX STAN 1-1985 en la que aplican todos los puntos de la NOM-051-SCFI-1994, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre envasados, pero con requerimientos más estrictos o con otro tipo de criterios como la traducción de la información nutrimental del producto a la lengua de la nación en la que se transfiera o la declaración de criterios no regulados por esta norma Mexicana(Codexalimentarius,2014).



Tabla 11. Normas Oficiales Mexicanas utilizadas y sus descripciones.

Norma	Descripción
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. disposiciones y específica	En esta norma encontraremos la clasificación de los productos de panificación, disposiciones sanitarias de las base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas Por lo que marca el límite máximo de mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos y levaduras del producto a seleccionar.
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-051-SCFI-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre envasados.	En esta norma se basará el etiquetado del producto seleccionado, así como las declaraciones nutrimentales conforme a BNR, cálculo de energía, orden y forma de declaración de ingredientes, imagen del producto y todo aquello que haga referencia a la impresión del envase utilizado para el producto a desarrollar.
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-086-SSA1-1994, bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.	Esta norma regulara la clasificación del producto seleccionado en relación a su composición química, aditivos utilizados, cantidades y distintos compuestos funcionales encontrados en el producto para su declaración con forme a lo establecido en la misma norma. También servirá de guía para la aplicación de algunas técnicas analíticas encontradas en sus apéndices normativos.

Fuente: Elaboración propia con información de Secretaría de Economía (2013)



3. Objetivos





3.1 Objetivo general.

Desarrollar una barra de nopal, avena, arándano y amaranto baja en azúcares, a partir de la identificación de oportunidades tecnológicas y emergentes del nopal, así como hábitos de consumo y tendencias del mercado, para contribuir al aumento en el consumo de esta cactácea y proporcionar un alimento funcional a la población mexicana.

3.2 Objetivos particulares

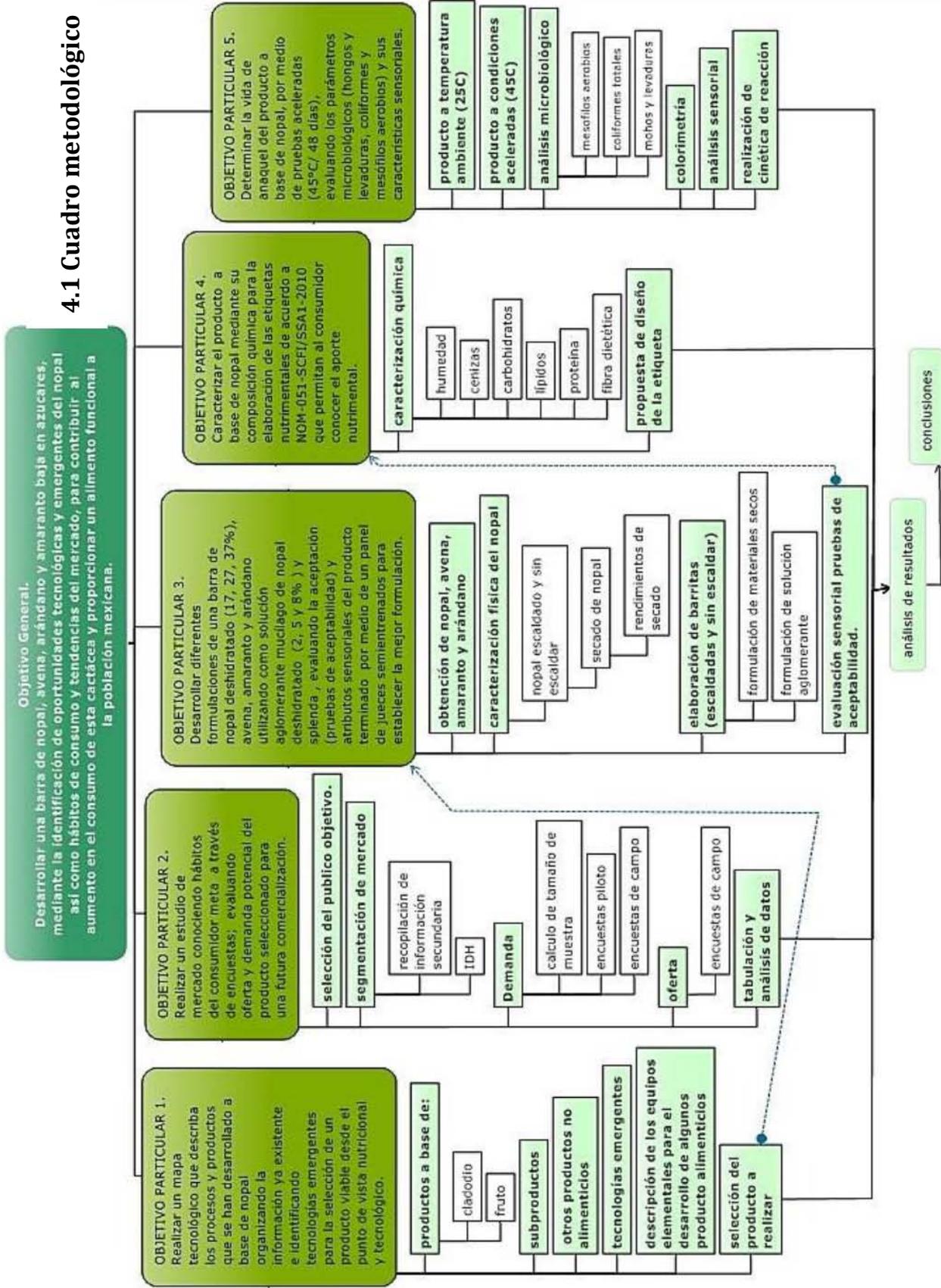
1. Realizar un mapa tecnológico que describa los procesos y productos que se han desarrollado a base de nopal, organizando la información ya existente e identificando tecnologías emergentes para la selección de un producto viable desde el punto de vista nutricional y tecnológico.
2. Realizar un estudio de mercado conociendo hábitos del consumidor meta a través de encuestas; evaluando oferta y demanda potencial del producto seleccionado para una futura comercialización.
3. Desarrollar diferentes formulaciones de una barra de nopal deshidratado (17, 27, 37%), avena, amaranto y arándano utilizando como solución aglomerante mucílago de nopal deshidratado (2, 5 y 8%) y sucralosa, evaluando la aceptación (pruebas de aceptabilidad) y atributos sensoriales del producto terminado por medio de un panel de jueces semi-entrenados para establecer la mejor formulación.
4. Caracterizar el producto a base de nopal mediante su composición química para la elaboración de las etiquetas nutrimentales de acuerdo a la NOM-051-SCFI -2010 que permitan al consumidor conocer el aporte nutrimental.
5. Determinar la vida de anaquel del producto a base de nopal, por medio de pruebas aceleradas (45°C/32 días), evaluando los parámetros microbiológicos (hongos y levaduras, coliformes y mesófilos aerobios), parámetros de color (tono, croma, luminosidad, ΔC y ΔE) y la aceptación sensorial del producto (pruebas de aceptabilidad).



4. Metodología



4.1 Cuadro metodológico





4.2 Mapa tecnológico

Para la realización del mapa tecnológico del aprovechamiento del nopal fue necesario llevar a cabo búsqueda de información existente en diferentes bases de datos. Algunas de estas fueron de las siguientes dependencias o instituciones:

- Depósito de datos de la FAO
- Tesis UNAM
- Scielo México
- ScienceDirect
- Journal Citation Reports (JCR)
- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI).

La información recabada se organizó desde el punto de vista de la utilización del nopal en distintas áreas productivas, siendo la de mayor incidencia el sector alimenticio y los subproductos obtenidos para un fin nutricional. También se destaca brevemente algunas tecnologías emergentes que han sido utilizadas para la conservación del nopal antes y después de ser cosechado.

Los diagramas de procesos de los distintos productos se muestran en anexo A y fueron elaborados siguiendo la descripción o procedimiento reportados en fuentes bibliográficas, por lo que no se cuenta con todas las condiciones de proceso para cada una de las operaciones presentadas en los diagramas.

4.2.1 Selección del producto a desarrollar.

Para elegir el producto que se desarrolló, se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- **Factibilidad.** Si de verdad se cuentan con los recursos y equipos para la realización y evaluación del producto o proceso seleccionado.
- **Existencia en el mercado.** Si el producto ya existe en venta en el mercado o ya existe una patente de este.
- **Información existente.** Si ya existe algún trabajo el cual describa o evalúe el producto seleccionado.



- **Ventajas.** Qué tipo de ventajas tendrá el desarrollo y estudio del producto que se desea elaborar, y que problema resolverá su inserción en el mercado.

Por lo anterior, se determinó que la utilización del nopal deshidratado para la elaboración de una barra de nopal con cereales baja en calorías ofrece una opción atractiva para el desarrollo de un producto novedoso con grandes ventajas para su consumo humano en México.

4.3 Estudio de mercado

Para la realización del estudio de mercado se llevó acabo el esquema básico sugerido por CEEI Ciudad Real (2012) adaptando los pasos sugeridos a la información de interés en este estudio, por lo que la metodología que se siguió en el estudio se resume en la Figura 7.

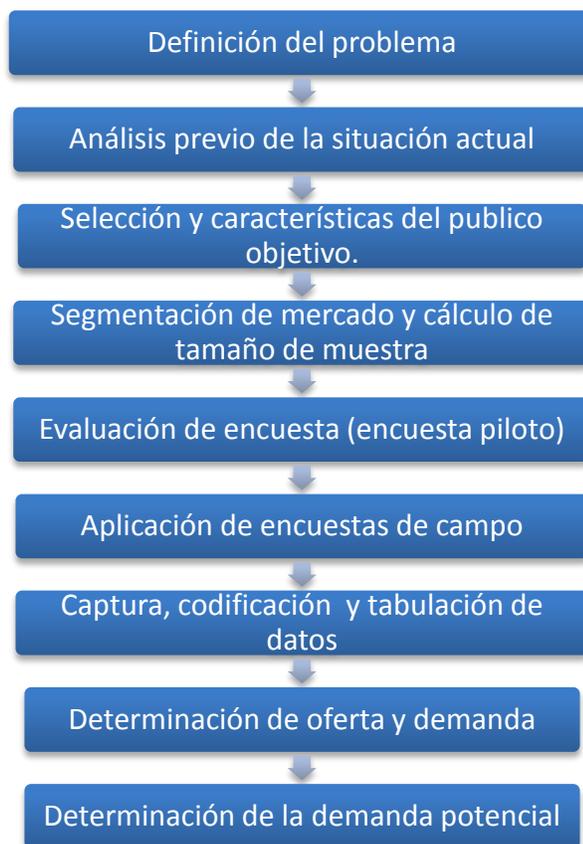


Figura 7. Diagrama de flujo para la elaboración de estudio de mercado.
Fuente: Elaboración propia con datos de CEEI Ciudad Real (2012)



4.3.1 Definición del problema de mercado.

Se definió el problema principal el cual fue el desarrollo de una barra de nopal con cereales por lo que se dieron respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué queremos estudiar?
- ¿Cuál es nuestro propósito?
- ¿Qué queremos conocer?
- ¿Cuál es el objetivo de la investigación?

Por lo anterior el problema fue estudiar la factibilidad del desarrollo de una barra de nopal con cereales y la aceptación que tuvo así como distintos factores que influenciaron su inserción en un mercado específico del Distrito Federal, para la determinación de la oferta y de la demanda potencial que pueda tener la barra de nopal deshidratado con cereales.

4.3.2 Análisis previo de la situación actual.

Para realizar el análisis previo de la situación actual se formuló un análisis interno que en este caso es un análisis de la barra de nopal con cereales, por lo que se formularon preguntas como:

1. ¿Qué tipo de barra se podrá elaborar?
2. ¿Qué tipo de atributos o funcionalidades tendrá la barra?
3. ¿Qué tanta tecnología y recursos se necesitaría para poderla llevar a cabo?
4. ¿Qué tan costoso será?

Para conocer las respuestas a estas preguntas, fue necesario hacer un análisis externo, que mostró cuales son las tendencias en el mercado, que características y tipos de productos se lanzan al mercado cuales son su mercado meta, en que costos oscilan las demás barras de cereales y que es lo que nos ofrecen y en qué cantidades.

Se definió la técnica que se seguirá para el estudio de mercado según la procedencia de los datos la cual fue de fuentes primarias, y según la tipología de información a obtener se utilizó una técnica cuantitativa la cual se realizó por medio de encuestas de campo (personales).



4.3.3 Selección y características de público objetivo.

Se recabó información para conocer qué tipo de barras existían en el mercado y para qué población estaban dirigidas. Con esta información se determinó el tipo de barra y el público a quien va dirigido (Tabla 12).

Tabla 12. Determinación del tipo de barra y público objetivo

Tipo de producto	Público objetivo
Barra de nopal con cereales baja en azúcares comprimida tipo palanqueta (nopal deshidratado en forma granular)	Adultos jóvenes y adultos mayores con padecimiento de <i>diabetes mellitus</i> y/o personas con sobre peso o régimen de dieta.

Fuente: Elaboración propia

Este tipo de producto se seleccionó debido a que es relativamente sencilla su elaboración además que no necesita la formación de algún tipo de masa o fermentaciones que requieran de operaciones extras y por tanto de más equipos e inversiones económicas (Desjardins *et al.*, 2000).

4.3.4 Segmentación de mercado y cálculo de tamaño de muestra.

Para determinar la ubicación en la cual se llevó a cabo el estudio, se realizó la segmentación del mercado en la República Mexicana. En la Tabla 13 se muestran algunas variables de segmentación de mercado que fueron consideradas para la realización del estudio

Tabla 13. Tipo de variables consideradas para el estudio de mercado.

Tipo de variable	Variable considerada
Variables demográficas	Edad, nivel socioeconómico, nivel académico
Variables geográficas	Unidad geográfica
Variables psicográficas	Clase social

Fuente: Fernández –Valiñas (2009).

Para la selección de las delegaciones se utilizó un indicador llamado Índice de Desarrollo Humano, ya que este índice incluye las variables de nivel socioeconómico, nivel académico y clase social. Debido a que las barras de nopal con cereales están dirigidas a las personas que tienen preferencia por alimentos saludables y hábitos de cuidado en su alimentación, este producto será dirigido a las delegaciones con un mayor índice de desarrollo humano. Benito



Juárez y Coyoacán son las delegaciones con mayor índice de desarrollo humano (0.9140 y 0.8800, respectivamente) (PNUD, 2009).

Para el cálculo del tamaño de muestra todos los datos que se mostraran a continuación fueron tomados del INEGI (2010) y se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Datos de interés para el cálculo de tamaño de muestra.

Descripción	Habitantes o equivalentes
Población total del Distrito Federal (ha)	8,851,080
La población en la delegación Coyoacán (ha)	620,416
La población en la delegación Benito Juárez (ha)	385,419
Porcentaje de población de 0 a 14 años (%)	29.3

Fuente: INEGI (2010).

El cálculo del número total de población a la que va dirigida la barra se calculó realizando las operaciones que marca la Figura 8. Para determinar el porcentaje de habitantes en Coyoacán y Benito Juárez de 15 años en adelante se realizó una regla de tres, siendo el 100% el número total de habitantes en el DF de quince años en adelante

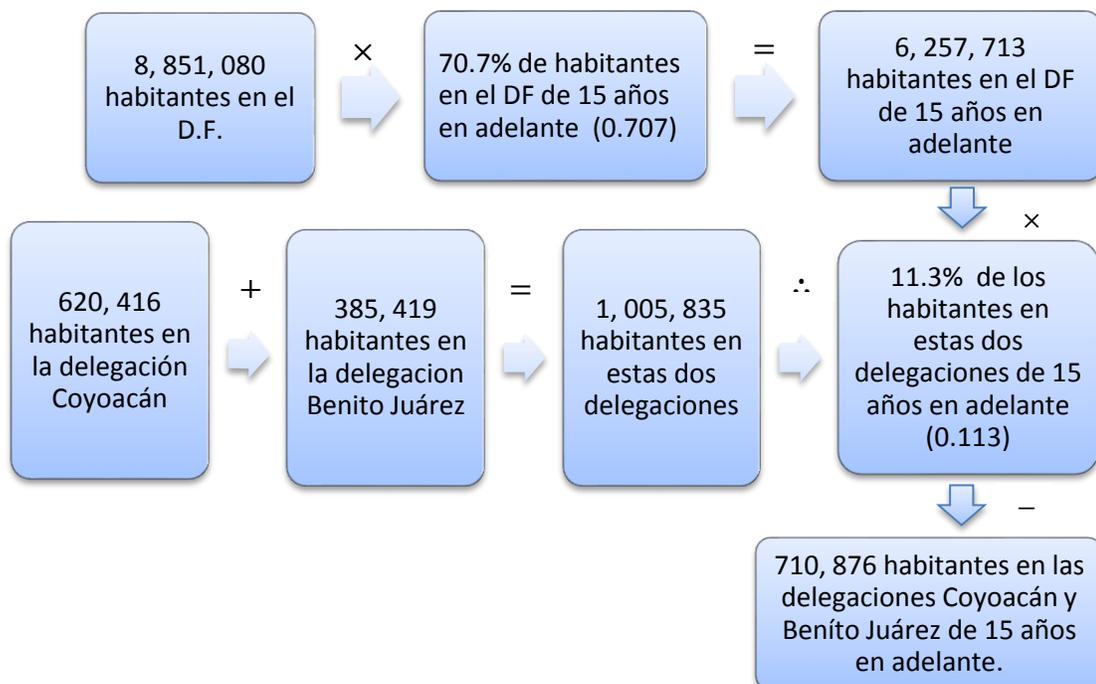


Figura 8. Cálculo de la población objetivo



Debido al tamaño de la población y la rigurosidad de la prueba se hizo el cálculo de tamaño de muestra con un nivel de confianza de 95% hasta 90% tomando como la probabilidad (p) un medio.

Por lo que la fórmula para calcular n_0 es la siguiente:

$$n_0 = \frac{z^2 \times p(1-p)}{e} \quad (Ec 6)$$

La fórmula para la correlación de poblaciones finitas es la siguiente:

$$n = \frac{n_0}{\frac{n_0}{N} + 1} \quad (Ec 7)$$

Con las ecuaciones anteriores y los valores de Z y E correspondientes al nivel de certeza seleccionado, se puede obtener la Tabla 15 (Lohr, 2000):

Tabla 15. Tamaño de muestra correspondiente a su nivel de certeza.

Certeza %	z	E	n_0	n
95	1.96	0.05	384.16	383.97
94	1.88	0.06	245.44	245.36
93	1.81	0.07	167.14	167.11
92	1.75	0.08	119.62	119.61
91	1.69	0.09	88.15	88.14
90	1.65	0.1	68.06	68.05

Fuente: Elaboración propia con datos de Lohr (2000)

Por lo que para efecto de este estudio de mercado, el nivel de confianza fue de un 91% por lo tanto el tamaño de muestras fue de 88 encuestas.

4.3.5 Evaluación de encuestas (encuesta piloto)

Una evaluación preliminar de las preguntas se realizó por medio de una encuesta piloto para evitar sesgos de respuestas en las preguntas de campo. El cuestionario piloto se llevó a cabo a 14 personas de distintos sectores de la población (Figura 9). Cada pregunta fue evaluada en los aspectos de: homogeneidad y claridad al momento en que fue interpretada por las personas encuestadas.



Cuestionario (prueba piloto)

- 1) ¿Usted considera que es selectivo en los alimentos que consume?**
 - a) si yo consumo alimentos dependiendo de qué es lo que puedo consumir
 - b) si yo discrimino a los alimentos que no me gustan (soy melindroso)
 - c) si yo elijo los alimentos que voy a consumir
 - d) otra
- 2) ¿Usted ha comprado barritas o palanquetas de cereales en las pasadas 2 semanas?**
 - a) Si yo he comprado alegrías en las dos semanas pasadas
 - b) Si yo he consumido cereales las dos semanas pasadas
 - c) Cuantas veces consumí barritas de cereales las 2 semanas pasadas
 - d) Otra si he comprado barritas o panquetas en las 2 últimas semanas
- 3) ¿Qué tipo de producto ha consumido durante las pasadas dos semanas (apoyo gráfico)?**
 - a) cuantas veces he consumido cualquiera de esos productos durante las pasadas dos semanas
 - b) cuáles son los productos que he consumido las pasadas 2 semanas
 - c) conozco los tipos de productos que veo
 - d) otra e consumido el producto tal y tal
- 4) ¿Usted ha consumido nopal durante las pasadas 2 semanas?**
 - a) cuantas veces he consumido nopales en las pasadas dos semanas
 - b) he consumido nopales durante las pasadas dos semanas
 - c) he consumido verduras durante las pasadas dos semanas
 - d) otra
- 5) ¿Ha escuchado o conoce los beneficios de consumir nopal?**
 - a) si tengo conocimiento de si el nopal es bueno para mi salud
 - b) si es de mi conocimiento la información que se rumora acerca del nopal
 - c) si estoy consciente de que el nopal me trae beneficios a mi salud
 - d) otra si tengo conocimiento que el nopal es bueno para la salud
- 6) ¿si existieran barritas de nopal con cereales bajas en calorías, las consumiría?**
 - a) si quiero comprar barritas de cereal bajas en calorías a base de nopal
 - b) si consumiría una barritas de nopal baja en calorías
 - c) si creo que sería bueno que alguien inventara barritas de nopal con cereales
 - d) otra
- 7) ¿Qué precio estaría dispuesto/a pagar por una barrita a base nopal con cereales baja en calorías?**
 - a) cuanto me va a costar la barrita de nopal con cereales baja en calorías
 - b) cuál sería el límite de dinero que pagaría por una barra de nopal con cereales baja en calorías
 - c) cuánto cuesta una barrita de nopal baja en calorías
 - d) otra
- 8) ¿En qué delegación habita actualmente?**
- 9) ¿Qué edad tiene?**

Figura 9. Formato encuesta de prueba.

Fuente: Elaboración propia

4.3.6 Aplicación de encuestas de campo.

Las encuestas de campo fueron diseñadas con respuestas cerradas y de tipo personal (Figura 10). Las encuestas se realizaron en Plaza Universidad (50%) y el Centro de Coyoacán (50%) correspondientes a las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán, siendo aplicadas a personas de



15 años en adelante. Para la pregunta 4, se utilizó un apoyo gráfico el cual se muestra en el anexo B.

- 1) ¿Le han diagnosticado diabetes?
 - a) Sí
 - b) No

- 2) ¿Usted consume alimentos ricos en fibra o bajos en calorías?
 - a) Sí, trato de buscar alimentos light o con aporte de fibra.
 - b) No, no me gustan esa clase de productos o no me interesan
 - c) No lo sé.

- 3) ¿Usted ha consumido barras de cereales u otro tipo de barras en las pasadas 2 semanas?
 - a) sí, yo las he consumido alguna vez durante las dos semanas pasadas
 - b) no, no las he consumido durante las pasadas dos semanas

- 4) ¿Qué tipo de producto ha consumido durante las pasadas dos semanas (apoyo gráfico)?

a) N1	d) A1	h) M1	k) M3
b) K1	e) A2	i) M2	l) B1
c) Z1	f) S1	j) D1	m) B2
	g) S2		

- 5) ¿Qué tan a menudo ha consumido los productos anteriores?
 - a) Menos de una vez por semana
 - b) De 1 a 3 veces por semana
 - c) 4 a 6 veces por semana
 - d) 7 o más veces por semana

- 6) ¿Qué tan a menudo ha consumido nopal durante la semana pasada?
 - a) Menos de una vez en la semana
 - b) De 1 a 3 veces en la semana
 - c) 4 a 6 veces en la semana
 - d) 7 o más veces en la semana

- 7) ¿Qué sabe o ha escuchado de los beneficios del nopal para la salud?
 - a) Es bueno para la gente con diabetes
 - b) Ayuda a controlar y bajar de peso
 - c) Es una buena fuente de calcio
 - d) Otra
 - e) No he escuchado ni conozco nada de eso

- 8) ¿Si existieran barras de cereales con nopal bajas en calorías, las consumiría?
 - a) Sí, si las consumiría
 - b) Posiblemente las consumiría
 - c) No, definitivamente no las consumiría

- 9) ¿Qué precio pagaría por una barra de cereales con nopal baja en calorías?
 - a) 5 pesos o menos
 - b) De 6 a 8 pesos
 - c) De 8 a 10 pesos
 - d) Más de 10 pesos

- 10) ¿En qué delegación habita actualmente?
- 11) ¿Qué edad tiene?

Figura 10. Formato de encuesta de campo (demanda).
Fuente: Elaboración propia



Para cuantificar la oferta que existe en las delegaciones Coyoacán y Benito Juárez se realizaron de nuevo encuestas, solo que esta vez fueron aplicadas en las tiendas dedicadas a la venta de productos naturistas que se pudieron encontrar en estas regiones. El formato utilizado se muestra en la Figura 11.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

Los datos proporcionados se utilizaran solo para fines académicos y de investigación.

1. ¿Cuál es el nombre del establecimiento?
2. ¿Cuáles de los siguientes productos tienen en venta?
 - Nopal en polvo (suplemento alimenticio)
 - Capsulas de nopal
 - Productos de panificación con harina de nopal
 - Barras energéticas o bajas en calorías
3. ¿Cuántas unidades de los siguientes productos venden a la semana?
 - Nopal en polvo: A) 1 a 5 b) 6 a 10 c) 11 a 15 d) 16 a 20 e) +20
 - Cápsulas de nopal: A) 1 a 5 b) 6 a 10 c) 11 a 15 d) 16 a 20 e) +20
 - Panificación nopal: A) 1 a 5 b) 6 a 10 c) 11 a 15 d) 16 a 20 e) +20
 - Barritas energéticas: A) 1 a 5 b) 6 a 10 c) 11 a 15 d) 16 a 20 e) +20
4. ¿Si en un futuro existieran barras de cereales con nopal, estaría interesado en ofrecerlos en su establecimiento?
 - Si
 - No

Figura 11. Formato de encuestas de campo (oferta).

Fuente: Elaboración propia.

4.3.7 Captura, codificación y tabulación de datos

Los datos obtenidos fueron capturados, codificados y tabulados en el programa Microsoft Excel 2010 con la utilización de tablas dinámicas para posteriormente determinar demanda potencial.



4.4 Desarrollo de la barra de nopal y cereales.

4.4.1 Material biológico.

Se empleó nopal del género *Opuntia ficus indica* en estado fresco con espinas, de buen aspecto, adquirido en la Central de Abastos de la Ciudad de México. También se obtuvieron los otros componentes como son:

La semilla de amaranto reventado de género *Amarhantus*, avena de especie *sativa* en forma de hojuelas, y arándano rojo *Vaccinium macrocarpon* que fue empleado en forma deshidratada. Todo esto se adquirió a granel, en el mercado del Carmen en Cuautitlán Izcalli Estado de México.

Otros materiales como el mucílago de nopal deshidratado fue proporcionado por el taller postcochea ubicado en el Centro de Asimilación Tecnológica (CAT), mientras que el edulcorante surculosa fue obtenido en su forma comercial splenda® en el mercado del Carmen de Cuautitlán Izcalli.

4.4.2 Selección y limpieza de los materiales biológicos.

Los cladodios fueron seleccionados dependiendo su grado de daño. Los cladodios con menor daño fueron limpiados cuidadosamente con ayuda de un cuchillo o tabla de madera, eliminando la mayor cantidad de espinas, cuidando de no retirar la epidermis de los mismos.

Los copos de avena y el amaranto reventado fueron pasados por una coladera para eliminar algunas impurezas. Estos cereales fueron almacenados a temperatura ambiente en un lugar seco y sin luz.

4.4.3 Caracterización física del nopal.

Después de clasificar los nopales según sus daños, se procedió a la caracterización física de los mismos con respecto a su tamaño, midiendo el cladodio de forma longitudinal utilizando un flexómetro marca fiber glass (Tabla 16). Los tamaños se clasificaron de acuerdo a lo establecido en la norma NMX-FF-068-SCFI-2006.



Tabla 16. Clasificación de tamaño en función de la longitud para el nopal verdura.

Tamaño	Longitud (cm)
A	>25.1
B	18.1 a 25.0
C	11.1 a 18.0
Cambray	7.0 a 11.0

Fuente: NMX-FF-068-SCFI-2006

4.4.4 Escaldado de nopal.

Los cladodios previamente seleccionados y clasificados fueron separados en dos partes, una de ellas fue escaldada con agua a 90°C durante 3 minutos en una olla de aluminio, después escurrida y almacenada hasta su secado.

4.4.5 Secado de nopal.

Para la obtención del nopal deshidratado se siguieron dos procesos diferentes ya que se obtuvo nopal deshidratado sin escaldar (NDSE) y nopal deshidratado escaldado (NDE). El nopal deshidratado sin escaldar fue cortado transversalmente dejando expuesta la parte interior de los cladodios, seguido de rebanar las partes en tiras de aproximadamente 1cm de grosor. Para la obtención del nopal deshidratado escaldado el nopal solamente fue cortado en tiras de aproximadamente 1cm seguido de la operación de escaldado. Se utilizaron charolas de aluminio grado alimentario en las cuales se acomodaron cuidadosamente las tiras de nopal cortado de manera que el tejido parenquimatoso del nopal quede en contacto directo con el aire. La charola con el nopal rebanado se colocó en un horno (marca QL modelo 40 Lab Oven) equipado con un extractor de vapores. Las condiciones de secado fueron 65°C durante 24 h (Medina-Torres *et al.*, 2007). El nopal seco se retiró de las charolas y redujo de tamaño utilizando un molino de cuchillas (marca KRUPS type 203). El nopal resultante de forma granular fue almacenado a temperatura ambiente en un Frasco color ámbar y hermético. El proceso se describe gráficamente en la Figura 12.

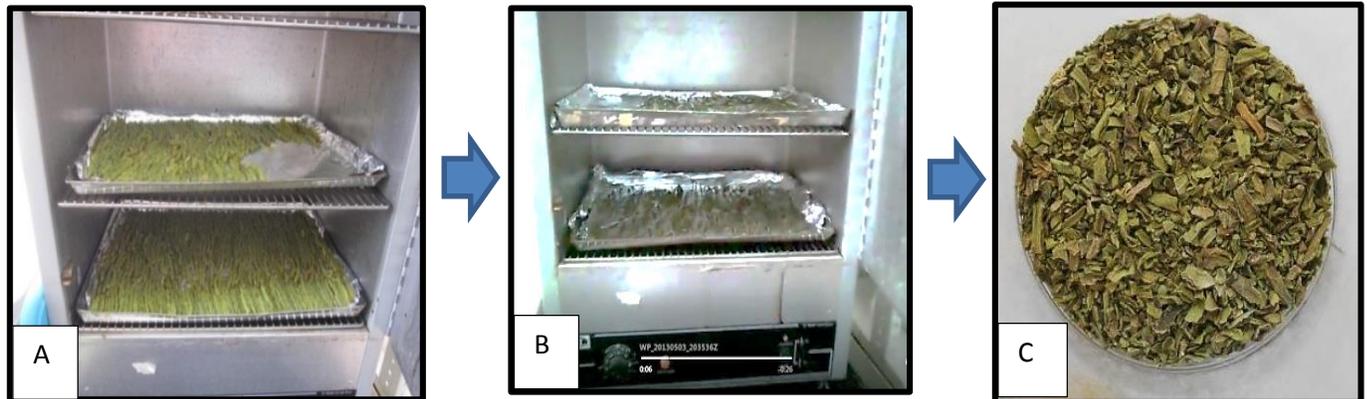


Figura 12. Obtención de nopal deshidratado: A) Estufa de extracción con nopal fresco B) Estufa de extracción con nopal deshidratado C) Nopal seco y reducido a forma granular.

Para la obtención de nopal deshidratado sin escaldar se eliminó la operación de escaldado y se insertó la de fileteado como se observa en la Figura 13.

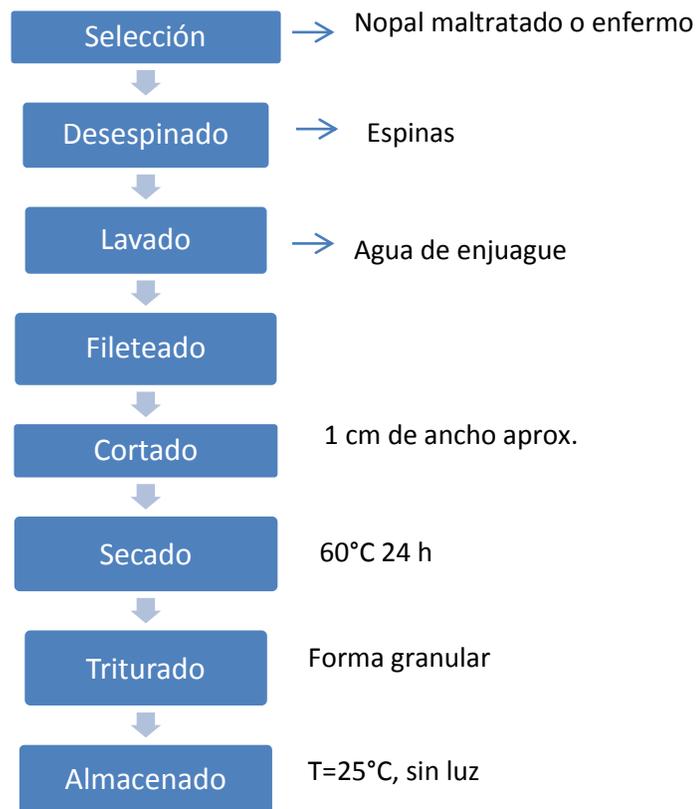


Figura 13. Diagrama de proceso para la obtención de nopal deshidratado (sin escaldar).



Para la obtención de nopal deshidratado escaldado se siguieron las operaciones que muestra la Figura 14.

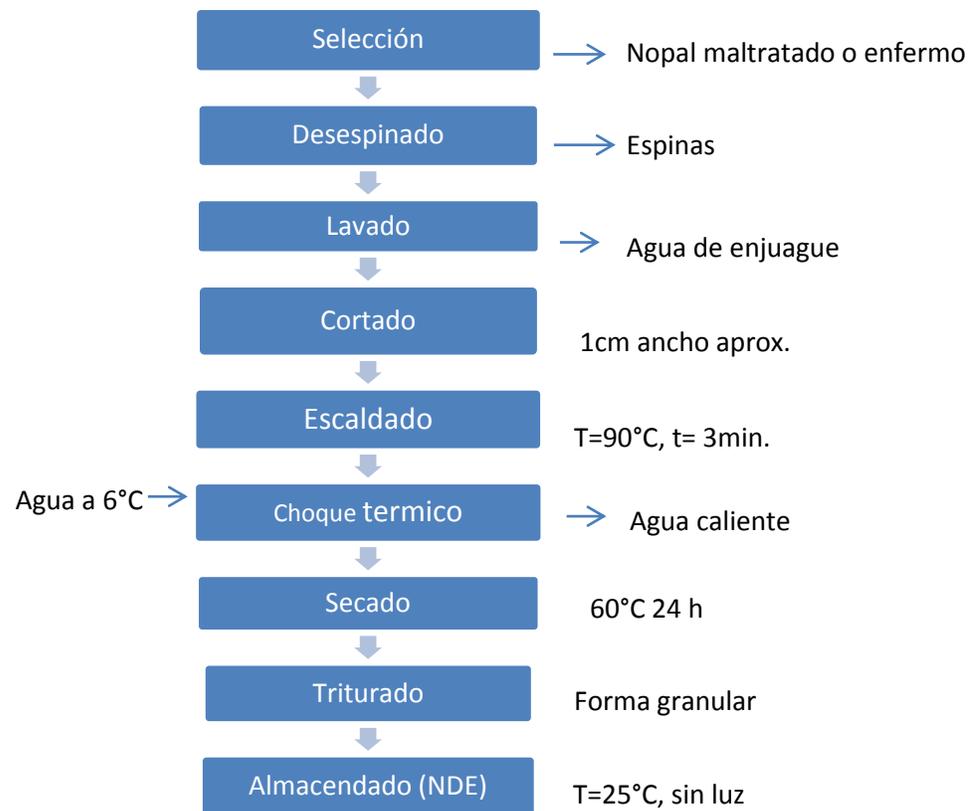


Figura 14. Diagrama de proceso para la obtención de nopal deshidratado (escaldado).

- **Selección.**

En la selección se descartaron del lote los nopales que presentaron problemas fisiológicos, daños mayores en su superficie u otro tipo de enfermedad.

- **Desespinado.**

En esta operación se eliminan las espinas del nopal utilizando una tabla y un cuchillo con filo adecuado de tal forma de tratar de no eliminar parte de la epidermis de los cladodios.

- **Lavado.**

Los cladodios se lavaron utilizando agua fría y jabón dejándose escurrir para eliminar el exceso de agua.

- **Fileteado y cortado.**



El cladodio se corta transversalmente con ayuda de una tabla y cuchillo, esto para eliminar la resistencia que presenta la epidermis del nopal ante el secado. Después se corta en tiras de aproximadamente 1cm de grosor para facilitar su manejo posterior.

- **Escaldado.**

El escaldado se realizó con agua a una temperatura de 90°C durante 3 minutos en una olla de aluminio. Se utilizó aproximadamente 1 litro de agua por kilogramo de nopal. Después se realizó un choque térmico con agua potable a 6°C. Se dejó escurrir y se procedió a su acomodo en las charolas de aluminio (Sáenz *et al.*, 2006).

- **Secado**

El secado se realizó como se describe en el punto 4.3.5

- **Triturado**

Esta operación se llevó acabo en un molino de cuchillas, reduciendo las tiras de nopal a gránulos utilizando todo lo que paso por la maya 20 del tamiz (marca Mont Inox). Este granulado se almacenó en frascos ámbar y en un lugar seco a temperatura ambiente.

4.4.6 Rendimientos de secado

El nopal fue pesado antes y después del secado utilizando una balanza digital (marca OHAUS modelo scout pro SP601) con una precisión de 0.1g con este proceso se conocería la cantidad de materia que se necesitara secar para procesar el producto, y para conocer el contenido residual de humedad existente en el nopal después del proceso.

4.4.7 Elaboración de barras de nopal y cereales

Para la elaboración de las barras se propusieron 3 formulaciones como lo muestra la tabla 17.

Tabla 17. Formulaciones para el desarrollo de las barras.

Componente	Formulación 1 (%)	Formulación 2 (%)	Formulación 3 (%)
Solución aglomerante	34.4	28.4	34.4
Avena	12.5	24.5	25.0
Nopal	37.5	27.5	17.5
Amaranto	7.3	7.3	15.02
Arándano	8.1	12.2	8.0

Fuente: Elaboración propia con datos de Catherine, 2012



Para la elaboración de la solución aglomerante, se realizaron tres diferentes formulaciones, variando proporcionalmente la cantidad de mucílago de nopal deshidratado. Se empleó como sustituto del azúcar el edulcorante sucralosa con la marca comercial de splenda® en la misma proporción en cada una de las formulaciones (Tabla 18).

Tabla 18. Formulaciones de la solución aglomerante de la barra.

Componente	Formulación A (%)	Formulación B (%)	Formulación C (%)
Mucílago	5	8	2
Splenda	10	10	10
Agua	85	82	88

Fuente: Elaboración propia con datos de Olivera *et al.* (2012)

Para la realización de la barra con las diferentes formulaciones, cada componente fue pesado al porcentaje correspondiente a cada una de su formulación. Los porcentajes de solución aglomerante en cada una de las formulaciones fueron establecidos conforme a otras formulaciones descritas en el trabajo de Olivera *et al.* (2012), reduciendo únicamente una de ellas con el fin de encontrar la relación que tuviera el porcentaje de solución aglomerante en los atributos sensoriales de la barra.

De igual manera se procedió primero a la mezcla de todos los materiales secos, para después incorporar la solución aglomerante a 80°C y mezclar hasta su homogenización.

En el caso del nopal, se sometió al proceso de secado como se ha mencionado anteriormente. Las operaciones que se llevaron a cabo para la realización de la barra se describen en la Figura 15.

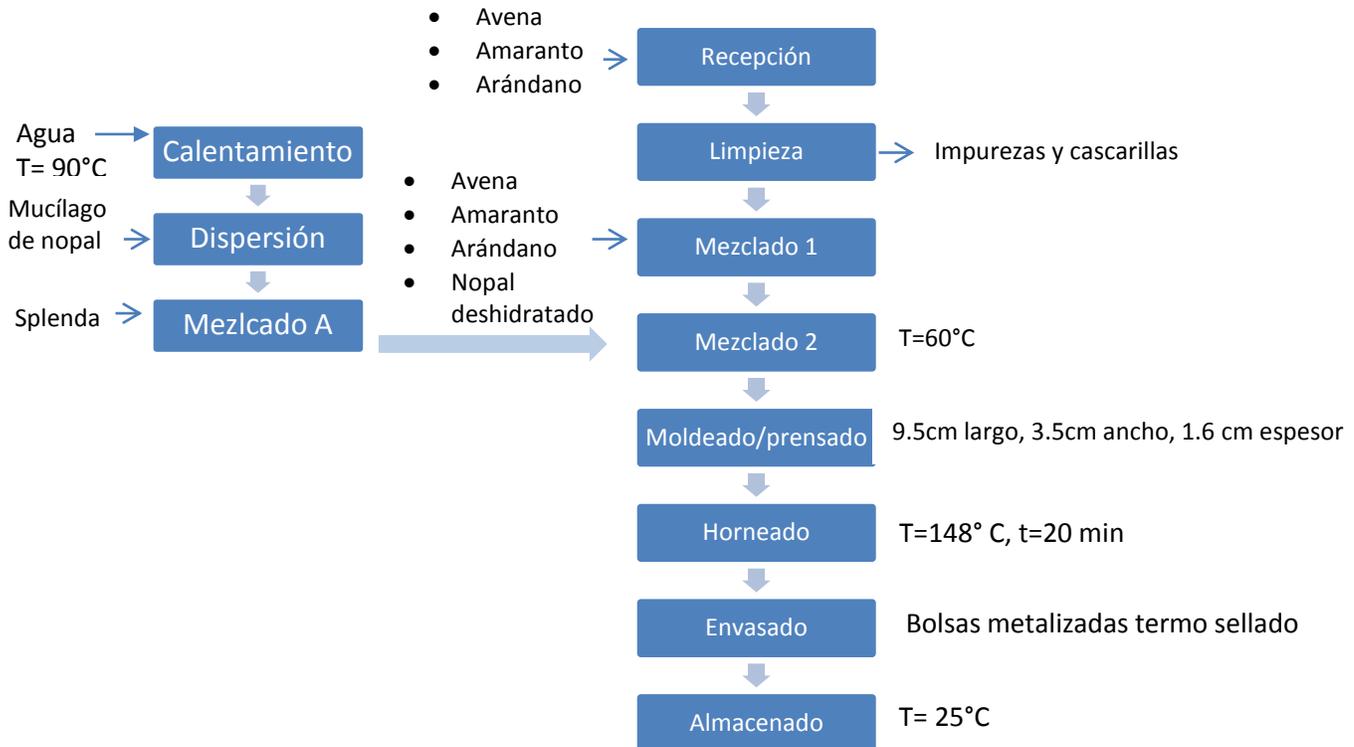


Figura 15. Diagrama de proceso para la elaboración de barras de nopal y cereales.

- **Limpieza.**

Se eliminan las impurezas de la avena, amaranto, arándano.

- **Mezclado 1**

En este mezclado se incorpora todos los materiales secos; los copos de avena, el amaranto reventado y el arándano seco así como los gránulos nopal deshidratado escaldado o sin escaldar según sea el caso. Esto se realizó en un recipiente de plástico, distribuyendo bien todos los componentes.

- **Preparación de la solución aglomerante**

Para la preparación de la solución aglomerante se procedió a dispersar el mucílago deshidratado en agua a 90°C en la proporción a sus respectivas formulaciones. Se tomó un tiempo de 3 minutos para la hidratación completa del mucílago y se le adicionó splenda en la proporción a su formulación. Para todo esto se mantuvo una temperatura de 60°C hasta la hora de su mezclado con los componentes secos.



- **Mezclado 2.**

La solución aglomerante se incorporó en proporción a su formulación a los materiales secos, a una temperatura de 60°C, se incorporaron todos los componentes hasta la formación de una mezcla pastosa.

- **Moldeado y prensado.**

El producto obtenido de la mezcla 2 se colocó en un modo previamente forrado de papel encerado de 9.5 x 3.5 x 1.6 cm largo, ancho y espesor, respectivamente. Después se colocó la tapa y se comprimió uniformemente a lo largo de todo el molde (Figura 16).

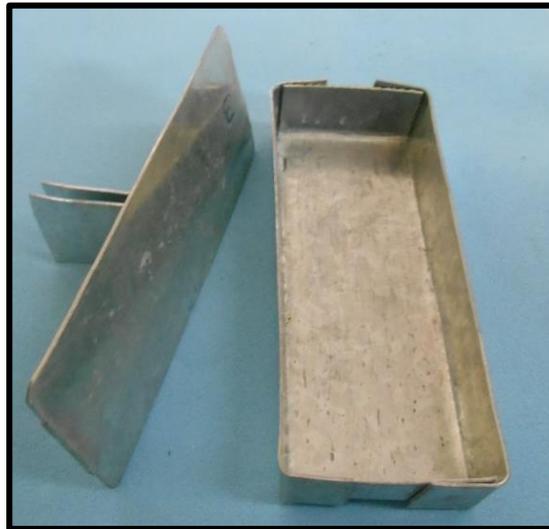


Figura 16. Molde para la elaboración de barras de nopal y cereal.

- **Horneado**

Después de moldeado y prensado, se retiró el material ya en forma de barra y se colocó en un horno de convección (marca Hamiton Bearch) a una temperatura de 148°C durante 30 minutos.

- **Envasado**

Las barritas se envasaron en bolsas tipo metalizadas con el interior plastificado previamente esterilizadas, en una cámara de rayos UV-C equipada con una lámpara (marca PHILIPS) de 15 W. Este tratamiento se realizó por un tiempo de 25 minutos. Las bolsas son selladas utilizando una envasadora- termo selladora (marca Oster modelo VAC550).



- **Almacenado.**

Las barras de nopal y cereales se almacenaron en un lugar seco y limpio a temperatura ambiente.

4.4.8 Análisis sensorial.

Para el análisis sensorial de la barra de nopal y cereal, se diseñó un cuadro que sirvió de guía para conocer todas las posibles combinaciones entre las formulaciones de componentes secos así como las formulaciones propuestas para la solución aglomerante (Tabla 19). También se mostraron los códigos que se asignaron a cada una de las distintas combinaciones de las formulaciones realizadas.

Tabla 19. Diseño y codificaciones de combinaciones de distintas formulaciones.

			Nopal Deshidratado Escaldado (NDE)	Nopal Deshidratado no escaldado (NDSE)
Barras de nopal y cereales	Formulación a (5% mucilago)	Formulación 1 (37% nopal)	0342	2430
		Formulación 2 (27% nopal)	4362	2634
		Formulación 3 (17% nopal)	4672	2764
	Formulación b (8% mucilago)	Formulación 1 (37% nopal)	0856	6580
		Formulación 2 (27% nopal)	8357	7538
		Formulación 3 (17% nopal)	3229	9223
	Formulación c (2% mucilago)	Formulación 1 (37% nopal)	1592	2951
		Formulación 2 (27% nopal)	0509	9050
		Formulación 3 (17% nopal)	8942	2498

Fuente: Elaboración propia

El tipo de prueba sensorial realizada fue una prueba de aceptabilidad que utiliza una escala hedónica de 5 puntos. Los atributos texturales evaluados fueron: apariencia, sabor, firmeza, crocancia, adhesividad y aceptación general (Tabla 20).



Tabla 20. Escalas hedónicas de los diferentes atributos evaluados

Escala/ atributo	Apariencia	Sabor	Firmeza	Crocancia	Adhesividad	Calificación global
1	Me gusta mucho	Me gusta mucho	Muy firme	Muy crocante	Muy adhesivo	Me gusta mucho
2	Me gusta	Me gusta	Firme	Crocante	Adhesivo	Me gusta
3	Ni me gusta ni me desagrada	Ni me gusta ni me desagrada	Algo firme	Algo crocante	Algo adhesivo	Ni me gusta ni me desagrada
4	Me disgusta	Me disgusta	Poco firme	Poco crocante	Poco adhesivo	Me disgusta
5	Me disgusta mucho	Me disgusta mucho	Nada firme	Nada crocante	Nada adhesivo	Me disgusta mucho

Fuente: Elaboración propia

Las pruebas se realizaron a 10 panelistas no entrenados en un lugar acondicionado para tal fin. Antes de la prueba se explicó a los panelistas cada atributo utilizando algunos ejemplos e imágenes. A cada uno de los panelistas se les dieron por prueba tres muestras de tamaño representativo en vasos debidamente rotulados y un formato que se muestra en la Figura 17.

Nombre _____ fecha _____

	2498	9223	2764	d	
Apariencia ^a				1	Muy adhesivo
Sabor ^a				2	Adhesivo
Firmeza ^b				3	Poco adhesivo
Crocancia ^c				4	Ligeramente adhesivo
Adhesividad ^d				5	Nada adhesivo
Calificación global ^a					

a		b		c	
1	Me gusta mucho	1	Muy firme	1	Muy crocante
2	Me gusta	2	Firme	2	Crocante
3	Ni me gusta ni me desagrada	3	Algo firme	3	Algo crocante
4	Me disgusta	4	Poco firme	4	Poco crocante
5	Me disgusta mucho	5	Nada firme	5	Nada crocante

Figura 17. Formato para la prueba sensorial aplicada a los diferentes panelistas.



La cantidad de panelistas fue muy reducida debido a que no se contaba con la cantidad de muestra suficiente para tener una población más representativa. Los datos obtenidos fueron tratados con el análisis estadístico ANOVA multifactorial utilizando el programa SPSS para conocer si existe diferencia significativa entre cada una de las combinaciones de las distintas formulaciones y tratamientos.

4.5 Análisis químico proximal.

La composición química se determinó a las barritas que tuvieron mayor aceptación, con los dos tipos de nopales secos (con escaldado y sin escaldado), esto para observar si existe alguna diferencia en sus nutrimentos debido a sus diferentes procesos.

Para la preparación de la muestra en todas las determinaciones realizadas, se redujo a un tamaño adecuado con ayuda de un molino de cuchillas (marca KRUPS type 203).

Humedad.

Se determina la pérdida de peso de la muestra al someterla a calentamiento en estufa en condiciones determinadas.

Se determinó con 5 gramos de muestra por calentamiento en estufa a $130^{\circ}\text{C}\pm 3$ durante una hora y media. Después se procedió a dejar enfriar y a pesar (AOAC, 1984). La prueba se llevó por triplicado para cada una de las barras (nopal deshidratado escaldado y sin escaldar). La humedad de la muestra se expresó en porcentaje.

Cenizas

El contenido de cenizas basa en la descomposición de la materia orgánica, por efecto de la temperatura, quedando solamente materia inorgánica en la muestra.

Se realizó por incineración de 2 a 6 gramos de muestra, primero por flama directa y después en mufla a una temperatura de $550\pm 10^{\circ}\text{C}$ hasta combustión completa de la materia orgánica y obtención de un peso constante (AOAC, 1984). La prueba se llevó por triplicado para cada una de las barras elaboradas con nopal deshidratado escaldado y sin escaldar. Los resultados fueron expresados en porcentaje.



Proteínas

La determinación de proteínas se realizó por el método de microkjendahl en el cual se basa en la cuantificación del nitrógeno total de una muestra calentada con H_2SO_4 concentrado en la cual se transforman las sustancias nitrogenadas en sulfato de amonio valorable y dióxido de carbono con formación de agua, la muestra obtenida es destilada después de ser alcalinizada con $NaOH + Na_2S_2O_3$ para recibir el destilado con un volumen de H_3BO_3 y quedando atrapado el NH_3 para finalmente titularlo con ácido clorhídrico (HCl) 0.01N (AOAC, 1984). Las determinaciones se realizaron por triplicado expresando los resultados en porcentaje.

Grasas

El método de soxhlet es una extracción semi continua que ocupa un disolvente que arrastra la grasa de la muestra, en un proceso en el cual se calienta, se volatiliza y se condensa este disolvente, goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el mismo. Posteriormente esté es sifoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso. El contenido de grasa se cuantifica por la diferencia de peso del matraz.

El contenido de grasas se determinó por el método descrito en el apéndice de la NOM-086-SSA1-1994 en el cual se tomó una muestra de 3 a 5 g y se colocó en un cartucho de extracción que posteriormente fue colocado en el destilador Soxhlet que se encontraba en la parte de arriba de un matraz a peso constante que contenía éter etílico. La extracción se llevó a cabo durante 4 horas, después se extrajo la muestra y se colocó el recuperador para volatilizar todo el éter y se secó la muestra en estufa a $100^{\circ}C$ hasta peso constante. La técnica se llevó a cabo cuatro veces por muestra reportando los resultados como porcentaje.

Azúcares

La determinación de azúcares se realizó por el método de Lane y Eynon descrito en el apéndice normativo c de la (NOM-086-SSA1-1994). Primero se realizó una titulación de Fehling A y Fehling B con sacarosa invertida para conocer el factor de Fehling. Después se toman dos muestras que son digeridas para la precipitación de las proteínas, utilizando soluciones de acetato de zinc y ferrocianuro de potasio. En una de las muestras se determina los azúcares



reductores directos y la otra muestra es hidrolizada con ácido clorhídrico concentrado para convertirlos en azúcares reductores. En ambos casos se procede a titular con el filtrado de la muestra utilizando los mismos Fehling que se utilizó en la titulación de sacarosa. La determinación se realizó por triplicado reportando los resultados como porcentaje de azúcares totales.

Fibra dietética

Este método gravimétrico- enzimático es descrito en el apéndice normativo c de la NOM-086-SSA1-1994. Se fundamenta en aislar la fracción del interés con la precipitación selectiva y después determinar su peso, por lo que una muestra duplicada previamente desengrasada, se digiere enzimáticamente con amilasa, aminoglucosidasa y proteasa para hidrolizar el almidón y la proteína. Después se precipita la fibra de esta muestra con cuatro volúmenes de etanol y es filtrada y lavada con etanol y acetona. Luego se seca y se pesa el residuo. Un duplicado es analizado para proteína mientras que el otro se le determina las cenizas. La fibra dietética total es igual al peso del residuo menos el peso de la proteína y cenizas. Esta determinación se llevó a cabo por duplicado y el resultado se expresa en porcentaje de fibra dietética total

4.6 Propuesta de etiquetado

La etiqueta se realizó conforme a los lineamientos que marca NOM-051-SCFI/SSA1-2010 así como la ubicación y tamaño del dato cuantitativo referente a la declaración de cantidad que dicta la NOM-030-SCFI-2006. El diseño de la etiqueta se hizo considerando las estrategias de marketing con ayuda del software Corel Draw.

4.7 Vida de anaquel.

La vida de anaquel se evaluó en la barra que presentó mayor aceptación sensorial así como un mayor contenido de fibra dietética en referencia a su proceso. Para determinar la vida de anaquel se elaboraron 20 barras de nopal y cereales y se estableció el método a seguir.

- a) Los descriptores críticos se seleccionaron de acuerdo a los parámetros que se deterioran más rápido en la barra de nopal y cereales. Los parámetros seleccionados fueron de tres



categorías: microbiológicos de acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008 (mesófilos totales, coliformes totales, mohos y levaduras), sensoriales (aceptación) y físicos (color).

- b) Un diseño de vida acelerada se seleccionó utilizando temperaturas de almacenamiento acelerada de 45°C manteniendo el control a 25°C
- c) El tiempo de estudio se definió considerando el tipo de producto del cual se trata y la duración que tienen algunos productos similares. Su tiempo de duración del experimento fue de un mes y los tiempos de muestreo se realizaron cada 8 días.
- d) El tipo de diseño para el estudio se eligió en función del tiempo y el tipo de muestra del que se trataba. El diseño experimental que se selecciono fue un diseño básico.

Para realizar los análisis en cada punto de muestreo se realizaron las técnicas mostradas en la Tabla 21.

Tabla 21. Clase de descriptores con técnicas de análisis.

Descriptores críticos	Técnica
Microbiológicos	<ul style="list-style-type: none">• Se realizaron las diluciones como marca la NOM-110-SSA1-1994.• Mesófilos totales: método para la cuenta de bacterias mesófilas en placa, agar nutritivo a 35±2°C por 48±2 h (NOM-092-SSA1-1994)• Coliformes totales: método para la cuenta de coliformes totales en placa, agar rojo billis violeta 35±2°C por 24 h (NOM-113-SSA1-1994).• Mohos y levaduras: método para la cuenta de mohos y levaduras en placa, agar papa dextrosa 25±2°C por 3 a 5 días (NOM-111-SSA1-1994)
Sensoriales	<ul style="list-style-type: none">• Prueba de aceptación: se realizó con muestra en condiciones aceleradas y muestra testigo a 20 panelistas no entrenados (Hough & Fitzman, 2005)
Físicos	<ul style="list-style-type: none">• Color: colorimetría, parámetros L*, a* y b*, se utilizó un espectrofotómetro cm-600D y se realizó el cálculo de tono, croma y luminosidad con las formulas 1, 2 y 3 (Manayay <i>et al.</i> , 2013; Valencia <i>et al.</i>, 2012).

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el análisis estadístico de la aceptación sensorial con ayuda del software SPSS en el cual se compararon las medias de muestras independientes de la aceptación de la barra aplicando pruebas no paramétricas con un nivel de confianza del 95%.



5. Resultados y discusión





5.1 Estudio de mercado

5.1.1 Encuestas piloto

Una de las variables más importantes en el método de encuestas es la redacción y objetividad de las preguntas aplicadas al encuestado, por lo que fue necesario evaluarlas antes de su aplicación con el fin de asegurarse que cada una de las preguntas expresaba el objetivo de las mismas. Una de las maneras más adecuadas para la realización de encuestas de los principiantes, es realizar primero una encuesta piloto para evitar sesgos de respuestas por lo que hay que asegurar, en medida de lo posible, que todas las persona pueda entender el objetivo de la pregunta formulada (Muñiz, 2013).

En la Figura 18 se muestra la evaluación de la encuesta piloto aplicada a los posibles consumidores.

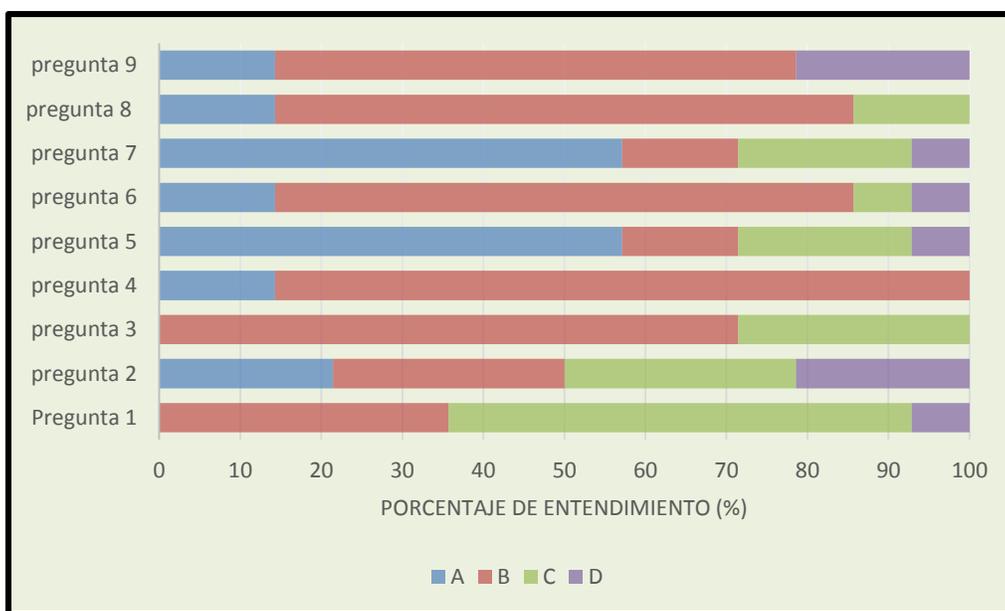


Figura 18. Evaluación de prueba piloto, siendo “a, b, c y d” posibles respuestas.

Ya que las preguntas fueron formuladas con el único fin de conocer cuál era el objetivo de las mismas, las posibles respuestas (a,b,c y d) fueron enunciados en forma de pregunta, es decir, en la pregunta 1 la cual fue: *¿Usted considera que es selectivo en los alimentos que consume?*, las posibles respuestas que señalaron los encuestados fueron las siguientes: a) *si yo consumo alimentos dependiendo de qué es lo que puedo consumir*, b) *si yo discrimino a los alimentos que no me gustan*, c) *si yo elijo los alimentos que voy a consumir* y d) *otra*. De



lo anterior se puede observar que en la pregunta uno existió una confusión en la misma, ya que el 36% contestaron con el inciso a), mientras que el verdadero objetivo de la pregunta la tenía la respuesta del inciso c), en consecuencia esta pregunta fue reformulada. Como se puede mostrar en la figura anterior, las preguntas que presentan de 3 a 4 categorías (distintos colores), son aquellas en que la redacción o tipo de palabras utilizadas para su elaboración, causaron mayor confusión por lo que éstas fueron reformuladas o eliminadas del formulario. También hay preguntas en las cuales existe una heterogeneidad en la respuesta, pero esta no es el objetivo de la pregunta que se buscaba, en estos casos se omitieron las palabras que causaron confusión o desvió del objetivo de la pregunta. En las respuestas de las preguntas que solo existieron dos categorías (dos colores en la barra) y una de ellas predominó sobre la otra, se dio por enterado que la pregunta expresa el verdadero objetivo de la misma. La encuesta de campo fue reformulada tomando en cuenta los resultados de esta encuesta piloto.

5.1.2 Encuestas de campo (demanda).

Para la demanda, de primera instancia se abordan los hábitos alimenticios de la población objetivo debido a que se buscó saber si las personas de la delegación Benito Juárez y Coyoacán consumían alimentos ricos en fibra o bajos en calorías. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 19 y se refiere a esta pregunta de la población en general.

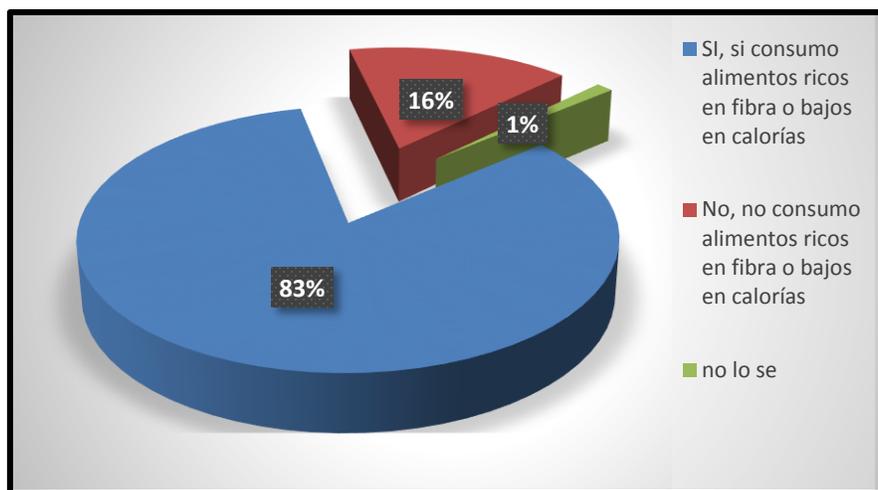


Figura 19. Tendencia de consumo de alimentos ricos en fibra o bajos en calorías.

La población de Benito Juárez y Coyoacán tienen un hábito en el consumo de alimentos ricos en fibra o bajos en calorías, alrededor del 83% de los encuestados afirmaron esto. De este



porcentaje se conoce cuál es el rango de edades que consumen mayoritariamente estos productos e inclusive de que delegación se trata, ya que esta información es de gran utilidad para poder llevar a cabo una mercadotecnia adecuada para la elaboración de la barra de nopal y cereales.

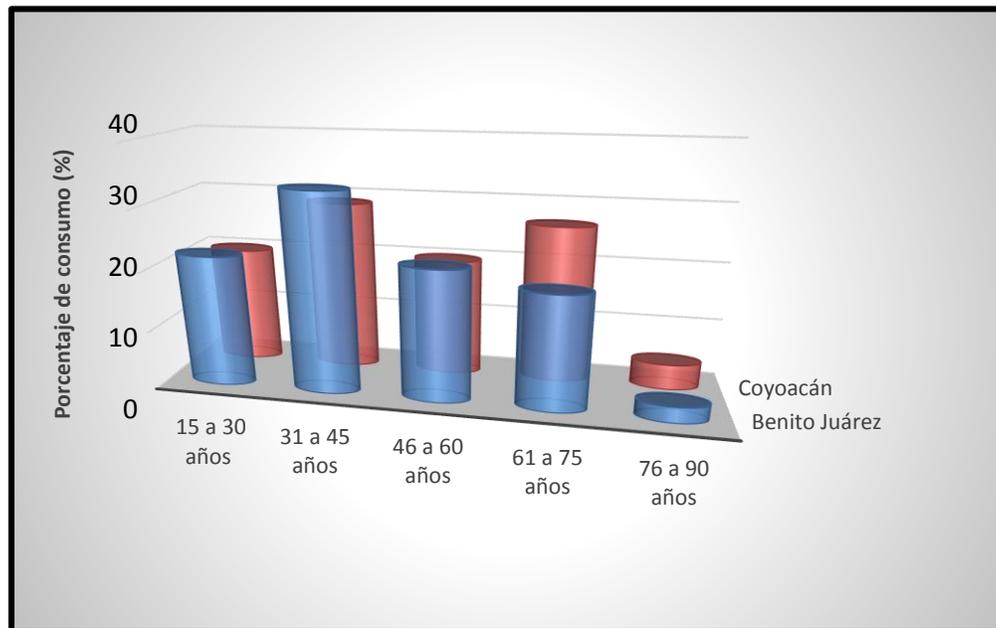


Figura 20. Tendencia de consumo de alimentos ricos en fibra o bajos en calorías por edades.

La Figura 20 muestra que el 33% de las personas que consumen productos bajos en calorías o ricos en fibra y que se encuentran en la delegación Benito Juárez y pertenecían al rango de edad de 31 a 45 años, mientras que el 28% de las personas de la delegación Coyoacán del mismo rango de edades consumían alimentos ricos en fibra o bajos en calorías por lo que el porcentaje de esta última delegación fue ligeramente menor que en la delegación Benito Juárez.

La Figura 21 ilustra la tendencia que existe en el consumo de estos alimentos con relación a su estado de salud, siendo las personas diabéticas un mercado importante para ofertar el producto desarrollado. Aunque la diferencia es poca las personas que no han sido diagnosticadas con esta enfermedad alcanzan un 83% en el consumo de los productos “light” o ricos en fibra en comparación con las personas diabéticas que tienen un 80% de consumo de estos productos. Esto demuestra cómo la población de estas delegaciones busca consumir



alimentos con alto contenido en fibra y de bajas calorías, aún sin padecer diabetes por lo que el producto tendría un amplio mercado.

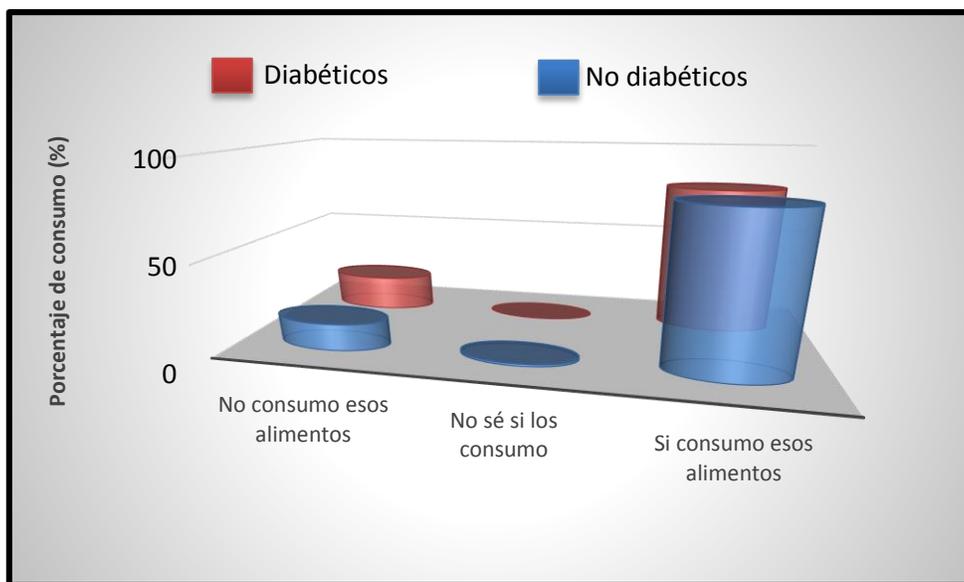


Figura 21. Tendencia de consumo de alimentos ricos en fibra o bajos en calorías dependiendo su estado de salud.

En relación a las barras de cereal, se buscó conocer el consumo en las delegaciones propuestas por lo que se ilustra en la Figura 22.

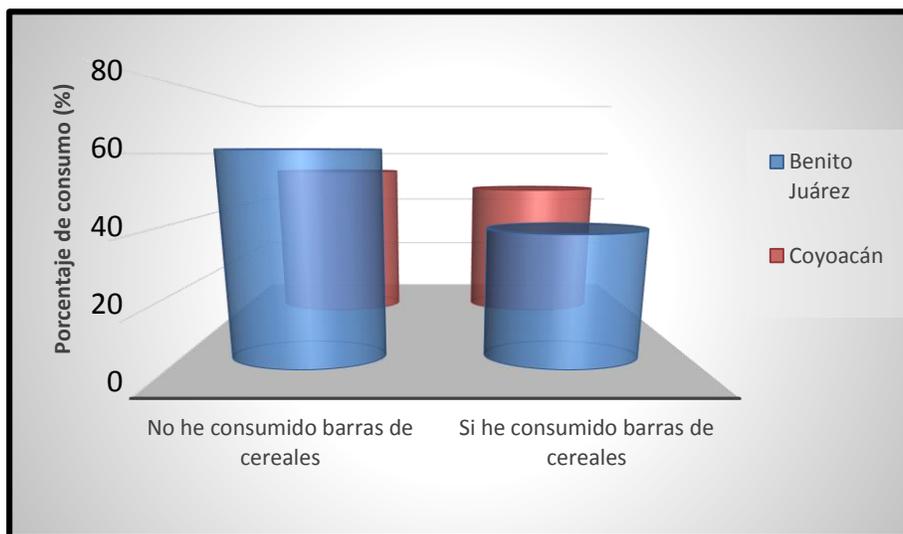


Figura 22. Tendencia de consumo de barras de cereales.

El consumo de barras de cereal en las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán mostró que en el periodo de dos semanas el 38 y 46% de las personas de ambas delegaciones



consumieron barras de cereales, por lo que la frecuencia de consumo estuvo por debajo del 50%. La delegación Coyoacán presentó un consumo ligeramente mayor que la delegación Benito Juárez y esto se puede atribuir a que en esa delegación existe casi el doble de personas habitando en ella con respecto a la delegación Benito Juárez (INEGI, 2010).

Para conocer cuáles fueron los productos que han consumido durante las pasadas dos semanas se empleó una hoja con las diferentes imágenes de empaques de barras (anexo B) y se obtuvieron los siguientes resultados.

La Figura 23 muestra el porcentaje del consumo del tipo de barras que existen en el mercado y de las cuales fueron mostradas al encuestado empleando el apoyo gráfico (ANEXO B). El mayor porcentaje de las personas contestaron que no consumen esos productos, con un 25%, siguiendo la barra Nutri-grain fresa con un porcentaje del 12%. Con respecto a los datos reportados por la revista *key Media update*, las barras de cereales que más se consumen en México con un 32% es la Bimbo Branfrut seguida de la Kellog's All bran con un 21% de consumo, por lo que se observó la constante variación entre las marcas y productos que se ofrecen al mercado, siendo las predominantes en cualquiera de los casos las barras con gran aporte de fibra y bajas en calorías. También se observó que tanto la Branfrut como la Nutri grain son del tipo de barras rellenas de jalea de sabores, siendo fresa el sabor predominante. Para la segunda barra más consumida según el estudio, se encontró un empate entre las barras Bran-frut sabor fresa y Multigrano nuez, éstas dos teniendo en común ser productos con gran contenido de fibra y pocas calorías.

Ya que la barra multigrano carece de relleno de jalea y tiene un alto contenido en fibra, es muy semejante al producto que se propone en esta investigación (*key Media update*, 2012).

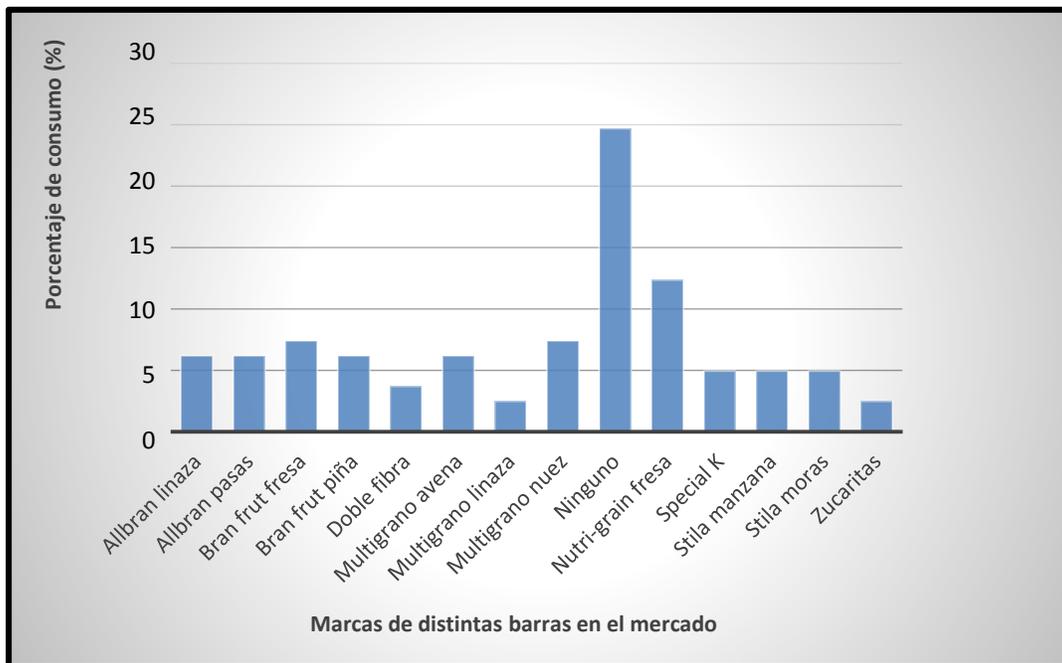


Figura 23. Tendencia de consumo total de barras comerciales.

Una vez establecido cual es el consumo de barras de cereal comerciales en las delegaciones objetivo, se analizó la frecuencia de consumo de estas barras.

En la Figura 24 se muestra la frecuencia con la cual se han consumido distintos productos mostrados al encuestado, siendo la Multi grano nuez la barrita con una mayor frecuencia de consumo, ocupado casi un 40% de las personas que lo consumen 7 o más veces por semana, siguiendo la barrita Multi grano linaza en empate con estila manzana ocupando casi un 50% de las personas que lo consumen de 4 a 6 veces por semana.

También se aprecia que la barra Doble fibra tiene un 100% de las personas que lo consumen de una a 3 veces en la semana. Se puede apreciar un hábito de consumo de productos ricos en fibra, ya que el valor agregado que ofrecen todas las barritas descritas son ser reducidas en calorías y tener un gran contenido de fibra, y aunque la Bran frut fresa y Nutri-grain fresa sean las más consumidas, no tiene una frecuencia importante de consumo como las barras sin relleno antes descritas.

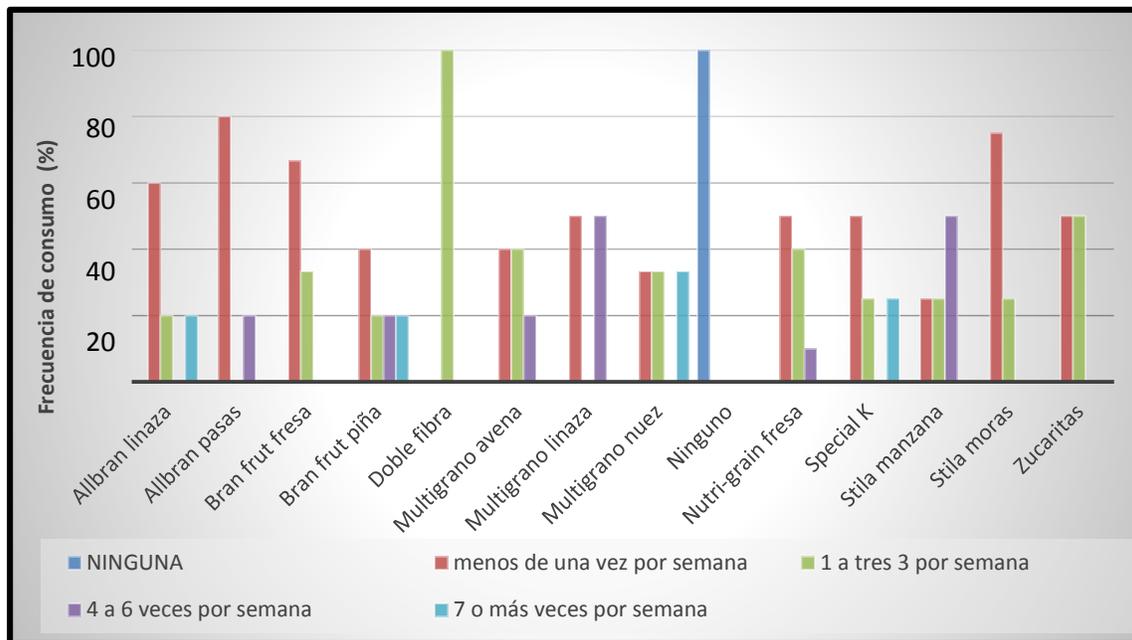


Figura 24. Tendencia en la frecuencia de consumo de barras comerciales en las dos delegaciones.

Ya que se sabe cuáles son las características de las barras y su frecuencia de consumo, se muestra la frecuencia general de consumo en las dos delegaciones (Figura 25)

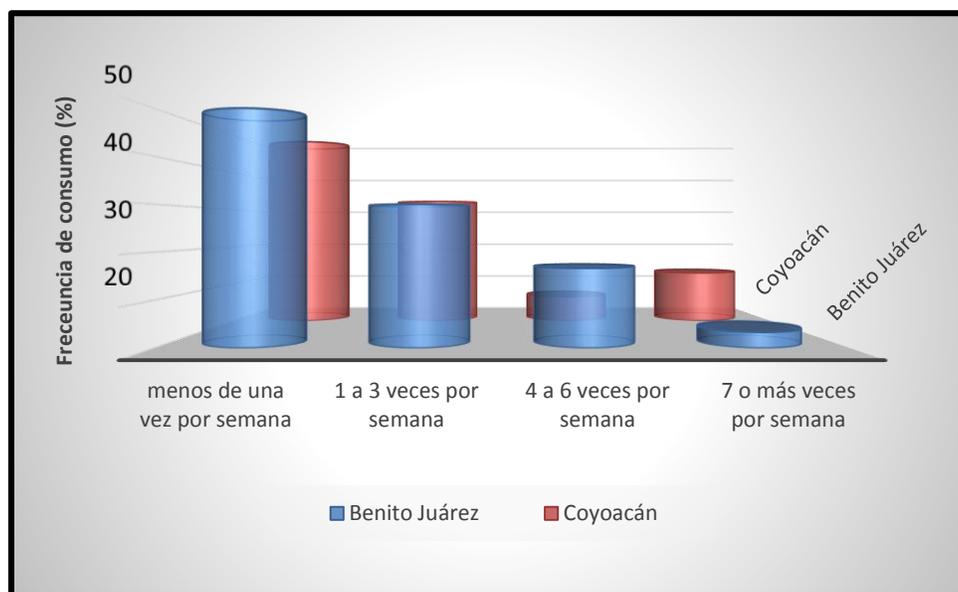


Figura 25. Tendencia en la frecuencia de consumo de barras de cereales en las delegaciones Coyoacán y Benito Juárez.



La frecuencia de consumo de barras de cereal en la delegación Benito Juárez y Coyoacán es representada en la Figura 25. En general la población consume las barras de cereal menos de una vez por semana indicando que el consumo de este tipo de productos es bajo.

Para seguir describiendo los hábitos alimenticios de estas dos delegaciones se presentan los resultados del consumo de nopal observando los resultados en la Figura 26.

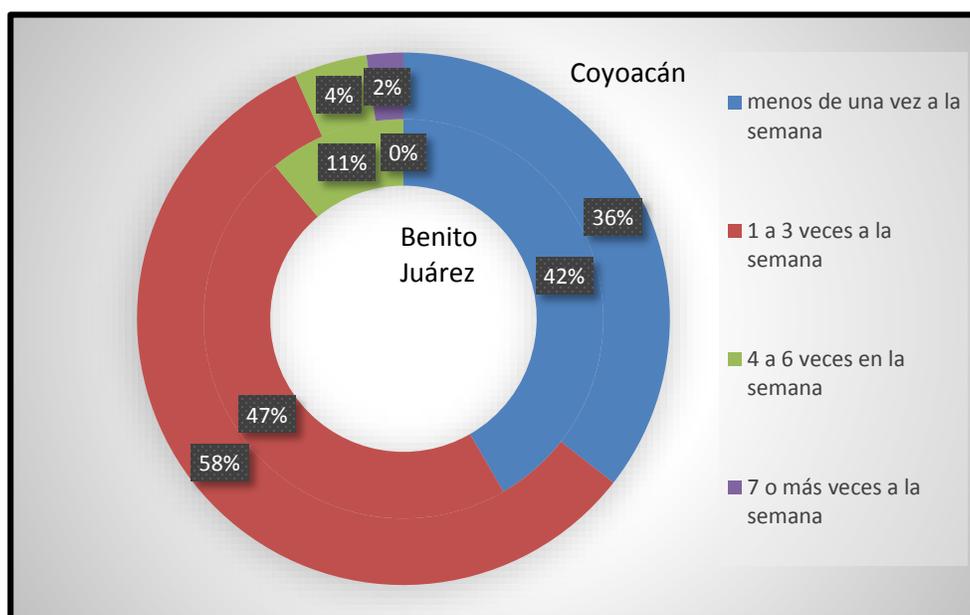


Figura 26. Frecuencia de consumo de nopal en las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán.

La Figura 26 ilustra la frecuencia de consumo de nopal en la delegación Coyoacán y Benito Juárez, por lo que la delegación Coyoacán tuvo sólo un 2% de consumo de nopal con una frecuencia de 7 o más veces por semana, mientras que en la delegación Benito Juárez esta frecuencia fue nula. La frecuencia de consumo de nopal que tiene un mayor porcentaje tanto en la delegación Benito Juárez como en Coyoacán fue entre las personas que consumen nopal de una a tres veces por semana presentando porcentajes de 47 y 58%, respectivamente lo que indicó que este alimento aún se posiciona adentro de la dieta de estas dos delegaciones. Las personas que consumen nopal menos de una vez por semana presentaron un porcentaje del 36% para Coyoacán y 42% para Benito Juárez, porcentajes relativamente altos a la falta de consumo de esta cactácea. Esto puede ser originado por varios motivos siendo uno de ellos la falta de información de los beneficios o propiedades del nopal, para ello se postuló otra pregunta dentro de la encuesta, los resultados se muestran en la Figura 27.

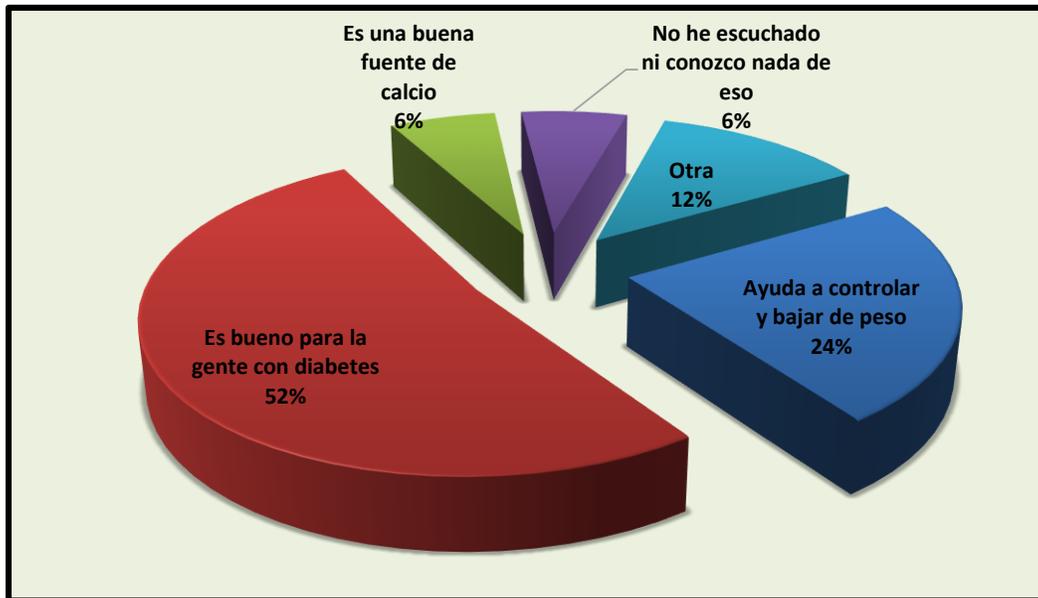


Figura 27. Conocimiento de las propiedades de nopal en personas de la delegación Benito Juárez y Coyoacán.

Debido a que se han atribuido muchos beneficios al nopal, el 52% de las personas respondieron que tenían el conocimiento que les ayuda a controlar la diabetes siendo mayoritariamente la población diabética la que cuenta con esta información, mientras que el 24% de la población general le atribuían al nopal la funcionalidad de poder ayudarles a bajar de peso. Tan sólo el 6% de la población no tenía conocimiento de alguna funcionalidad del nopal. Cabe señalar que muchas de las personas habían escuchado hablar no sólo de uno de los beneficios que trae el nopal a la salud. Ya que se cuenta con esta información, se procedió a conocer la posible aceptación de la barra de nopal y cereales, por lo que la figura 28 muestra el porcentaje de la posible aceptación del producto propuesto (barritas de nopal con cereales). La posible aceptación fue elevada, obteniendo en promedio un 51%, siendo la delegación Benito Juárez la que alcanzó un porcentaje más alto con un 55% mientras que la población de Coyoacán sólo el 46% de las personas encuestadas las consumiría, en consecuencia se puede definir que su demanda será muy similar entre cada delegación. Las personas que contestaron “probablemente las consumiría” fueron ligeramente menos alcanzando porcentajes de 30% en Benito Juárez y un 44% en Coyoacán, mientras que las personas que contestaron que definitivamente no la consumirían representaron los promedios más bajos. Por lo anterior se puede afirmar que el porcentaje de la posible aceptación del producto en



estas delegaciones es mayor que el porcentaje de personas que rechazarían el producto. En tanto las personas que posiblemente consumirían la barra de nopal su decisión estará dependiendo de las características, atributos y calidad de la barra.

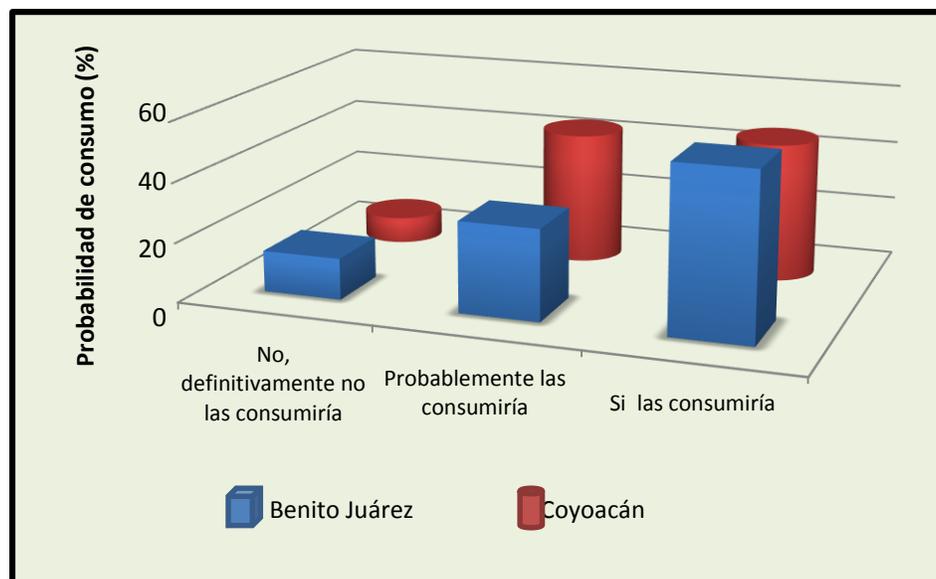


Figura 28. Probabilidad de consumo de barras de nopal y cereales bajas en calorías en las delegaciones Coyoacán y Benito Juárez.

Así, tal como indica la Figura 29, la suma de los porcentajes de cada rango de edades de las personas que estarían dispuestas a consumir barras de nopal con cereales bajas en calorías, mostro que el mayor porcentaje de personas que consumirían este producto fueron personas que presentaron de 46 a 60 años seguida del rango de 61 a 75 años. Estos se puede deber a que las personas que están entre estas edades les interesa más consumir productos benéficos para su salud, sin importarles mucho otros factores. Con respecto a las personas que posiblemente las consumirían, las poblaciones que presentaron mayor porcentaje fueron las personas de entre 15 a 30 años y de 76 a 90 años, debido a que se observó que ese sector de la población tienen una tendencia de compra, la cual está influenciada por otros factores ya sean de tipo gustativo o económico, en consecuencia contestaron que probablemente las consumirían. En la segmentación de la población por edades se puede concluir que también existe una buena aceptación del producto aunque se debe poner mucha atención a otros tipos de factores determinantes para la aceptación.

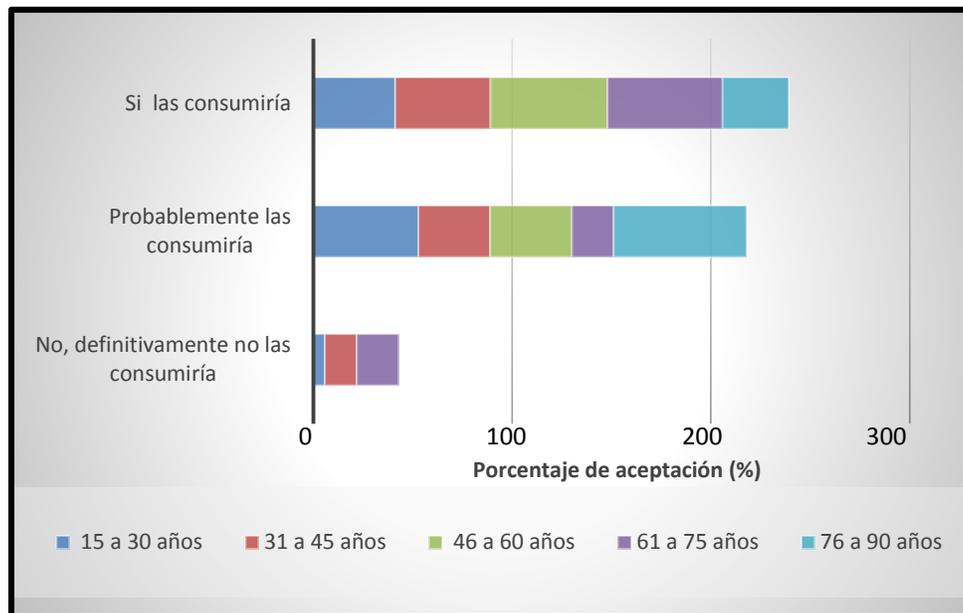


Figura 29. Probabilidad de consumo de barras de nopal y cereales clasificado por edades.

La Figura 30 muestra la respuesta a la aceptación que tendría las barras de nopal con cereales bajas en calorías en la población diabética y no diabética. Como se puede apreciar existe una inclinación por la aceptación del producto ya que un 46% de la población diabética estarían dispuestos a consumir el producto, mientras que tan sólo el 7% de la misma población no consumiría el producto. El resto de la población contestó que probablemente lo consumirían dependiendo de algunos factores como el costo, el sabor, la cantidad y calidad del producto. En la población libre de este padecimiento se observó inclusive un porcentaje mayor de aceptación (52%) que la población diabética (47%), aunque también presentó mayor porcentaje de rechazo (12%).

Se puede concluir que la suma de las dos poblaciones, tanto diabéticos como personas sanas, tendrían un mayor porcentaje de aceptación al producto. Con estos resultados se puede describir una posible demanda de una población en particular, siendo la población que sufre de diabetes mellitus un importante mercado al cual dirigir las barras de nopal con cereales.

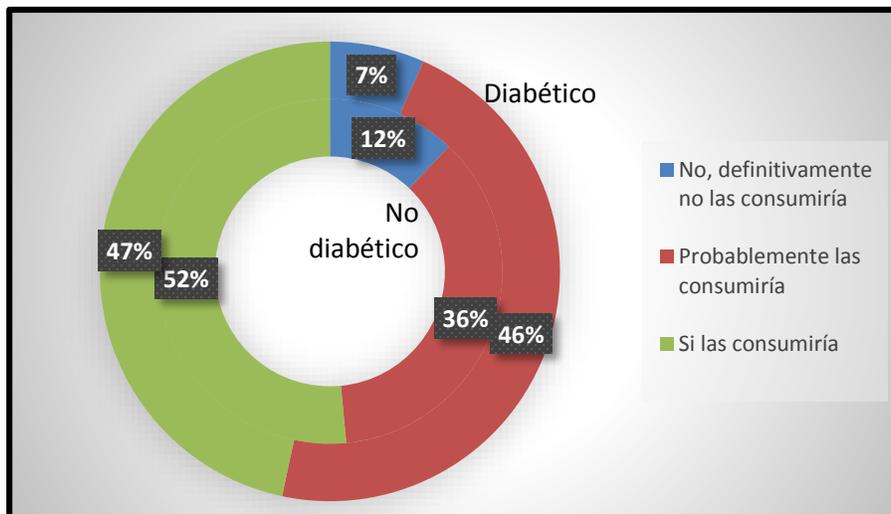


Figura 30. Tendencia de consumo de la barras de nopal y cereales en relación a su estado de salud.

La aceptación total que tendría las barras de nopal y cereales en las dos delegaciones descritas se ilustra en la Figura 31.

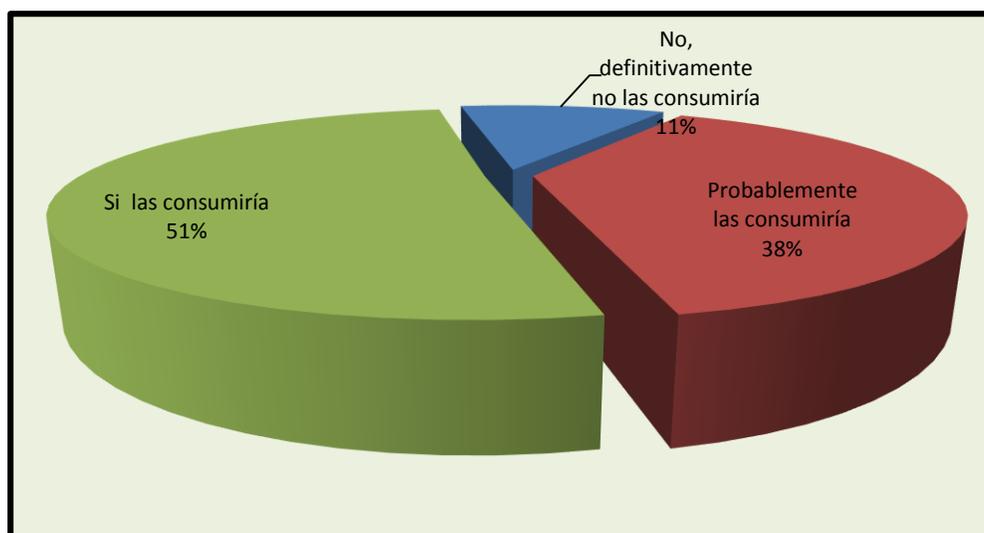


Figura 31. Tendencia de consumo de la barras de nopal con cereales en la población total estudiada.

El porcentaje de personas que afirma que sí consumiría la barra de nopal y cereales de estas delegaciones se posicionaron en un 51%, por lo que se estableció la viabilidad del desarrollo y distribución de la barra de nopal y cereales en estas zonas, ya que el porcentaje de personas que definitivamente no consumirían es relativamente pequeño (11%). El porcentaje de personas que probablemente consumirían las barras se encuentra en un 38%, de aquí que es



de vital importancia cuidar otros factores determinantes que influyen en la aceptación de la barra como son las propiedades organolépticas, cantidad de barra por porción, precio de la barra, etc.

Finalmente, la Figura 32 muestra gráficamente la tendencia del costo que estaría dispuesta a pagar la población que consumirían o que posiblemente consumirían el producto. Se puede observar que la mayoría de las personas estarían dispuestas a pagar el menor precio que se encontró en las respuestas formuladas en la pregunta anterior. Ya que el precio de la barra es un factor de gran influencia para el consumo del producto es un reto el poder ofrecer un producto de buena calidad nutricional, sensorialmente aceptable y de bajo costo.

Para la realización del estudio de mercado se empezó por conocer los hábitos alimenticios de la población objetivo, y se encontró que si existe una tendencia en buscar alimentos ricos en fibra o bajos en calorías, ya que la mayoría de las personas asocian estos alimentos como saludables. En general se puede mostrar que las personas que tienen una edad de un rango aproximado de 41 a 60 años tienden a buscar más estos alimentos posiblemente la necesidad de cuidar su salud.

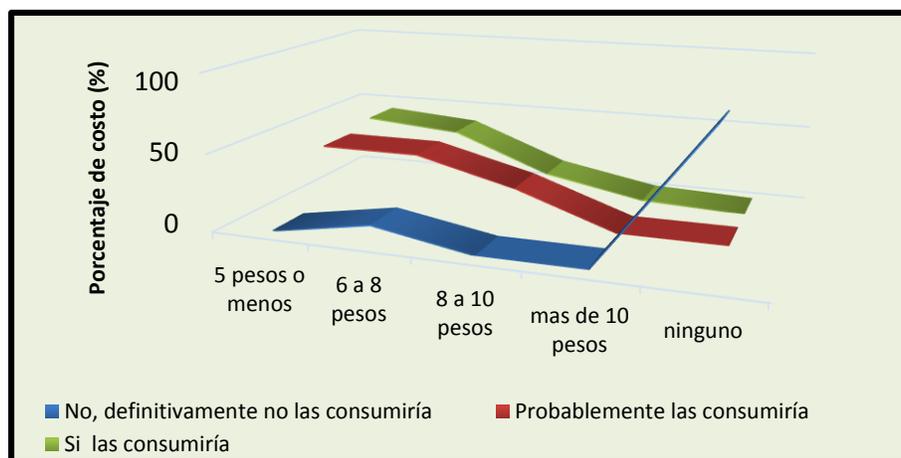


Figura 32. Tendencia de los precios estaría dispuesta a pagar por una barra de cereales y nopal.

Aunque el consumo semanal de barras de cereales no fue alto, se encuentra un consumo importante de este alimento. El principal motivo de consumo de las barras por parte de los encuestados es principalmente por ser un producto muy práctico para comer, y por la opción que ofrece de mantener una buena alimentación y poder consumirlos como colación entre comidas formales. El nivel socioeconómico es uno de los factores más importantes para el



consumo de las barras. Camelo (2010) muestra una lista de productos que se tienen en casa de personas con distintos niveles socioeconómicos, siendo las despensas de personas con nivel socioeconómico alto de 36 a 45 años las que tienen 4 barras de cereales, mientras en niveles socioeconómicos bajos no cuentan con este alimento en su despensa. Aunque en los niveles bajos no tengan este producto, no quiere decir que no lo consuman, solamente que no lo hacen con la misma frecuencia que las personas con nivel socioeconómico alto.

El consumo de nopal en estas delegaciones se hace presente y con una buena frecuencia ya que las personas están acostumbradas a consumirlo en platillos, guisos tradicionales o como guarnición de platillos callejeros (tacos) en la hora de la comida. Se observó que aún existe una cultura en el consumo de nopal y la gente cuenta con el conocimiento de algunos beneficios que trae su ingesta, es factible el uso del mismo para la elaboración de las barras de nopal y cereal. Correspondiendo a lo mencionado anteriormente se encuentra un porcentaje arriba del 50% de personas que consumirían las barras de nopal, siendo las personas con edades mayores a 40 años las que presentaron mayor preferencia a su consumo en tanto las personas sanas tienen inclinación a consumir la barra de nopal. Para las poblaciones que posiblemente lo consumirían es importante el control de los factores que podrían afectar a esta decisión siendo de gran importancia el costo del producto, ya que como era de esperarse las personas siempre preferirán pagar menos por un producto de calidad sensorial y nutricional adecuada (Camelo, 2010).

5.1.3 Encuestas de campo realizadas para determinar la oferta del producto.

Para estimar la oferta que existe en las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán, se analizaron los datos obtenidos en las encuestas de campo diseñadas para los establecimientos que tengan el giro de ofrecer productos naturistas a esta población. Para saber cuáles son los productos similares al desarrollado en el estudio, se preguntó cuáles de los siguientes productos tienen en venta.

La Figura 33 muestra la oferta en las delegaciones objetivo de los productos a base de nopal. Se aprecia que el 55% de las tiendas ofrecen al público cápsulas de nopal, mientras que tan sólo un 9% de estas empresas comerciales ofrecen al público barras energéticas o bajas en



calorías. Los datos muestran la tendencia del mercado hacia los productos de nopal como suplemento alimenticio. Es importante mencionar que no todos los establecimientos cuentan con los productos señalados como es el caso de la empresa productos politécnico en la cual podemos encontrar: nopal en polvo con sus diferentes presentaciones, cápsulas de nopal, productos de panificación o nixtamalizados con harina de nopal, y barras energéticas o bajas en calorías, mientras que en la tienda Nutrimundo S.A. de C.V. solo se encuentran productos de panificación o nixtamalizados con harina de nopal. Nutrisa, siendo una de las cadenas más grandes en el giro de productos saludables y suplementos alimenticios ofrece al público las cuatro categorías mencionadas anteriormente

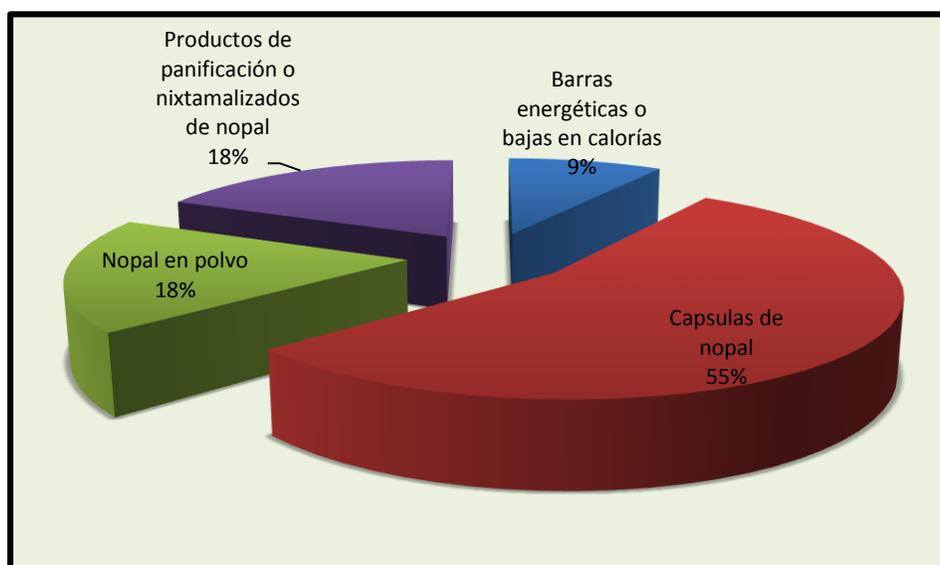


Figura 33. Productos a base de nopal disponibles en las tiendas naturistas de las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán.

Una vez conociendo los productos ofertados en las delegaciones Coyoacán y Benito Juárez, es importante conocer la frecuencia de la venta de estos productos. La Figura 34 muestra el porcentaje de venta de los productos anteriores en la delegación Coyoacán.

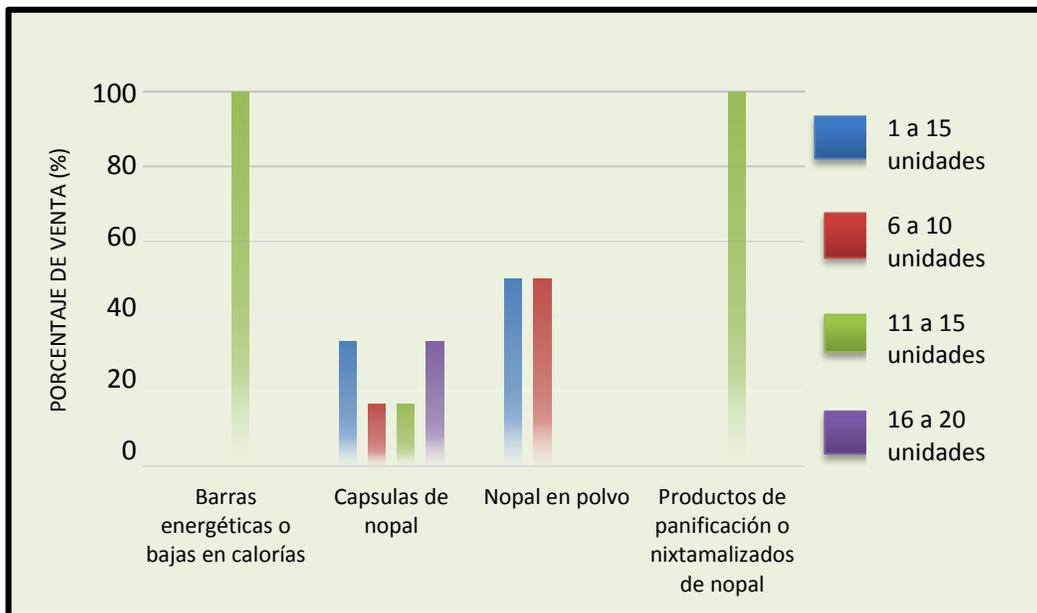


Figura 34. Frecuencia de venta de los productos de nopal en la delegación Coyoacán.

Para ilustrar la venta de los productos derivados del nopal en la delegación Benito Juárez se muestra la Figura 35.

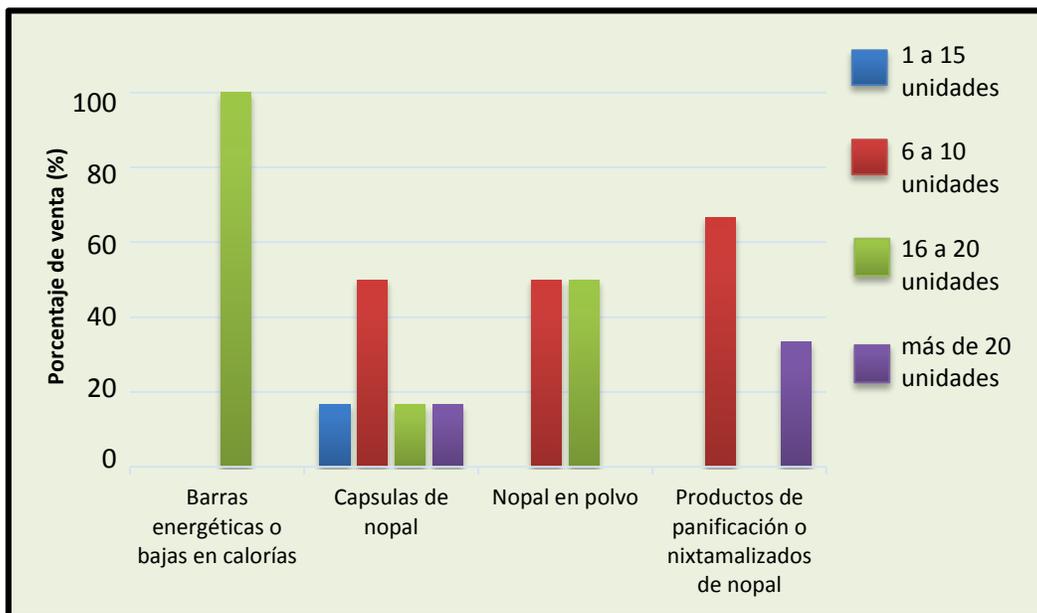


Figura 35. Frecuencia de venta de los productos de nopal en la delegación Benito Juárez.

En las Figuras 34 y 35 se muestra la frecuencia de venta de los productos mencionados en las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán en donde se puede apreciar que el producto de nopal procesado que se vende mayoritariamente en todas las tiendas son las cápsulas de



nopal, las cuales tienen diferentes frecuencias de consumo en la mayoría de los establecimientos. Con respecto a las barras energéticas o bajas en calorías se encontró una oferta alta, aunque son pocos los establecimientos ofrecen esta clase de productos. En cuestión a los productos de panificación o nixtamalizados con harina de nopal se observa una importante frecuencia de venta. Los establecimientos dentro de la delegación Coyoacán venden aproximadamente de 11 a 15 unidades de productos como tortillas de maíz con harina de nopal, o pan adicionado con harina de nopal mientras que los establecimientos dentro de la delegación Benito Juárez muestran una mayor frecuencia de ventas ya que el 33.3% de las tiendas tienen una frecuencia de venta de aproximadamente 20 unidades o más de este producto, siendo uno de los productos más vendidos son las tortillas adicionadas con harina de nopal. Los productos más ofertados y vendidos en las dos delegaciones fueron las cápsulas de nopal, ya que éstas se encontraron en todas las tiendas naturistas encuestadas. Ya que no existe una gran oferta de barras de cereales o combinadas con harina de nopal, se puede concluir que la distribución de este producto en diferentes tiendas con este giro, es una opción palpable para aumentar la oferta de estos productos.

Por último se definieron los posibles canales de distribución de la barrita con una pregunta formulada en el cuestionario, que ilustra la Figura 36. El 82% de los establecimientos en los que fueron aplicadas las encuestas están interesados en ofrecer la barra de nopal y cereales en su local. Tan sólo la empresa “Productos Politécnico” no está interesada en ofrecer la barra propuesta, debido a que son una empresa manufacturera y comercial y solo distribuyen sus propios productos.

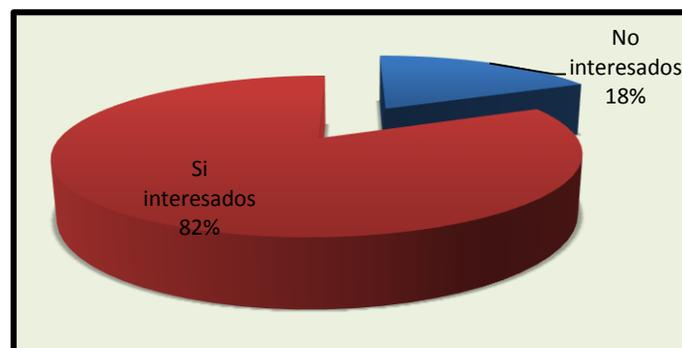


Figura 36. Porcentaje de tiendas comerciales que estarían interesados en ofrecer las barras de nopal y cereales.



5.1.4 Estimación de la demanda

Se tomaron en cuenta los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas siendo el porcentaje de la aceptación de la barra, el indicativo para tomar parte a los cálculos que se resumen en la Tabla 22.

Tabla 22. Cálculo de la demanda general y por delegaciones

N° de habitantes Coyoacán y Benito Juárez	% aceptación general	Aceptación general del producto	% aceptación de Benito Juárez	Aceptación del producto en Benito Juárez	% aceptación en Coyoacán	Aceptación del producto en Coyoacán
710, 876 habitantes de 15 años en adelante	51%	362, 546 personas	55.56 %	199,400 personas	46.67%	166, 771 personas

Fuente: Elaboración propia con datos del estudio de mercado e INEGI del año 2010.

Conociendo la frecuencia de consumo de barras de cereales en las delegaciones antes mencionadas y tomando como número la mitad del rango de consumo se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 23).

Tabla 23. Frecuencia de consumo de barritas en la delegación Benito Juárez.

N° personas que aceptan el producto	frecuencia	Porcentaje (%)	Personas totales*	Unidades totales
199,400.71	No consumen	16.67	33, 240.0984 * 0	0
199,400.71	Menos de 1 vez por semana	41.67	83, 090.27 * 0.5	41,545.13
199,400.71	De 1 a 3 veces por semana	25.0	49,850.17 * 1.5	74,775.26
199,400.71	De 4 a 6 veces por semana	13.89	27,696.75* 5	138, 438.79
199, 400.71	De 7 o más veces por semana	2.78	5,543.33 * 7	38, 803.37

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI del año 2010.

* multiplicado por la media de la frecuencia de consumo

En la delegación Benito Juárez la demanda fue de aproximadamente 293, 607.5 unidades a la semana.



Para realizar el cálculo en la delegación Coyoacán se siguió el mismo procedimiento el cual se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. Frecuencia de consumo de barras en la delegación Coyoacán.

N° personas que aceptan el producto	Frecuencia	Porcentaje (%)	Personas totales *	Unidades totales
166,771.50	No consumen	31.11	51,882.61	0
166,771.50	Menos de 1 vez por semana	33.33	55,584.94	27,792.47
166,771.50	De una a 3 veces por semana	22.22	37,056.62	55,584.94
166,771.50	De 3 a 6 veces por semana	4.44	7,337.94	36,689.73
166,771.50	Más de 7 veces por semana	8.89	14,825.98	103,781.90

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI del año 2010.

* multiplicado por la media de la frecuencia de consumo

En la delegación Coyoacán la demanda fue de aproximadamente 223, 849.046 unidades a la semana.

5.1.5 Estimación de la oferta.

Para calcular la oferta de productos similares que existe en las delegaciones Coyoacán y Benito Juárez se analizaron los datos de las encuestas a las tiendas naturistas de la región. En este caso se torna difícil el cálculo de tamaño de muestra puesto que no se sabe exactamente cuántas tiendas se dedican a este giro. El tamaño de muestra fue la suma de todas las tiendas registradas en la Sección Amarilla en el año 2010 de esa región. Se partió de la siguiente información:

- Tiendas naturistas en la delegación Benito Juárez: 36
- Tiendas naturistas en la delegación Coyoacán: 52

Para calcular la oferta que existen de los productos similares a la barra de nopal deshidratado y cereales, se tomó en cuenta los datos obtenidos de los productos alimenticios como las barras energéticas o bajas en calorías y los productos de panificación o nixtamalizados



adicionados con harina de nopal por lo que la oferta de la delegación Benito Juárez se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25. Frecuencia de venta de barras energéticas o bajas en calorías y productos de panificación o nixtamalizados adicionados con harina de nopal en la delegación Benito Juárez.

Tiendas registradas	Tipo de producto	Frecuencia (semanal)	Porcentaje obtenido (%)	Total de productos vendidos
36	Barras energéticas o bajas en calorías	16 a 20 unidades	100	630
36	Productos de panificación o nixtamalizados adicionados con harina de nopal	6 a 10 unidades	66.6	179.8
36	Productos de panificación o nixtamalizados de nopal	Más de 20 unidades	33.3	239.76

Fuente: Elaboración propia con datos de Sección Amarilla en el año 2010.

La Tabla 25 muestra la frecuencia de venta de los productos mencionados por lo que se tomó la media de cada una de las frecuencias de consumo de los productos para realizar el cálculo. Ya que se tomaran en cuenta estos productos para el cálculo de la oferta tenemos que: La delegación Benito Juárez oferta 1049.56 barras de cereales bajas energéticas o bajas en calorías y productos de panificación o nixtamalizados adicionado con harina de nopal a la semana.

Para la delegación Coyoacán se realizó el mismo procedimiento y en la Tabla 26 se muestran las frecuencias de venta de este tipo de producto.

Tabla 26. Frecuencia de venta de barras energéticas o bajas en calorías y productos de panificación o nixtamalizados adicionados con harina de nopal en la delegación Coyoacán

Tiendas registradas	Tipo de producto	Frecuencia (semanal)	Porcentaje (%)	Total de productos vendidos
52	Barras energéticas o bajas en calorías	11 a 15 productos	100	650
52	Productos de panificación adicionados con harina de nopal	11 a 15 productos	100	650

Fuente: Elaboración propia con datos de Sección Amarilla del año 2010.



En la delegación Coyoacán se oferta 1300 barras energéticas o bajas en calorías y productos de panificación o nixtamalizados adicionados con harina de nopal

5.1.6 Estimación de la demanda insatisfecha.

Para conocer la demanda insatisfecha de barras de cereales, únicamente se restó la oferta de barritas, a la demanda de las personas de la misma delegación (Tabla 27).

Tabla 27. Cálculo de la demanda insatisfecha en las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán.

Delegación	Demanda (unidades a la semana)	Oferta (unidades a la semana)	Demanda insatisfecha (unidades a la semana)
Benito Juárez	293,607.5	1049.56	292,557.9
Coyoacán	223,849.0	1300	222,549.0

Como se puede observar la demanda insatisfecha de las dos delegaciones presenta un número importante de unidades a la semana, y cumple con el objetivo de cuantificar la necesidad identificada por el proyecto en las unidades deseadas y en el tiempo estipulado (Andía, 2011).

5.2 Desarrollo de barra de nopal, avena, arándano y amaranto baja en azúcares.

5.2.1 Caracterización de nopal por tamaños.

El nopal obtenido previamente seleccionado, descartando los cladodios dañados o enfermos, fue clasificado según el tamaño de las pencas. Los resultados se muestran en la Figura 37.

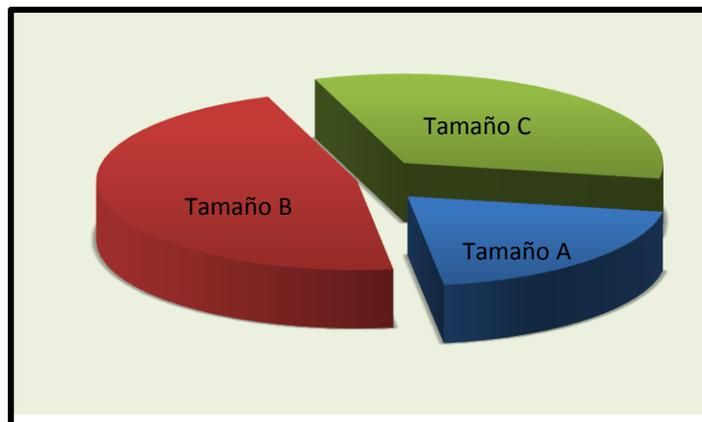


Figura 37. Distribución de tamaños de nopal *Opuntia ficus indica*.

En la Figura 37 se muestra la distribución del nopal *Opuntia ficus indica* según su tamaño lo que nos indica una distribución muy heterogénea. El tamaño predominante fue el tamaño B (18.1 a 25 cm) con un porcentaje del 46%, mientras que el tamaño que se hizo menos presente fue el A (≥ 25.1 cm).

5.2.2 Rendimientos de secado.

Los rendimientos se obtuvieron del nopal deshidratado escaldado y sin escaldar, pesando la cantidad de nopal fresco que entra al horno y la cantidad de nopal seco en su forma granular. Los rendimientos que obtuvo en nopal deshidratado en su forma granular se muestran en la Figura 38.

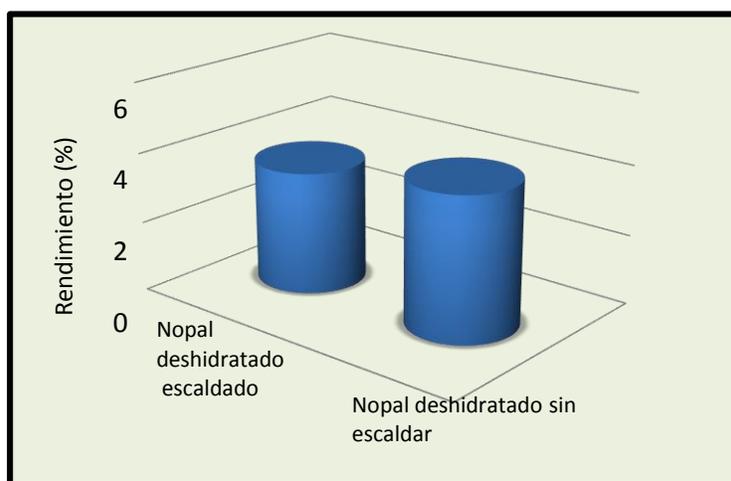


Figura 38. Rendimientos de nopal deshidratado escaldado y sin escaldar.



El cladodio del nopal de aproximadamente un año de edad presentó un contenido de agua del 94.33% lo que genera que los rendimientos del proceso sean bajos. El porcentaje restante pudo haber sido perdido en la reducción de tamaño por el tipo de molino utilizado. También se aprecia una diferencia entre el nopal deshidratado escaldado y sin escaldar, ya que el segundo tiene un rendimiento poco más bajo probablemente a la pérdida de mucílago durante el escaldado lo que genera esa disminución en el rendimiento (Guzmán & Chávez, 2007).

5.2.3 Análisis sensorial de barra de nopal, amaranto avena y arándano. Prueba de aceptabilidad por atributos.

Los resultados del análisis sensorial muestran la aceptación de las diferentes formulaciones estuvo en función de la apariencia, sabor, firmeza, crocancia y adhesividad de las distintas barras. En una primera instancia el análisis estadístico mostró que no existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) si se emplea nopal deshidratado escaldado (NDE) o nopal deshidratado sin escaldar (NDSE) en los atributos de apariencia, sabor, firmeza, crocancia, adhesividad ni en la aceptación de la barra (Figura 39).

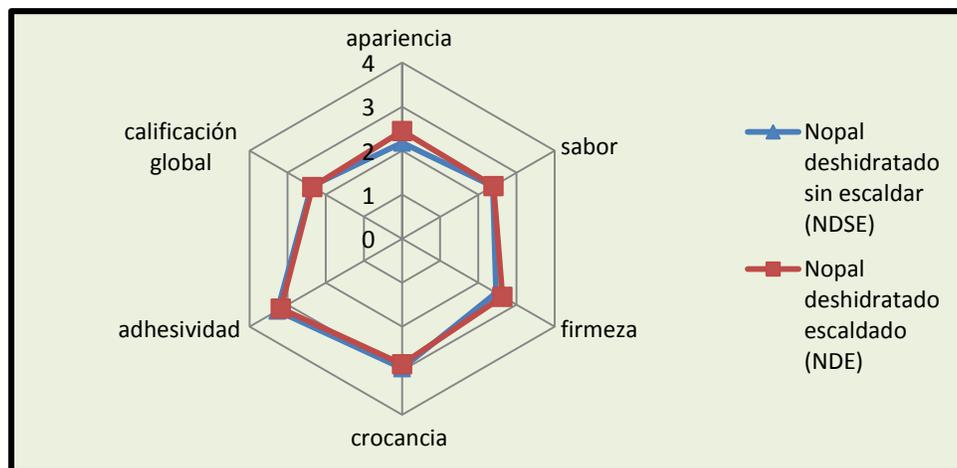


Figura 39. Influencia del proceso sobre los atributos de la barra de nopal con cereales.

Según los datos obtenidos por los panelistas no existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en ninguno de los atributos sensoriales en la barra si ésta se elabora con nopal deshidratado escaldado sin escaldar. Sin tomar en cuenta la interacción de las otras variables, las barras tienen una buena aceptación con cualquiera de los dos procesos, ya que el promedio de la calificación que le dieron los panelistas se encuentra cerca del “me gusta” y en consecuencia



se tiene una buena aceptación sin importar si se realizaron con nopal deshidratado escaldado o sin escaldar.

Para conocer el efecto que tiene el mucílago deshidratado y el nopal deshidratado sobre los atributos se realizaron las siguientes comparaciones sin tomar en cuenta el proceso de elaboración (Figura 40).

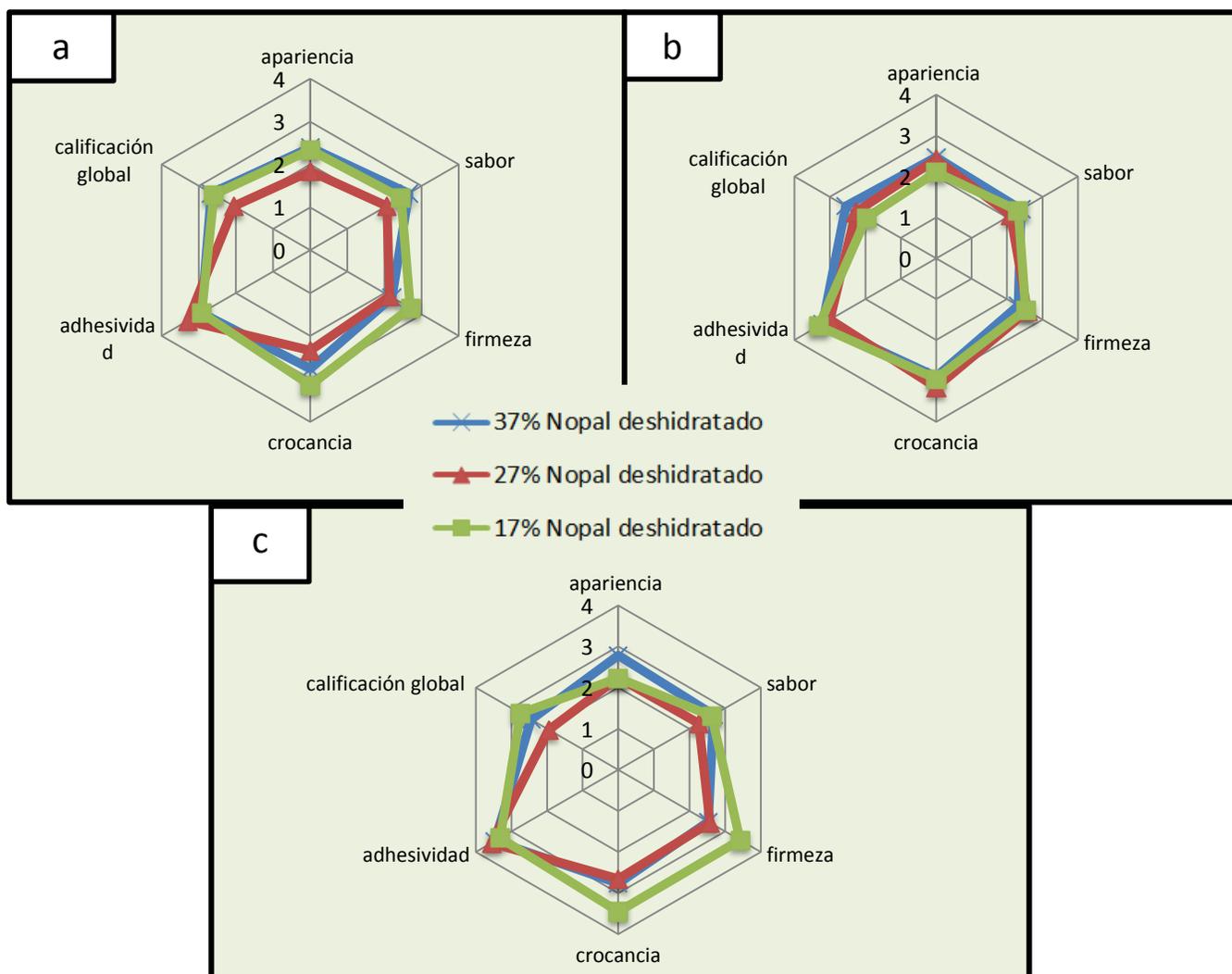


Figura 40. Efecto de la concentración de nopal en cada una de las concentraciones de mucilago. a) 5%, b) 8% y c) 2%.

El análisis sensorial realizado para las tres concentraciones de mucílago de nopal en la solución aglomerante, y los cambios que generan en sus atributos con diferentes concentraciones de nopal deshidratado se muestran en la Figura 40. Ramírez–Rivera *et al.*



(2011) sugiere el empleo de procedimientos rápidos como flash profiling para este tipo de estudios en donde se desarrollan nuevos productos y no se cuenta con un número significativo de panelistas, sin embargo en su estudio de caracterización sensorial y análisis de las preferencias de los consumidores de frituras tipo chips de malanga (*Colocasia esculenta*) demuestra una buena correlación ($R=0.968$) entre un análisis descriptivo cuantitativo (análisis de varianza) y el procedimiento flash profiling evaluado con el índice de consenso Rc.

Por tanto, se observa que las barras elaboradas con la solución aglomerante de una concentración del 5% mucílago tuvo 12% mayor agrado con los panelistas en apariencia con respecto a la barra que se realizó con una solución aglomerante de una concentración del 8% mucílago, mientras que la barra que se realizó con la solución aglomerante del 2% mucílago, tuvo un desagrado del 9% en la apariencia con relación a la barra que se realizó con la solución aglomerante del 5% mucílago; en consecuencia existió diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre cada una de las concentraciones de mucílago empleadas en la solución aglomerante con la que se elaboraron las barras, siendo la cantidad del 5% de mucílago de la solución aglomerante la que presentó una mejor calificación en cuanto a la apariencia. En cuanto a las barras que fueron elaborada con una concentración del 27% nopal, tuvieron 2% mayor agrado visual con respecto a las barras elaborada con 37% nopal y también un 15% de mayor agrado visual con respecto a las barras elaboradas con un 17% nopal deshidratado, por lo que en ambos casos existió diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en la apariencia de las barras siendo la concentración de nopal del 27% la mejor calificada.

En las tres concentraciones de mucílago de la solución aglomerante no se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto al sabor. La concentración del 27% de nopal deshidratado presentó 16% mejor puntuación que la concentración de 37% de nopal y 12% mejor calificación que la de 17% en términos de sabor, habiendo presentado diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en las tres diferentes concentraciones de nopal deshidratado, siendo la de mayor agrado al paladar la de 17%.

La barra elaborada con una solución aglutinante de una concentración del 5% de mucílago tuvo 15 y 17% más firmeza que las elaboradas al 8 y 2%, respectivamente, encontrándose



diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en este atributo por efecto de la concentración empleada de mucílago como aglutinante, siendo la concentración del 5% la que provocó una mayor firmeza al producto. Con respecto a las barras que fueron elaboradas con 27% nopal, tuvieron 15% menos firmeza que las barras que fueron elaboradas con 17% nopal, y esto generó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en la firmeza la barra.

Una concentración de 17% nopal deshidratado empleada en las barras disminuyó 12% la crocancia con respecto a las otras dos barras elaboradas con 27 y 37% de nopal, presentando diferencia significativa ($P \leq 0.05$), siendo estas barritas más crocantes según la calificación de los panelistas.

Finalmente se encuentra que ninguna de las concentraciones de mucílago de nopal en la solución aglomerante empleada en las barras causó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en la aceptación de las mismas. En cuanto al contenido de nopal deshidratado se encontró un 18% más aceptación en la concentración del 27% con respecto a la concentración del 37% de nopal deshidratado, mientras tanto la concentración de 17% nopal tuvo 14% menor aceptación con respecto a la barra con una concentración del 27% nopal, siendo la barra elaborada con 27% nopal la que tuvo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con las otras dos concentraciones, por lo fue la más aceptada por los panelistas.

Los resultados mostrados contrastan con otros estudios como es el caso de lo reportado por Castillo *et al.* (2013) quienes formularon galletas o tapas de alfajores sustituidos con una mezcla de harina de trigo–nopal en proporciones de 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30 respectivamente, en donde el análisis sensorial mostró que la proporción de 90:10 fue la que tuvo más aceptación en comparación con las proporciones de 85:15 y 80:20, mientras que el estudio realizado por González *et al.* (2011) en el cual elaboró mermelada de nopal baja en calorías, demostró en su análisis sensorial que la mermelada elaborada con la formulación de menor contenido de nopal fue la que tuvo mayor aceptación. Esto contrasta con los valores que se obtuvieron de la barra de nopal, ya que este proyecto, la concentración de 27% nopal deshidratado en la barra de cereal, tuvo la mejor calificación en la aceptación por los panelistas y pudo deberse a que en este caso, en comparación con muchos productos elaborados con la adición o sustitución del nopal, la viscosidad propia del nopal, no influyó



en las características sensoriales del producto, mientras que la crocancia que presentó la barra debido a la concentración de nopal fue agradable o la esperada para esta clase de producto.

Aunque estos estudios utilizaron diferentes metodos para determinar los atributos sensoriales, se hacen cita unicamente de modo comparativo con la aceptacion general de los distintos productos elaborados con esta cactacea.

Por lo mencionado anteriormente se seleccionó como la mejor formulación aquella que contiene 27% nopal deshidratado, mientras que la solución aglomerante que se empleo fue aquella con una concentración de 2% mucílago. Esto fue determinado ya que ninguna de las tres concentraciones de mucílago influyó significativamente a la aceptación del la barra, y la utilización de una cantidad mayor de mucílago deshidratado aumentaría los costos de producción de la barra y generaría un cuello de botella en la producción de la barra debido a la complejidad en la obtencion de este polisacárido.

5.3 Análisis químico proximal de la barra

5.3.1 Caracterización química de la barra de nopal y cereales.

La caracterización química de la barra se llevó a cabo tanto para la barra elaborada con nopal deshidratado escaldado (NDE), como para la barra con nopal deshidratado sin escaldar (NDSE). En la Tabla 28 se muestran los datos obtenidos para cada parámetro evaluado.

Tabla 28. Análisis químico proximal de las barritas elaboradas con nopal deshidratado escaldado y sin escaldar

Parámetro	Barra de nopal deshidratado escaldado (%)	Barra nopal deshidratado sin escaldar (%)
Humedad	6.7± 0.24a	8.5± 0.16b
Proteína*	7.2± 1.29a	6.8± 0.65a
Azúcares	11.8± 0.70a	10.2± 0.86a
Grasas	3.5± 0.29a	3.0± 0.59a
Cenizas	3.9± 0.24a	6.2± 0.52b
Fibra dietética	21.3± 0.02a	28.0± 5.06a

*(Valor Fc=6.25). Los valores representan la media de las determinaciones ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra en cada fila, difieren significativamente ($p \leq 0.05$).



Debido a que el escaldado es un tratamiento térmico de tiempo corto, aplicado a frutas y hortalizas con la principal finalidad de inhibir las reacciones enzimáticas como son las oxidativas, también presenta serias desventajas como son la degradación de pigmentos y la pérdida de sólidos solubles propios del alimento, quedando éstos en el agua de escalde utilizada para llevar a cabo esta operación. Por esta razón se puede observar que existe una disminución de fibra dietética de la barra elaborada con nopal escaldado, la cual no presenta diferencia significativa ($p \geq 0.05$) con respecto a la barra elaborada con nopal sin escaldar. Esta disminución se pudo atribuir a la cantidad de fibra dietética que aporta el nopal y su fracción de fibra soluble que es lixiviada en el proceso de escaldado (Shafiur, 2003).

En un estudio realizado por Chimborazo (2011) en el cual determinó el efecto del escaldado en las capacidades de absorción y de retención de agua de la fibra dietética de naranja, justificó el aumento de absorción de agua y retención de agua en la fibra de naranja que se sometió a una menor temperatura y tiempo de escaldado, con el daño y pérdida de la fracción de fibra dietética soluble, ya que esta emigró hacia el agua de escalde.

El contenido de humedad fue mayor en las barras de nopal deshidratado sin escaldar que el nopal deshidratado escaldado por lo que existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre ellas. Esto se pudo deber a que la fibra dietética total contenida en la barra que se elaboró con nopal escaldado sufrió un daño estructural por efecto de la temperatura lo cual afectó la capacidad de retención de agua y por ende hace más fácil la difusión de agua fuera de la barra (Martínez *et al.*, 2010).

En un estudio realizado por Martínez *et al.* (2010) caracterizaron el secado de nopal escaldado y sin escaldar, y utilizaron la ecuación de Arrhenius para establecer la energía de activación que necesita el nopal para que empiece a secarse, siendo el nopal escaldado el que requirió menos energía de activación en comparación del nopal sin escaldar, ya que éste requiere menos energía para remover la humedad. También existen otros estudios en los cuales caracterizan fibra de naranja y cáscara de plátano reportan que los productos sometidos a escaldado tienen una menor capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de



absorción de agua (CAAG) debido a los daños estructurales de las moléculas por efecto de la temperatura (Alarcón *et al.*, 2013; Chimborazo, 2011).

En cuanto al contenido de cenizas se puede apreciar que la barra elaborada con nopal escaldado y sin escaldar, tiene un contenido de cenizas del 59% mayor que la barra elaborada con nopal escaldado, en consecuencia existió diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre ambas barras. Esto puede ser debido a que en el proceso de escaldado algunos minerales fueron arrastrados al agua de escalde por el daño estructural en los tejidos de la penca del nopal (Chimborazo, 2011).

La operación de escaldado en el nopal fresco mostro un impacto el contenido de fibra dietética, la capacidad de absorción y retención de agua y favoreció la solubilización y destrucción de algunos compuestos. Por lo tanto, se determinó que químicamente es favorable eliminar el escaldado para la elaboración de la barra de nopal con cereales, decisión que a su vez traería ventajas económicas, ambientales y de practicidad en el proceso, por lo tal la barra elaborada con nopal deshidratado sin escaldar fue la seleccionada como la barra que siguió en el proceso de desarrollo.

Como es de esperarse los componentes químicos de la barra variaron en gran medida dependiendo de su formulación y los tipos de cereales empleados en ellos. Existen muchos trabajos en los cuales se desarrollaron estas barras adicionadas de ingredientes poco frecuentes con el fin de aportar una funcionalidad específica a cada una de las barras.

Algunas barras de cereales son desarrolladas con materiales alimenticios poco convencionales como pseudocereales, tubérculos, productos de palmera y proteína de huevo, que son utilizados para darle valor agregado o funcionalidad a esta clase de alimentos.

En la Tabla 29 se puede observar el análisis químico proximal de algunas barras de cereales desarrolladas a nivel piloto, contrastando con la barra desarrollada en este estudio.



Tabla 29. Comparación del desarrollo de barras con cereales y otros componentes.

Componente (%)	Barra de amaranto, almendras, nuez, quinua huevo y harina de yacón (1)	Barra de maíz, arroz, avena trigo leche y ovoalbúmina (2)	Barra de avena, ajonjolí, pasas, nueces, arroz trigo y quinua (3)	Barra de avena, mani, coco, nuez y salvado de palmito (4)	Barra de avena, amaranto, arándano. Mucilago y nopal deshidratado
Humedad	13.0	9.9	8.5	3.4	8.5
Lípidos	11.5	12.6	16.4	24.2	3.0
Proteínas	17,8	15.7	5.8	8.2	6.8
Azúcares	35.6	57	63.8	53.7	10.2
Cenizas	1.8	1.4	1.9	1.0	6.2
Fibra dietaria	19.9	3.4	3.6	9.3	28.0

Fuente: Elaboracion propia con datos de: (1) Valdez *et al.* (2013); (2) Olivera *et al.*(2012); (3) Catherine, (2012); 4) Bayas, 2010

Algunas de las características químicas que más se hacen notar, es el contenido de azúcares reducido de la barra de cereales y nopal, ya que en el caso más bajo, la barra de cereales con nopal tiene aproximadamente 71% menos azúcar que la barra elaborada con harina de yacón. Por sus componentes de origen vegetal, la barra de cereales y nopal es también la más baja en su porción lipídica teniendo hasta 87.6% menos grasas que otras barras elaboradas con salvado de palmito. El componente que más contrasta en todas las demás barras es el contenido de fibra dietaria total ya que la barra de nopal y cereales tiene hasta 40% más que la barra elaborada con harina de yacón, que fue la barra que reporta un mayor contenido de fibra en su análisis químico. Debido a esta composición química, la barra de nopal y cereales puede ser, de primera instancia, un alimento el cual puede consumirse frecuentemente por personas que padecen diabetes mellitus (Secretaría de Salud del Distrito Federal, 2010).

5.3.2 Desarrollo de la etiqueta para el producto barra de nopal y cereales.

Para la realización de la propuesta de etiquetado se siguió los lineamientos marcados por la Norma Oficial Mexicana (NOM-051-SCFI/SSA1-2010) así como la ubicación y tamaño del dato cuantitativo para la declaración del contenido neto dictado en la NOM-030-SCFI-2006.



La propuesta de etiquetado se muestra en la Figura 41. Algunos de los puntos que aplicaron para la realización de la etiqueta fueron los siguientes:

- La información contenida en la etiqueta es veraz y representa el producto que se ofrece así como el nombre o denominación del producto, se utilizó elementos visuales con combinación de colores verdes claros y blancos que simboliza un producto de origen natural y fresco, mientras que el color blanco simboliza limpieza y claridad. Son utilizadas imágenes de los componentes de la barra en fresco ya que no existe ninguna confusión en el empleo de estas imágenes por el tamaño y forma del producto.
- La lista de ingredientes se llevó acabo del ingrediente mayoritario al minoritario mientras que la declaración del material aglutinante fue colocada en paréntesis. La leyenda de “este alimento puede contener gluten” fue clocado en un lugar visible así como el contenido neto, y la energía por porción. El lote y fecha de caducidad serán impresas en lugares visibles y letras negritas.
- Se indicó el lugar en el cual fue desarrollado el producto y la leyenda de “Hecho en México” en la parte inferior trasera del producto.
- Para la declaración de la información nutrimental se presentó el contenido energético en kJ y Kcal, cantidad de proteínas, cantidad de hidratos de carbono, cantidad de lípidos, cantidad fibra dietética en gramos mientras que la cantidad de sodio en miligramo. Todo esto fue indicado en una tabla con el tamaño y número de porciones por producto.
- El nombre del producto fue seleccionado con forme a sus características, siempre resaltando algún componente o funcionalidad del mismo, tratando de que el nombre sea corto y fácil de recordar. El nombre seleccionado fue “glucofitness” compuesto por “glu” que deriva de glucosa, “co” de colesterol y “fitness” de buena forma, ya que hace referencia a algunos atributos que causa el producto en el organismo.

La barra de nopal y cereales puede denominarse como un producto reducido en azúcares, ya que el producto tiene que tener por lo menos un 25% menos azúcares que los productos similares. También se puede denominar un producto reducido en calorías debido a que la



barra desarrollada en este estudio tiene un 25% menos calorías que otras barras similares encontradas en el mercado (NOM-086-SSA1-1994).

Ya que la promoción de glucofitness lleva la bandera de ser un producto natural, se omitió la adición de saborisantes y conservadores artificiales para concretar el mensaje más allá de lo natural (Clifton, 2013).



Figura 41. Propuesta de etiquetado para la barra de nopal y cereales.

La etiqueta se colocó como envase secundario el cual cubrirá el 90% del envase primario. El envase primario (interno) fue una bolsa de polietileno metalizada, ya que ofrece una excelente barrera a la humedad, al oxígeno y a la luz a lo largo de su vida útil. El etiquetado de la barra Glucofitness se muestra en la Figura 42.



Figura 42. Gucofitness (barras de avena, amaranto, arándano y nopal deshidratado sin escaldar).

5.3.3 Comparación nutrimental con otras barras del mercado.

El mercado de productos naturistas ofrece algunas barras de cereales que tienen alguna similitud en los componentes con la barra desarrollada en este estudio, por lo tanto se realizó una comparación de la información nutrimental declarada en los empaques de cada una de las barras la cual es mostrada en la Figura 43.



Figura 43. Barras de cereales existentes en el mercado de productos naturistas; a) Gucofitness; b) Barrinolas arándano; c) Slimbar; d) Barrinola café; e) Nutribar; f) Nutrisa kids.



Las barras mostradas en la Figura 43 fueron obtenidas de tiendas naturistas, ofreciendo distintos beneficios a los consumidores. La cantidad de proteínas en todas las barras es muy similar, siendo Barrinola café (d) la más alta, ya que contiene 5.3 g de proteína en 35 g de barra, mientras que barra desarrollada en este estudio (glucofitness) presentó un contenido de 2.2 g de proteína en su tamaño de porción que es de 32 gramos.

El contenido de lípidos de las barras también es muy similar encontrándose en un rango de 4 a 9.4 g, siendo la barra Barrinola arándano (b) la que contiene la mayor cantidad de lípidos. La barra Nutrisa kitds (f) con un tamaño de porción de 20 g fue la barra que declaró la menor cantidad de lípidos aunque esto se puede deber al tamaño de porción de la barra. La barra Glucofitness apenas si contiene 1 g de lípidos en su presentación de 32 g, por lo que se puede nombrar como un producto bajo en grasas ya que su contenido es menor o igual a 3 g por porción (NOM-086-SSA1-1994).

La declaración de carbohidratos disponibles en las distintas barras se encuentra en un rango que va desde los 13g en la barra Nutrisa kids con un tamaño de porción de 20g, hasta los 31g de carbohidratos en la barra slimbar con un tamaño de porción de 100g. Cabe mencionar que el contenido de carbohidratos disponibles en la barra Glucofitness con un tamaño de porción de 32g es de 15.1g, por lo que se encuentra en los rangos más bajos de carbohidratos disponibles en comparación con las otras barras. En un artículo publicado por la doctora Lifshits (2012) recomienda un consumo de 15 a 30 gramos de carbohidratos disponibles en la cena o desayuno en personas adultas con problemas de *diabetes mellitus*, en consecuencia el consumo de la barra glucofitness se cumple con lo requerido para personas con este padecimiento. De los carbohidratos disponibles en las barras, el contenido de azúcares es muy importante para este estudio teniendo que la barra Nutrisa kids es nuevamente la que presenta un menor contenido de azúcares con un valor del 7g, mientras que Slimbar contiene 11g de azúcares. La barra Glucofitness contiene tan solo 3.2g de azúcares, y esto representa una reducción del 65% en este componente con respecto a la barra Nutrisa kids. Debido a esto se puede mantener la denominación del producto como bajo en azúcares. La adición del edulcorante sucralosa con marca comercial Splenda (1.2 g/100g) esta permitida como sustituto de azúcar, por la misma norma, en una concentración que no exceda el 0.1% por lo que la adición de este edulcorante a la barra Glucofitness esta dentro del intervalo, con una



concentración del 0.01% de sucralosa por cada presentación de 32 g. La adición de estos edulcorantes como sustituto de sacarosa, glucosa o fructosa están recomendados para la prevención, tratamiento y control de la *diabetes mellitus*, por lo que el consumo de la barra Glucofitness es apropiada para este tipo de población (NOM-086-SSA1-1994; NOM-015-SSA2-2010).

El contenido de fibra dietética de las barras comerciales se encuentran en un rango de 1.6g por cada 30 g de la barra nutri bar (e), hasta 4g de fibra dietética por cada 35 gramos de barra barrinola arándano (b), la barra Glucofitness tiene un contenido de fibra dietética superior a todas las demás con un valor de 9 g por cada 32 g de barra, presentando más del doble de porcentaje de fibra dietética en comparación con la barra barrinola arándano. La Asociación Americana de Diabetes (ADA) recomienda un consumo de fibra dietética entre 20 y 35g/día y 14 g de fibra dietética por cada 1000 Kcal en pacientes diabéticos, teniendo como resultado que el consumo de una barra glucofitness aporta el 64% de fibra dietética recomendada por esta asociación y tan solo con un consumo de 78 Kcal por porción (Navarro, 2012).

5.4 Determinación de vida de anaquel de la barra Glucofitness.

Para determinar la vida de anaquel de la barra Glucofitness se utilizaron los descriptores que están sujetos a la calidad del producto. Algunos autores como Bayas (2010) consideraron la oxidación de las grasas como un descriptor crítico para este tipo de alimentos, pero ya que la barra Glucofitness es una barra con un contenido reducido en grasas (3%) se consideró que la oxidación de los lípidos no tendría influencia en la calidad de la barra. Los descriptores críticos más importantes que se utilizaron fue la presencia de contaminantes microbiológicos, por ser un alimento con bajo contenido de humedad esta propenso a crecimiento de mohos y levaduras. También se seleccionaron algunos descriptores físicos como son luminosidad, croma y tono, ya que la barra por ser elaborada con nopal sin escaldar, puede estar propensa a reacciones oxidativas lo que generaría un cambio de color y una disminución de la calidad. También existen algunos parámetros como ΔE y ΔC que orientan a visualizar los niveles de deterioro de la calidad organoléptica y nutricional de los alimentos. Ya pasando esas barreras el análisis sensorial fue una evaluación indispensable, ya que la aceptación de la barra es un



factor determinante para establecer calidad del producto y una fecha de consumo preferente en el cual se asegura las características sensoriales se encuentran en su forma original o no han cambiado significativamente con respecto al producto fresco (Manayay *et al.*, 2013; Witting, 2005).

5.4.1 Descriptor microbiológico: Determinación de coliformes totales, mesófilos aerobios, mohos y levaduras de la barra Glucofitness.

Las diluciones primarias y dos diluciones secundarias se realizaron según lo marca la (NOM-110-SSA1-1994). Estos análisis fueron realizados tanto en las barras que fueron almacenadas a 25°C como en las barras de condiciones aceleradas (45°C). En la Tabla 30 se muestran los resultados del conteo de mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos y levaduras.

Tabla 30. Conteo de mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos y levaduras de las barras sometidas a almacenamiento a 25°C y 45°C.

Días	25°C			45°C		
	mesófilos aerobios *	Coliformes totales **	Mohos y levaduras***	Mesófilos aerobios*	Coliformes totales**	Mohos y levaduras***
0	<10	<10	<10	<10	<10	<10
8	5 ⁺	<10	<10	5 ⁺	<10	22 ⁺
16	5 ⁺	<10	<10	<100	<100	<10
24	<10	<10	<10	<10	<10	5 ⁺
32	<10	<10	<10	<10	<10	<10

* UFC / g de bacterias aerobias en placa en agar nutritivo incubadas a 35 ± 2°C por 48 ± 2 h.

** No se desarrolló número de coliformes por gramo.

***UFC/ g de levaduras en agar papa dextrosa incubadas a 25 ± 1°C durante 5 días.

+ Valor estimado.

Como se observa en la Tabla 30 no existe ninguna contaminación microbiológica importante en las barras Glucofitness ya que en todos los casos los conteos fueron menores a 25 colonias en la dilución más baja. Este hecho es reforzado ya que en el día 24 y 32 tanto de la barra almacenada a 25°C, como de la barra almacenada a 45°C, no presentó crecimiento de mohos y levaduras. Estos descriptores microbiológicos no muestran ningún cambio a lo largo del



tiempo, debido a esto se puede asegurar que en 32 días de almacenamiento, el consumo de la barra Glucofitness, a estas condiciones y con este tipo de empaque, es seguro microbiológicamente y fue elaborada con buenas condiciones higiénicas y de sanidad.

Ya que no existe una Norma Oficial Mexicana que hable específicamente de las barras energéticas o dietéticas, se realizó una similitud con una galleta con relleno o cobertura, ya que sus componentes y su bajo contenido de humedad son semejantes al producto propuesto. La barra debe de tener como límite máximo 500 UFC/g de mesófilos aerobios, 20 UFC/g de coliformes totales y 50 UFC/ g de mohos y levaduras. El contenido de coliformes de la barra Glucofitness, se reporta como <10 UFC/ g, y en el caso de mohos y levaduras con 22 UFC/ g. Cabe mencionar que en la mayoría de los caso no se desarrolló ningún microorganismo en la dilución primaria de las determinaciones, por lo que la barra Glucofitness está dentro de los límites permitidos (NOM-247-SSA1-2008).

5.4.2 Descriptor físico: color, luminosidad, croma y tono de barra Glucofitness.

Para la evaluación de los descriptores físicos se tomó como un factor de calidad el color de la barra, ya que este puede sufrir un cambio por efecto del tiempo y temperatura. Los diferentes índices de color que se tomaron en cuenta para describir las diferencias en distintos tiempos de almacenamiento, fue tono, que es la primera impresión del color básico en un objeto que se puede percibir; croma que hace referencia a la saturación del color o que tanto se acerca el objeto a los grises; y luminosidad que se refiere a cuanta luz puede reflejar ese objeto en particular. En estudios realizados para caracterizar la cinética de la diferencia de color por pardeamiento en distintos zumos de frutas por efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento, recomiendan utilizar la diferencia de color ΔE , como índice de deterioro de color (Zapata *et al.*, 2007). La Figura 43 muestra la diferencia de tono, croma y luminosidad en las barras almacenadas a 25 y 45°C a lo largo de los días de almacenamiento.

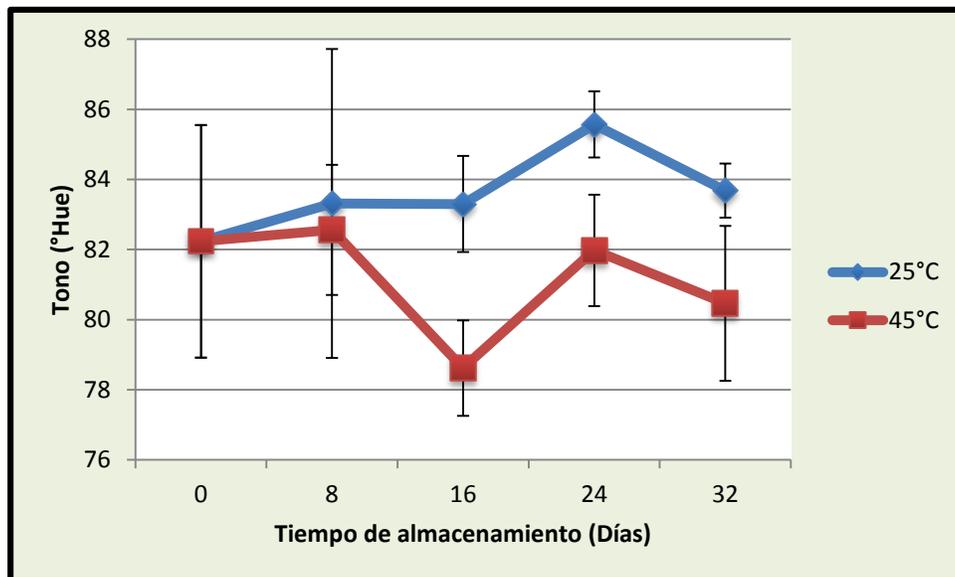


Figura 44. Comportamiento Cambio de tono en la barra Glucofitness almacenada por 32 días a 25 y 45°C.

Como se puede apreciar en la Figura 44, el tono de las barras no tuvo gran cambio a lo largo de los días de muestreo, pero sí en la temperatura a la que fueron sometidas, por lo que en el día 32 de estudio la barra almacenada a 45°C tuvo un 4% de disminución de tono en comparación a la barra almacenada a 25°C. El tono de la barra almacenada a 45°C fue degradándose en cada punto por lo que el Angulo de tono fue acercándose un poco más a tonalidades rojas.

Con respecto al croma (Figura 45), existió un aumento del 5 y 17% del día 0 al día 32 de las barras almacenadas a 25 y 45°C respectivamente, por lo que este atributo del color es el que sufrió mayor cambio a lo largo del estudio. En trabajos realizados por Valencia *et al.* (2012) en el cual se estudió la cinética del color durante el almacenamiento de caramelos de uchuva, se encontró que la cromaticidad tiende a aumentar con respecto al tiempo y la temperatura, teniendo una pendiente mayor la cromaticidad del caramelo almacenado a la temperatura más alta, por lo que la tendencia de la cromaticidad en la barra concuerda con estos datos ya que, los valores de la cromaticidad a 45°C se encuentra por arriba de los obtenidos a de 25°C.

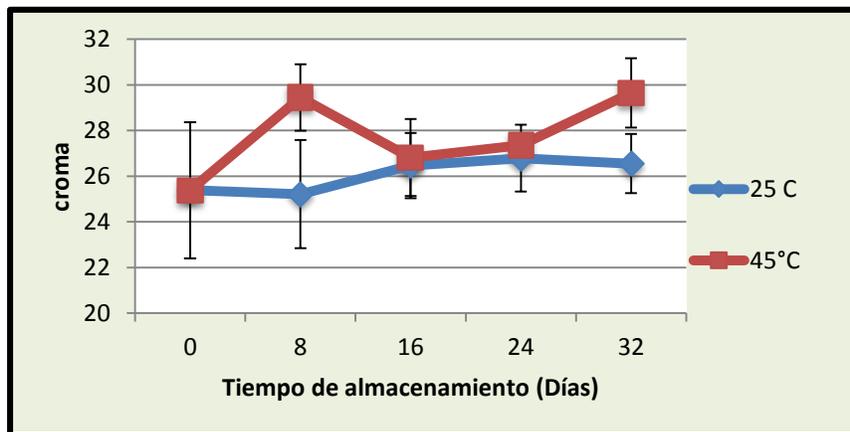


Figura 45. Cambio de cromía en las barras almacenadas por 32 días a 25° y 45°C.

La luminosidad de la barra almacenada a 25 y 45°C a lo largo de los 32 días es representada por la figura 46. Se observó un aumento del 9 y 14%, respectivamente en este atributo por lo que la barra fue incrementando su grado de reflexión de luz, por efecto del tiempo de almacenamiento.

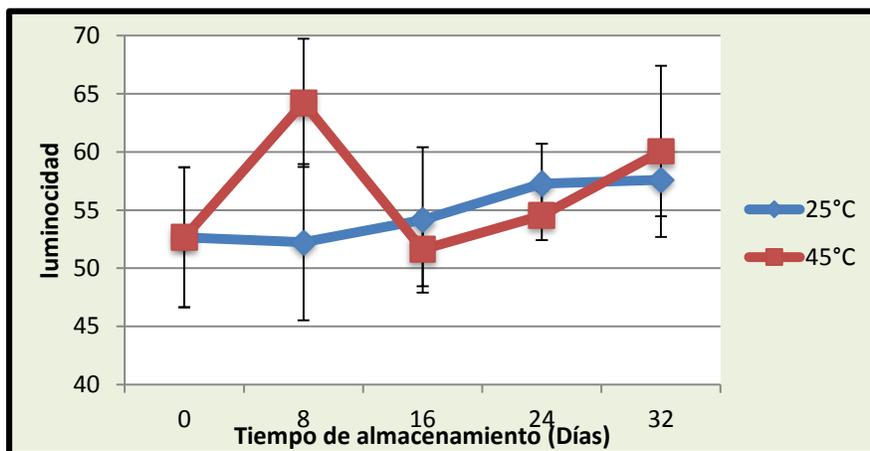


Figura 46. Cambios en la luminosidad de las barras almacenadas por 32 días a 25y 45°C.

A pesar de que existen pequeñas diferencias en los atributos del color es de gran importancia conocer que tan grandes son esas diferencias entre los colores, es decir, a qué tanta distancia están esos dos puntos de color en el diagrama CIELAB. Dicha diferencia puede ser expresada por un valor conocido como diferencia de color (ΔE) y diferencia de cromía (ΔC) (X-Rite, 2002).



La Figura 47 muestra la tendencia de cambio de color (a) y de croma (b) en las barras almacenadas a distintas temperaturas. Se puede observar que al día cero no existe diferencia de color, aunque al día 8 del estudio, en la mayoría de los casos, el cambio de color y de croma presenta su máximo valor, esto en las distintas temperaturas de almacenamiento. Después de este punto los valores de cambio de color (ΔE), y cambio de croma (ΔC), disminuyen a lo largo del tiempo, ya que su deterioro se hace menos evidente después del octavo día de almacenamiento.

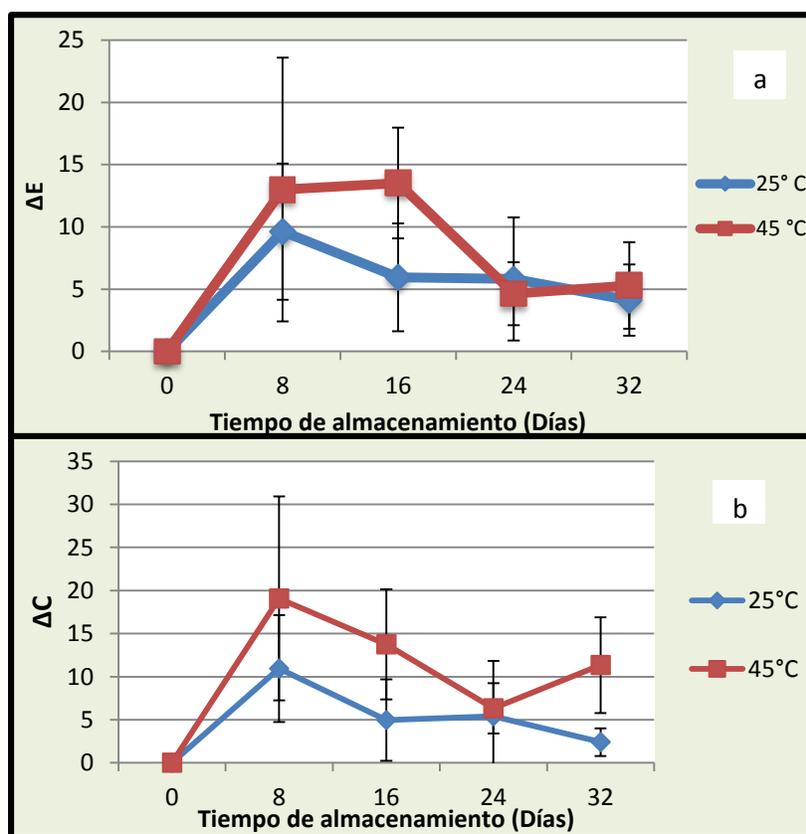


Figura 47. Índices de color durante el almacenamiento de la barra a 25°C y 45°C: (a) diferencial total de color (b) diferencia de croma.

Es evidente la diferencia de color y de croma por efecto de la temperatura, ya que los puntos de ΔE y ΔC de las barras almacenadas a 45°C son mayores que los puntos de las barras almacenadas a 25°C. Este hecho es reforzado por Manayay *et al.* (2013), el cual estudio la cinética de la diferencia de color y croma en el proceso térmico de pulpa de mango, encontrando que los cambios de color y de croma en la pulpa de mango simple como concentrada a lo largo del tiempo son más evidentes sometidos a temperaturas altas.



5.4.2.1 Cinética de la diferencia de color y croma durante el almacenamiento de la barra glucofitness .

En general, se tiene que las reacciones de deterioro de los alimentos pueden ser tratadas globalmente como reacciones elementales de orden aparente cero, uno, o dos, aunque la gran mayoría pueden ser descritas por un modelo de orden uno. La barra Glucofitness muestra una variación del color y croma con respecto al tiempo, la cual puede ser descrita igualmente por un modelo cinético de orden uno, tal y como lo muestra el coeficiente de correlación (R^2) de la Tabla 31(Ocampo, 2004).

Tabla 31. Coeficientes de correlación y constantes de velocidad de reacción de órdenes de reacción $n=0$ y $n=1$ a 25°C y 45°C

Δ	Orden de reacción	Ecuación	Coeficiente de correlación R^2		Constante de velocidad	
			25°C	45°C	25°C	45°C
ΔE	n_0	$\Delta E = \Delta E_0 \pm k_0 t$	0.8599	0.7405	-1.6638	-3.1999
	n_1	$\ln(\Delta E) = \ln(\Delta E_0) \pm k_1 t$	0.9421	0.7706	-0.2115	-0.4379
ΔC	n_0	$\Delta C = \Delta C_0 \pm k_0 t$	0.8181	0.5568	-2.52.1	-3.0638
	n_1	$\ln(\Delta C) = \ln(\Delta C_0) \pm k_1 t$	0.9087	0.8089	-0.3992	-0.4822

Fuente: Elaboración a partir de información de Pua *et al.* (2008)

La Tabla 31 muestra los coeficientes de correlación que indican si se ajustan los datos obtenidos a los modelos seleccionados, por lo que el diferencial de color ΔE es el que mejor se ajusta a una reacción de orden uno. Se puede observar que la velocidad de reacción del cambio de color a lo largo del tiempo incrementa conforme aumenta la temperatura de almacenamiento, tanto para ΔE como para ΔC . El signo negativo de los valores de las constantes de velocidad K_0 y K_1 indican una disminución en el cambio de color y cambio de croma con respecto al tiempo, por lo que el cambio de color y croma de la barra se da en los primeros 8 días de estudio, de ahí el cambio se va haciendo menos evidente.

Debido a que la ecuación de Arrhenius relaciona la dependencia de la temperatura con respecto a la velocidad de reacción, se calcula la energía de activación E_a que relaciona estas dos temperaturas, graficando el \ln de k_1 a 25 y 45°C contra el inverso de la temperatura en



grados Kelvin. Los datos de energía de activación y el factor pre exponencial se muestran en la Tabla 32.

Tabla 32. Parámetros de la regresión lineal de la ecuación de Arrhenius.

Diferencial	Ea (J/mol*K)	Ln A ₀
ΔE	29043.78	10.02
ΔC	8288.3	2.385

Para que comience la degradación del color y del croma se necesita 29043.78 y 8288.3 J/mol K, respectivamente. Un trabajo realizado por Schmalko *et al.* (2004) Estudió el efecto de la degradación de la clorofila de hojas de hierba mate por efecto de la temperatura, en el cual reporta que es necesario 8000 a 9900 J/mol K de energía de activación para que comience la degradación del color en las hojas, por lo que la energía resultante del color y croma de la barra propuesta, está muy próxima a estos valores. Debido a que ΔE explica de una forma más global la degradación de color que ΔC , se tomara este atributo de la calidad como factor para la determinación de vida de anaquel.

Ya que se conoce la energía de activación para la degradación del color a estas temperaturas se establece una relación entre la vida útil de la barra con respecto a la temperatura usual (25°C) y la temperatura acelerada (45°C) con ayuda de la ley de Arrhenius, por lo que se obtienen un tiempo de vida de 67 días.

$$\text{Tiempo de vida de anaquel} = 32 * e^{\left[\left(\frac{29043.78}{8.4143}\right) * \left(\frac{1}{298.15} - \frac{1}{318.15}\right)\right]} = 67 \text{ dias}$$

Cabe mencionar que este valor de vida de anaquel fue tomando solo como referencia por el cambio de color en la barra, ya que no existe una restricción o dato en el que indique cuanto puede degradarse el color antes de que este atributo cause su rechazo, por lo que el resultado expresa que al día 67 en las condiciones normales de almacenamiento (25°C), la barra sufrirá el mismo cambio de color que el día 32 en condiciones aceleradas de almacenamiento (45°C).

5.4.3 Descriptor sensorial.

Los resultados de la prueba de aceptación de la barra a lo largo del tiempo se presentan en la Tabla 33.



Tabla 33. Aceptación de la barra almacenada a 25°C a los 32 días de estudio.

25°C					
catadores	Días de muestreo				
	0	8	16	24	32
1	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	-
3	+	+	+	+	-
4	+	+	*	+	*
5	+	*	+	+	+
6	+	+	+	+	+
7	+	*	-	+	+
8	-	*	-	+	-
9	-	-	-	+	*
10	+	+	+	+	-
11	+	+	+	+	+
12	+	*	-	*	*
13	+	-	+	*	+
14	+	+	+	-	+
15	+	-	+	-	-
16	+	+	+	-	-
17	+	+	+	-	+
18	*	-	+	+	+
19	*	-	*	-	+
20	*	*	+	*	*

- + Aceptan el producto
- No aceptan el producto
- * Falta de prueba

Como se puede observar en la Tabla 33, la distribución de los datos de análisis sensorial no es uniforme, ya que existen una serie de casos que hay que considerar primero antes de realizar el análisis. El primer caso es de aquellos panelistas los cuales por la inflexibilidad del tiempo, no completaron las pruebas por lo que son señalados con un asterisco. El segundo caso es de aquellos panelistas los cuales rechazan el producto en el día cero de muestreo y lo pueden, o no, aceptar en los días posteriores de la prueba. Esto pudo ser debido a que al panelista no le es de su agrado la barra o no le son de su agrado sus propiedades organolépticas iniciales de este tipo de producto. Otro de los casos es que el panelista rechaza el producto el día “c” de la prueba pero lo acepta el día “d” de la prueba, esto en uno o varios intervalos de los días de muestreo. Los datos obtenidos en muchos de estos casos pueden ser



tomados como “datos de censura” o en su defecto descartarlos del estudio. en este caso, y debido al número reducido de panelistas con el que se realizó la prueba, se tomo en cuenta los casos en que los datos esten dentro de la primera consideracion (Garitta *et al.*, 2005).

La tabla 34 ilustra la aceptación de las barras Glucofitness almacenadas a 45°C, y como en el caso de las conservadas a 25°C, se realizó la censura de los panelistas que no pudieron completar la prueba en un día determinado.

Tabla 34. Aceptación de la barra almacenada a 45°C a los 32 días de estudio.

45°C					
catadores	Días de muestreo				
	0	8	16	24	32
1	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+
3	+	+	+	-	-
4	+	+	*	-	*
5	+	*	+	-	+
6	+	-	+	+	+
7	+	*	+	+	-
8	-	*	+	+	+
9	-	+	+	-	*
10	+	-	+	+	-
11	+	+	-	+	+
12	+	*	+	*	*
13	+	-	-	*	+
14	+	+	-	+	-
15	+	+	-	+	-
16	+	+	-	-	-
17	+	+	+	+	+
18	*	+	+	-	+
19	*	+	+	+	+
20	*	*	-	*	*

- + Aceptan el producto
- No aceptan el producto
- * Falta de prueba

La aceptación de la barra Glucofitness en los diferentes días de muestreo y a dos distintas temperaturas de almacenamiento se muestran en las Figuras 48 y 49. La aceptación de la barra en el día 0 a las dos temperaturas, es el 100% ya que los panelistas aceptaron la barra con sus propiedades organolépticas originales. Después de este punto, se aprecia un



crecimiento en el rechazo del producto a lo largo de los días de muestreo debido a que la barra almacenada a 25°C al día 32 del muestreo, redujo un 62% su aceptación, encontrándose diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en comparación con la aceptación del producto fresco, mientras que en los demás días de muestreo no existió diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en las medianas de los resultados de la aceptación de la barra.

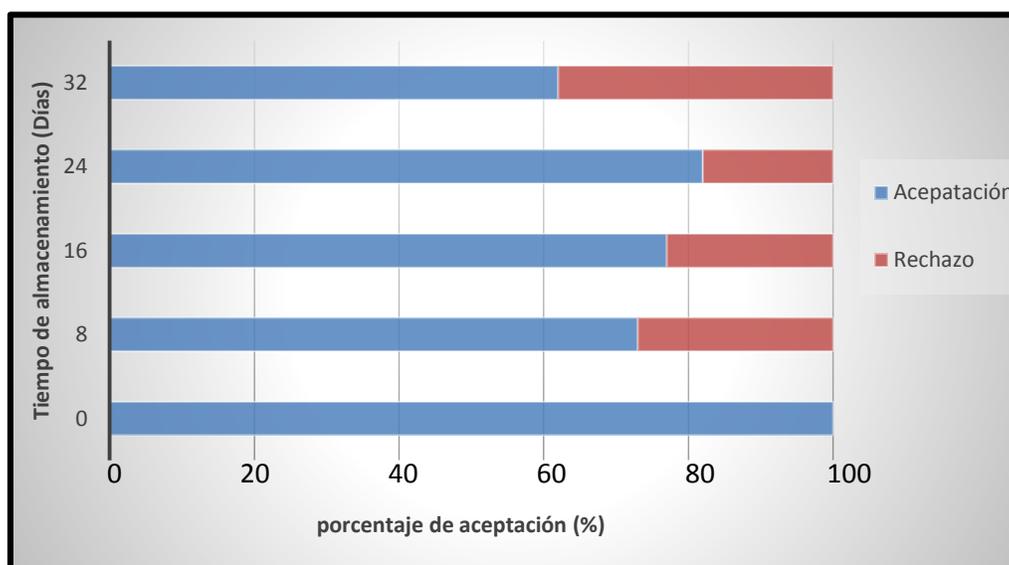


Figura 48. Aceptación de la barra Glucofitness en diferentes días de muestreo a 25° C.

Como se puede apreciar el mismo caso se presenta para la barra almacenada a 45°C (Figura 49), ya que al día 32 de almacenamiento su aceptación se redujo a un 56% registrándose diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en comparación con el producto al día 0 de muestreo. En un estudio realizado por Pua *et al.* (2008) en el cual determinaron la estabilidad y vida útil del polvo de jaca evaluaron la influencia de las condiciones de almacenamiento para los atributos sensoriales, cambio de color y absorción de agua del polvo, establecieron su vida útil utilizando el criterio de los atributos sensoriales ya que después de la inocuidad del alimento, este es uno de los más importantes para la determinación de vida útil en muchos de estos productos.

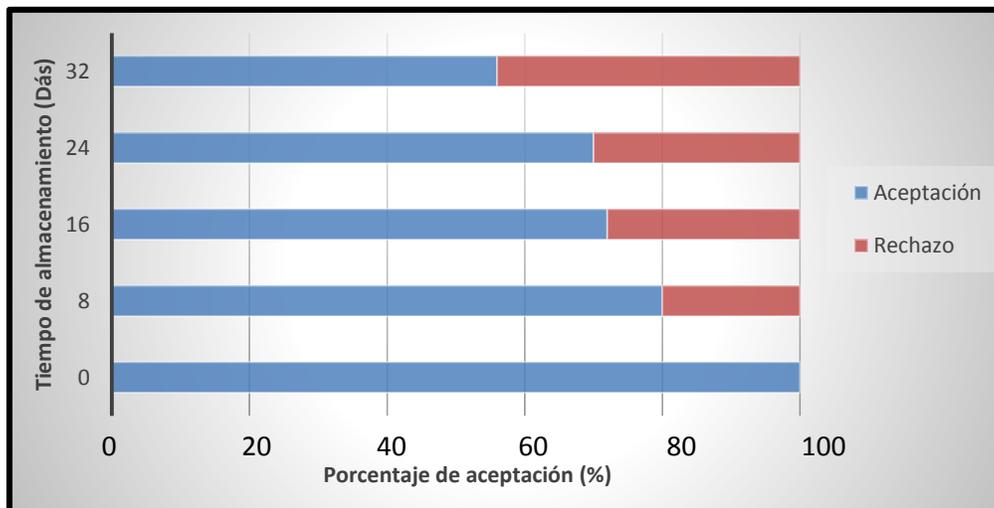


Figura 49. Aceptación de la barra Glucofitness en diferentes días de muestreo 45°C.

Ya que tanto la barra almacenada a 25°C como la almacenada a 45°C presentaron diferencias significativas al día 32 de su prueba, se puede decir que la barra conservara sus propiedades organolépticas originales hasta el día 24 de almacenamiento ya que después de ese día será notorio el cambio sensorial de estas, lo que puede provocar un rechazo del producto. Las principales causas que generan el rechazo del producto son la dureza de la barra y la aparición de sabores extraños. Esto se puede deber a migración humedad y a la oxidación de las grasas. En el desarrollo de barras de cereales con alto valor proteico elaborado por Olivera *et al.*, (2012) la vida útil sensorial reportada del producto fue de 7 días, por lo que la barra Glucofitness tiene una vida útil sensorial relativamente más alta en comparación con la barra con alto valor proteico.



6 Conclusiones y recomendaciones.





6.1 Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se puede concluir que:

- El nopal es ampliamente utilizado en muchos sectores industriales, aunque no en todas son conocidas sus características que le atribuyen su potencial tecnológico al que pueden ser sometidas. El uso y aplicaciones alimentarias del nopal deshidratado es una excelente opción para ofrecer alimentos con valor añadido y propiedades funcionales importantes, siempre y cuando se conozcan las características y limitaciones que tiene la aplicación de este deshidratado.
- La oportunidad de comercialización que tiene la barra de nopal y cereales en el mercado, especialmente en las delegaciones Coyoacán y Benito Juárez es alta, ya que las personas están familiarizadas con los beneficios que trae consigo el consumo de nopal, y su hábito de consumo de barras de cereal es importante. También es de especial importancia cuidar los aspectos de mercadotecnia y costos de producción de la barra, ya que estos factores son importantes para la compra del producto.
- La formulación que contiene 27% de nopal deshidratado en forma de gránulos junto con el uso de amaranto (7.3%), avena (24.5%) y arándano deshidratado (12.2%) para la elaboración de barras de cereales y la adición de una solución aglomerante (28%) con una concentración del 2% mucílago de nopal en polvo endulzada con splenda, presento buena aceptación sensorial, y por lo tanto fue la más aceptada por los panelistas.
- La concentración de mucílago de nopal en la solución aglomerante no tiene influencia en la aceptación de la barra pero sí en otros atributos como la firmeza de la misma, mientras que el tipo de proceso (nopal escaldado y sin escaldar) tampoco tuvo influencia en la aceptación de los jueces.
- La composición química de la barra de este estudio es muy similar a las barras existentes en el mercado de productos naturistas, aunque el contenido de fibra



dietética de esta barra es dos veces mayor en comparación con los productos comerciales.

- La barra glucofitness es una barra apta para la población diabética y con problemas de obesidad, ya que su bajo contenido en carbohidratos, azúcares y grasas, junto con su gran aportación de fibra dietética, lo convierten en un producto con características muy diferentes con las que ofrece el mercado de productos naturistas.
- La vida útil de la barra en estudio es de aproximadamente 32 días ya que después de este tiempo, la barra pierde considerablemente sus características sensoriales lo que generaría un rechazo del producto, sin embargo la calidad microbiológica de la barra es segura después de este tiempo de almacenamiento.
- La degradación máxima del color de la barra glucofitness a condiciones normales es de 67 días.



6.2 Recomendaciones.

El desarrollo de la barra glucofitness es el inicio de un proyecto para la inserción en el mercado de un producto elaborado con nopal, que tiene como fin dar un ejemplo de la viabilidad en la implementación de esta cactácea a nivel industrial, así como dar una opción más para la resolución de problemas nutricionales de la población Mexicana y fomentar su consumo en el país. Por tanto, con base en los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda para los trabajos futuros:

- La utilización de harina de nopal en la formulación de barras horneadas con relleno de jalea o en otros productos similares a ella en los cuales puedan dar como valor agregado el aumento de fibra dietética así como la evaluación de distintas propiedades de estos productos y la viabilidad que pueda tener su desarrollo.
- La implementación de saborizantes naturales, enmascarante de sabor, antioxidantes y conservadores naturales e inclusive tipos de empaques que ayuden a la barra a tener un mayor grado de aceptación, a conservar sus características iniciales así como a alargar su vida útil.
- El empleo de técnicas rápidas que se basen en la generación de atributos sensoriales como el flash Profiling o free choice profiling que facilitan en gran medida el estudio sensorial que se emplea para el desarrollo de nuevos productos
- La realización de balances de materia y energía para la selección de equipos y diseño de la planta procesadora así como los estudios financieros que abarquen balances generales y estado de resultados que establezcan el costo del producto, punto de equilibrio y viabilidad económica del proyecto.
- Establecer las características químicas (fibra dietética soluble e insoluble), físicas (capacidad de retención de agua, capacidad de absorción de agua, capacidad de absorción de grasa) fisicoquímicas (pH y acidez) en diferentes condiciones de procesamiento (tiempos, temperaturas, humedades etc.) para este producto o aplicaciones similares que conlleven el uso del nopal.



7 Bibliografía





-
- Alarcón, M., Lopez, J., & Restrepo, D. (2013). Caracterización de la funcionalidad tecnológica de una fuente rica en fibra dietaria obtenida a partir de cáscara de plátano. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 66(1) 6959-6968.
- Alimentacion sana. (2012). *Alimentacion sana*. Recuperado el 22 de abril de 2013, de <http://www.alimentacion-sana.com.ar/Portal%20nuevo/actualizaciones/barritas.htm>
- Alvídrez- Morales, A., González -Martínez, G., & Jiménez- Salas, J. (2002). Tendencias en la producción de Alimentos: Alimentos Funcionales . *Revista de Salud Pública y Nutrición*, 3 (3).
- AMSDA. (2003). *Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo agropecuario A,C, 2004*. Recuperado el Septiembre de 2013, Disponible en: <http://www.amsda.com.mx/>
- Andía, W. (2011). La demanda insatisfecha en los proyectos de inversión pública. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 14(2): 67-72.
- AOAC. (1984). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C., EE.UU. *Fourteenth edition* .
- Arreola, M., Martínez, W., Alonso, E., Chávez, H., Lara, C., Torres, A., Bedolla, J., Velasco, F. (2012). Contribución de fibras pulverizadas de nopal sobre las propiedades mecánicas del mortero de cal, así como su contribución mecánica en muretes de mampostería. *Ingeniería Civil*, (3)8-13.
- Asociación Mexicana de Amaranto. (2003). *Amarantum*. Recuperado el Septiembre de 2013, de Centro de información al consumidor de Amaranto. Disponible en: <http://www.amaranto.com.mx/vertical/faq/faq.htm>
- Bautista, P., Camarena, E., Mota, M., Barboza, J., & Alanís, M. (2010). Frituras de Harina de Trigo mejoradas. *Memorias del XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Guanajuato.



-
- Bayas, A. (2010). Utilización de Residuo Fibroso Seco Obtenido de la Cáscara de Palmito de Pejibaye (*Gactris gasipaes*) H.B.K. En la Elaboración de barras Alimenticias Energéticas (BAE), En la industria Agrícola Exportadora. *Tesis para obtener el título de Ingeniero en Alimentos* . Ambato Ecuador: Universidad Técnica de Ambato
- Boscarrol, M. (2007). *Imagen digital* . Recuperado el 12 Febrero del 2014. Disponible en: http://gusgsm.com/espacio_color_lch
- Botánica online SL. (2013). *Botanica online* . Avena, las ventajas de consumir fibra soluble. Recuperado el 26 de Septiembre de 2013. Disponible en: <http://www.botanical-online.com/avena.htm>
- Briceño, L., Salas, W., & Torres, S. (2008). Determinación del tiempo de vida en anaquel del aceite de oliva virgen extra mediante pruebas aceleradas. *An cient. UNALM*, 69 (4) 82-89.
- Callejas–Juárez, N., Matus–Gardea, J. A., García–Salazar, J. A., Martínez–Damián, M. Á., & Salas–González, J. M. (2009). Situación actual y perspectivas de mercado para la tuna, el nopalito y derivados en el Estado de México. *Agrociencia* , 43(1), 73-82.
- Camelo, L. (2010). *Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito Federal*. Distrito Federal : Evalua DF.
- Castillo, F., Estrada, L., Margalef, M., & Tóffoli, S. (2013). Obtención de harina de nopal y formulación de alfajores de alto contenido en fibra. *Dieta* , 142. 20-26.
- Catherine, O. (2012). Formulación , Elaboración y Control de Calidad de Barras Energéticas a Base de Miel y Avena para la Empresa Apicare . *Tesis para obtener el título de Bioquímico Farmacéutico* . Riobamba Ecuador : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo .
- CEEI Ciudad Real. (2012). *Guía de creación de empresas*. Recuperado el Septiembre de 2013, de Centro Europeo de Empresas e Innovación. Disponible en: <http://www.ceeicr.es/emprendedores/herramientas/detalle-herramientas/cc/guia-para-la-elaboracion-de-estudios-de-mercado/ccac/show/Content/>
-



-
- Chimborazo, M. (2011). Efecto de Escaldado y Molienda en las Capacidades de Absorción y Retención de Agua en la Fibra Dietética de Naranja (*Citrus sinensis*). *Trabajo de Investigación para Obtener el Titulo de Ingeniería en Alimentos*. Ambato Ecuador: Universidad Técnica de Ambato .
- Clifton, J. (2013). *Industria Alimenticia*. Recuperado el Diciembre de 2013, de 10 Tendencias Globales. Disponible en: <http://www.industriaalimenticia.com/articles/86576-tendencias-globales>
- Codex alimentarius . (2014). *Codex alimentarius* . Recuperado el 2014, de Normas internacionales de los alimentos. Disponible en: <http://www.codexalimentarius.org/standards/list-ofstandards/es/?provide=standards&orderField=fullReference&sort=asc&num1=C> ODEX
- Corrales, J., & Flores, C. (2000). *Tendencias actuales y futuras en el procesamiento del nopal y la tuna*. Mexico: UACH.
- Cortés R., M., Chiralt B., A., & Puente D., L. (2005). Alimentos Funcional: una historia con mucho presente y futuro. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmaceutica*, 12 (1) 5-14.
- Del valle, D., Hernández, P., Guarda, A., & Galotto, M. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, (91) 751–756.
- Desjardins, Jean-Jacques, Sirohi, Dlahlap, Sievert, Birgit. (2000). *Patente n° A23L1/164*. España.
- Díaz, M. (2001). *Universidad Autónoma de Zacatecas*. Recuperado el 02 de Enero del 2014, de Elaboración de colonche. Disponible en: <http://www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/CD%20Jornadas%202000%20-%202001/Ingenieria/TI16.htm>



-
- FAO. (1997). *El cultivo del Amaranto*. Recuperado el Septiembre de 2013, de Producción, mejoramiento genético y utilización. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/home1.htm>
- Fernández -Valiñas, R. (2009). *Segmentacion de Mercados* . Mexico D.F.: McGraw-Hill.
- Financiera Rural México. (2010). *Financiera Rural*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2013, de Monografía de la avena y semilla de avena para la siembra. Disponible en: [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADa%20Avena%20\(oct%2010\)%20vf.pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADa%20Avena%20(oct%2010)%20vf.pdf)
- Galindo, G., Valdes, A., Quiroz, D. I., N., A., & Barragan, P. (2011). Aislamiento y conservación de microorganismos contaminantes de jugo de arándano . *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 3(6) 57-61.
- Gámbaro, A. (2005). Deseño de ensayos de vida útil de alimentos. En: G. Hough, & S. Fiszman, *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos* (págs. 43-51). Programa CYTED. Valencia, España.
- Garitta, L., Gómez, G., & Curia, A. V. (2005). Metodología de estadística y supervivencia . En: G. Hough, & S. Fiszman, *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos* (págs. 53-81). Programa CYTED. Valencia, España.
- Guevara., A. (2007). Aprovechamiento del subproducto generado del desespinado del nopal verdura para la formacion de fibra dietética . *Tesis para obtener el titulo de Químico en Alimentos* . Distrito Federal , México : UNAM.
- Gómez Cruz, D. (2009). Desarrollo de una hojuela para desayuno a base de avena y cacahuete . *Tesis para obtener el titulo de Químico en Alimentos* . Distrito Federal , México: Facultad de Quimica. U.N.A.M.
- González, L., Filandro, S., Bello, A., Guemes, N., & Bernardino, A. (2011). Carotenoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of low- calorie nopal (opuntia ficus indica) marmalade. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36(2012) 267-275.



-
- Guzmán, D., & Chavéz, J. (2007). Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia Ficus- Indica*) para el consumo humano. *Rev Soc Quim*, 73 1 (41-45).
- Hough, G., & Fitzman, S. (2005). *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos*. España: programa CYTED.
- INEGI. (2010). Censo de Población y Vivienda. Cuestionario básico. Mexico.
- INEI. (2013). *Instituto Nacional de Estadística e Informatica* . Recuperado el Septiembre de 2013, de Índice de Desarrollo Humano. Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0341/ca2.htm>
- Innova Market Insights. (2013). *Enfásis Alimentación* . Recuperado el 15 Febrero del 2014, de las 10 principales tendencias para el 2013. Disponible en: <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/66277-las-10-principales-tendencias-el-2013>
- Instituto de Innovacion en Biotecnología e Industria. (2007). Harina y derivados de nopal . *Fomento del consumo e industrialización para la soberanía alimentaria* . República Dominicana .
- INTI. (2011). *Programa pruebas de desempeño de productos barritas de cereal* . Ministerio de la Industria Secreteria de Industria y Comercio .
- James, M. (2000). *Microbiología moderna de los alimentos* . Zaragoza España : ACRIBA, S.A.
- key Media update. (2012). *nielsen IBOPE*. Recuperado el noviembre de 2013, de <https://www.ibopeagb.com.mx/biblioteca/boletines/keymedia.php>
- Leader Trade. (2006). *Leadrer Trade* . Recuperado el Septiembre de 2013, Disponible en: <http://www.leader-trade.com/>
- Lifshits, A. (2012). *Vida y salud* . Recuperado el Enero de 2014, de Aprende a contar carbohidratos para controlar tu diabetes. Disponible en:



<http://www.vidaysalud.com/daily/dieta-y-nutricion/aprende-a-contar-carbohidratos-para-controlar-tu-diabetes/>

- Lohr, S. L. (2000). *Muestro: Diseño y análisis*. Mexico : Thomson Learning .
- López, O., Mercado, F., Martínez, S., & Magaña, R. (2011). Formulación de una mermelada a partir de pulpa y cascara de tunas (*Opuntia* spp.) Elaborada a nivel planta piloto. *Acta Universitaria* , 21(2) 31-36.
- Malhotra, N. K. (2004). *Investigacion de mercados* . México: pearson .
- Manayay, D., Ibarz, A., Castillo, W., & Palacios, L. (2013). Cínetica de la diferencia de color y croma en el proceso térmico de pulpa de mango (*Mangifera Indica* L.) variedad Haden. *Scientia Agropecuaria* , (4) 181-190.
- Marín, E., Lemus, R., Flores, V., & Vega, A. (2006). La rehidratación de alimentos deshidratados. *Rev Chil Nutr*, 33 (3), 527-538.
- Martínez, F., Días, B., Marín, R., & Garnica, R. (2010a). Efecto de las Condiciones de Deshidratado Sobre las Propiedades Fisicoquímicas del Nopal . *X Congreso Nacional de Microscopía-Morelia* (págs. 1-2). Michoacán : Asociación Mexicana de Microscopía A.C.
- Martínez, G., Flores, A., Mercado, J., & López, M. (2010b). Características de Secado de Nopal (*Opuntia ficus indica*) por Lecho Fluidizado. *Acta Universitaria*, 20(3) 70-76.
- Martínez A., E. (2011). Cereal extruido para desayuno, a base de harina de nopal con alto contenido en fibra. *Tesis para obtener el título de Ingeniero en Alimentos*. Estado de México: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán U.N.A.M.
- Méndez, S. d., Rössel, D., Amante, A., Gómez, A., & E., G. J. (2010). El nopal en la producción de biocombustibles. *VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal"* (págs. 70-84). San Luis Potosí: RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición.



-
- México Alimentaria. (2008). Tendencias generales en el consumo de alimentos y bebidas. *Expo de Alimentos y Bebidas* (págs. 1-3). México: Alimentaria Exhibitions, SA.
- Medina-Torres, L., Gallegos-Infante, J., González-Laerdo, R., Rocha-Guzman, N. (2007). Drying kinetics of nopal (*Opuntia ficus-indica*) using three different methods and their effect on their mechanical properties. *Food Science and Technology*, (41) 1183–1188.
- Morales, E. (2007). Bebida baja en calorías a base de nopal deshidratado. *Tesis para obtener el título de Químico en Alimentos*. México: UNAM.
- Moreno, B., Díez, M., García, I., Menes, L., Gutierrez, M., & Polledo, F. (2000). *Microorganismos de los alimentos*. Zaragoza España : Acriba .
- Muñoz, R. (2013). *Marketing xxi*. Recuperado el 11 de junio de 2013, de Proceso de Investigacion de Mercados. Disponible en: <http://www.marketing-xxi.com/proceso-de-la-investigacion-de-mercados-i-24.htm>
- Navarro, J. (2012). Efecto del Consumo de Fibra en la Dieta del Paciente Diabético. *Revista Medica de Costa Rica y Centroamerica LXIX*, (600) 21-23.
- Nazareno, A., & Perreira, P. (2011). Nuevas tecnologías desarrolladas para el aprovechamiento de las cactáceas en la elaboración de alimentos. Componentes funcionales y propiedades antioxidantes. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 202-238.
- NMX-FF-068-SCFI-2006. (s.f.). NMX-FF-068-SCFI-2006 hortaliza fresca- nopal verdura (*opuntia spp.*) especificaciones.
- Nobel, P. (1999). Agroecología, cultivo y usos del nopal. *Biología Ambiental* , 37-50.
- Nohales, A., & Nohales, M. (2010). Arandano Americano (*Vaccinium macrocarpon*): conclusiones de la investigación y de la evidencia clinica. *Revista de Fitoterapia*, 10(1)5-21.



NOM-015-SSA2-2010. (s.f.). Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010, Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus.

NOM-030-SCFI-2006 (s.f.). Norma Oficial Mexicana NOM-030-SCFI-2006, Declaración de cantidad en la etiqueta – Especificaciones .

NOM-051-SCFI/SSA1-2010. (s.f.). Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria.

NOM-086-SSA1-1994. (s.f.). Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. alimentos y bebidas no alcoholicas con modificaciones en su composicion. especificaciones nutrimentales.

NOM-092-SSA1-1994. (s.f.). Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

NOM-110-SSA1-1994. (s.f.). Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

NOM-111-SSA1-1994. (s.f.). Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.

NOM-113-SSA1-1994. (s.f.). Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

NOM-247-SSA1-2008. (s.f.). Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos; cereales y harinas de cereales, semolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, de semillas comestibles, harinas, semolas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones.

Ocampo, J. (2004). Determinación de la vida de anaquel de café soluble elaborado por la empresa de café S.A. y evaluación de tipo de empaque en la conservación del



producto. Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Químico . Colombia : Universidad Nacional de Colombia .

- Olivera, M., Ferreyra, V., Giacomino, S., Curia, A., Pellegrino, N., Fournier, M., Aproc, N. (2012). Desarrollo de Barras de Cereales Nutritivas y Efecto del Procesado en la Calidad Proteica. *Rev Chil Nutr*, 39 (3) 18-25.
- Osorio-Córdoba, J., Pelayo-Zaldívar, C., Verde-Calvo, J., Ponce-Valadez, M., Díaz de León-Sánchez, F., Bosquez-Molina, E. (2011). Conservación de nopal verdura 'Milpa Alta' (*Opuntia ficus indica* Mill.) desespinado en envases con atmósfera modificada. *Rev. Mex. Ing. Quím*, 10(1), 93-104.
- PNUD. (2009). Índice de desarrollo humano en México. *Cambios Metodológicos e Información para las Entidades Federativas*. PNDU.
- Porr, M. (2012). *El amaranto- pequeña semilla con fuerzas colosales* . Recuperado el Septiembre de 2013, de El pan alegre. Disponible en : http://www.el-pan-alegre.org/Guia_Amaranto.pdf
- Pua, k., Sheikh, H., Tan, C., Mirhosseini, R., Abd. Rahman, R., & Rusul, G. (2008). Storage stability of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) powder packaged in aluminium laminated polyethylene and metallized co-extruded biaxially oriented polypropylene during storage. *Journal of Food Engineering*, 89. 419–428.
- Quevedo-Preciado, L., Villegas-Ochoa, M., González-Ríos, H., & Rodríguez-Félix, A. (2005). Calidad de nopal verdura mínimamente procesado. Efecto de temperatura e inhibidores del oscurecimiento. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28: 261-270.
- Ramírez-Rivera, E., Paz-Gamboa, E., Nogueira-Terrones, H. (2011). Caracterización sensorial y análisis de las preferencias de los consumidores de frituras tipo chips de malanga (*Colocasia esculenta*). *Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2 (2): 277-292.



- Reza, S., Flores, L., Alonso, M., & Ramires, P. (2002). evaluación de la textura, color y aceptación del nopalito variedad de milpa alta escaldado, a diferentes tiempos de inmercion en solucion de NaCl y CaCl₂ empacado al vacio. Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Rios, J. (2004). Manejo General del Cultivo del Nopal. *Fondo de tierras y Instalación del joven Emprendedor Rural*. México: Colegio de postgraduados.
- Sáenz, C. (1997). Cladodes: a Source of Dietary Fiber. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 117-123.
- Sáenz, C. (2000). Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits and cladodes. *Journal of Arid Environments*, (46) 209–225.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., & Matsuhiro, b. (2004). *Opuntia* spp mucilage's: a fuctional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments*, (57) 275-290.
- Sáenz, C., Horst, B., Corrales García, J., Galletti, L., García de Cortázar, V., Higuera, I., Mondragón., C., Rodríguez-Félix., Sepúlveda., E., Valeriano, T. (2006). Boletín de servicios agricolas de la FAO. *Utilizacion agroindustrial del nopal*. italia, roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.
- SAGARPA. (2012). *Nopal en el Distrito Federal*. Recuperado el 2014. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Documents/B0282012.pdf?Mobile=1&Source=%2FDelegaciones%2Fdistritofederal%2Fboletines%2F_layouts%2Fmobile%2Fview.aspx%3FList%3D9da310f3-296a-4946-b9f4-d87c907ac9e6%26View%3D8c1f8d48-5898-4512
- Sancho, J., & Bota, E. (1999). *introducción al análisis sensorial de los alimentos*. barcelona: Universidad de barcelona.
- Sandoval, V. (2010). Evaluación del nopal verdura como alimento funcional mediante opciones reales . *Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias* . montecillo, Texcoco, México: Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas .



-
- Santa, M., Martínez, C., & Varela, P. (2005). Principios básicos del análisis sensorial. En: G. Hough, & S. Fiszman, *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos* (págs. 17-41). Programa CYTED. Valencia España.
- Schmalko, M. E., Scipioni, P. G., Ferreyra, D. J., & Alzamora, S. M. (2004). Efecto de la actividad del agua y la temperatura en la degradación de la clorofila y el color en hojas de yerba mate. *Universidad Nacional del Nordeste*.
- Seccion Amarilla . (2010). *Seccion Amarilla* . Recuperado el 06 de diciembre de 2013, Disponible en: <http://www.seccionamarilla.com.mx/distrito-federal>
- Secretaria de Economia . (2013). *Secretaria de Economia*. Recuperado el Septiembre de 2013, de Leyes y Normas. Disponible en <http://www.economia.gob.mx/conoce-lase/leyes-y-normas>
- Secretaría de Salud del Distrito Federal. (2010). *No a la Obesidad* . Recuperado el Diciembre de 2013, de Semaforo de Alimentación. Disponible en: http://www.noalaobesidad.df.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=82&Itemid=73
- SEMARNAT. (2007). *Instituto Nacional de Ecología* . Recuperado el 20 de Agosto de 2013. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/71/nverdura>.
- Shafiur, R. (2003). *Manual de Conservación de los Alimentos*. Zaragoza España: Acriba S.A.
- Tovar, P. (2009). Nuevos productos y subproductos a base de nopal (Alimenticios y Medicinales) una alternativa de producción sustentable para las zonas rurales de México. *VII Simposium- Taller "Producción y aprovechamiento del nopal en el noreste de México"* (págs. 158-173). Revista Salud Pública y Nutrición .Nuevo León.
- Valdez, G., Margalef, M., & Gómez, M. (2013). Formulación de barra dietética Funcional Prebiótica a partir de Harina de Yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Dieta*, 1(142):27-33.



-
- Valencia, G., Cortés, R., & Roman, M. (2012). Cinética del color durante el almacenamiento de caramelos blandos de uchuva adicionados de calcio y sin sacarosa. *Revista Lasallista de Investigación*, 9: 11-25.
- Valenzuela, R. (2008). Elaboración de una barra nutracéutica y diseño de proceso para su producción a pequeña escala. *Trabajo para graduación de Ingeniero Químico*. Guatemala.
- Vipul, D., Girish, K., Naresh, G., & Narayan, P. (2013). Pharmaceutical applications of various natural gums, mucilages and their modified forms. *Carbohydrate Polymers*, (92) 1685–1699.
- Wittig- Rovira, E. (2001). *Evaluación sensorial: Una metodología actual para tecnología de alimentos*. Recuperado el 2014. Disponible en: <http://www.captura.uchile.cl/handle/2250/5556>
- Witting, E. (2005). Introducción al Análisis Sensorial. En: G. Hounig, & S. Fiszman, *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos* (págs. 13-16). Programa CYTED. Madrid, España.
- X-Rite. (2002). *X-Rite right on color*. Recuperado el 2014, de Guía para entender la comunicación del color. Disponible en: http://www.xrite.com/top_munsell.aspx?action=products&CategoryID=25
- Zapata, L., Gerard, L., Davies, C., Oliva, C., & Schavab, M. (2007). Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, (34) 207-226.



Anexo A

Diagramas de proceso de distintos productos obtenidos del nopal.

Productos a base de fruto (tuna).



Figura 50. Diagrama de flujo para la elaboración de pulpas congeladas de tuna.

REQUERIMIENTOS PARA EL PRODUCTO.

- Requerimientos de infraestructura
- Congelación rápida
- Descongelación rápida
- Cadena de frío. (Sáenz *et al.*, 2006)

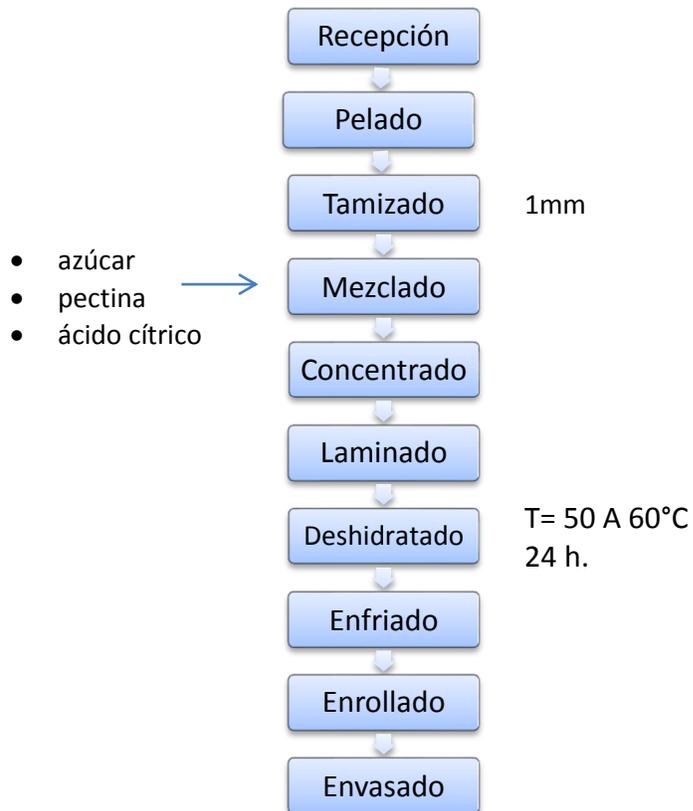


Figura 51. Diagrama de flujo para la elaboración de láminas deshidratadas de tuna.

REQUERIMIENTOS PARA EL PRODUCTO.

- Control de la temperatura de secado y concentración.
- Control de la humedad del producto (H.R 60 A 65%).
- Secado eficiente (Sáenz *et al.*, 2006).

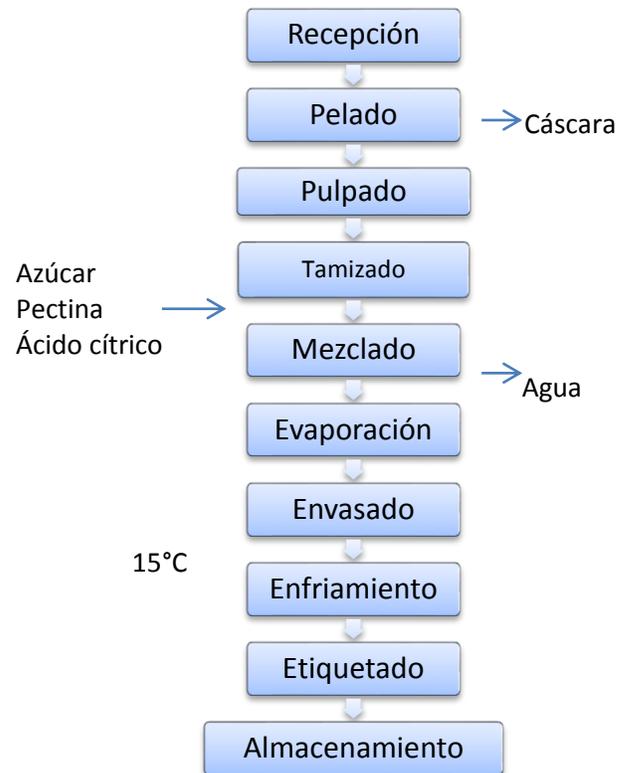


Figura 52. Diagrama de flujo para la elaboración de mermelada de tuna.

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO.

- Es conveniente que se realicen análisis a la materia prima antes de la preparación de la mermelada ya que esta cambia conforme a su contenido de acidez, azúcares y pectina y dependiendo de esto es como se llevará a cabo su formulación (Sáenz *et al.*, 2006).

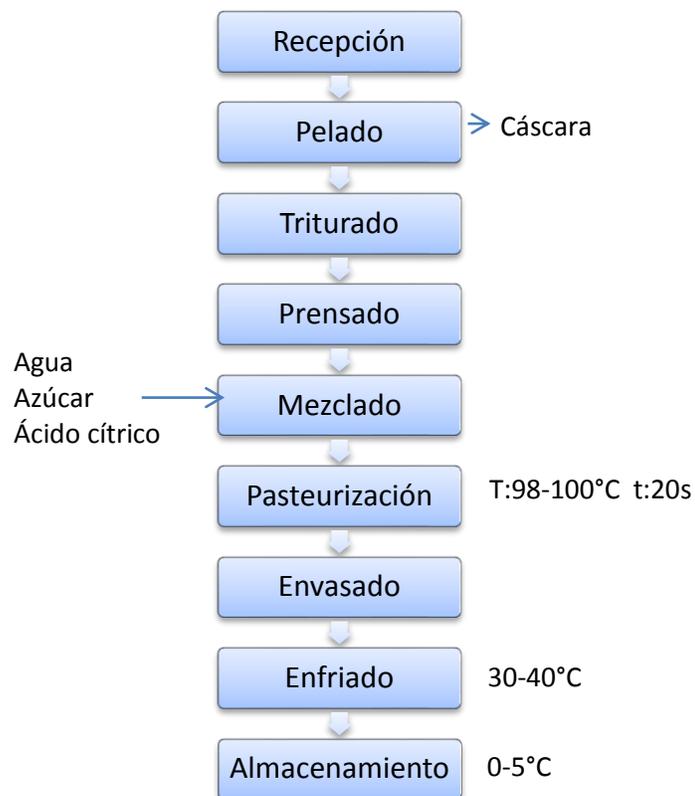


Figura 53. Diagrama de flujo para la elaboración de jugo de tuna.

REQUERIMIENTOS PARA EL PRODUCTO.

- Requerimiento de control especial del pH.
- Cuidado y control de los tiempos y temperaturas de los procesos térmicos.
- Uso de aditivos para darle cuerpo al jugo (goma garrofín o carboximetilcelulosa) (Sáenz *et al.*, 2006)

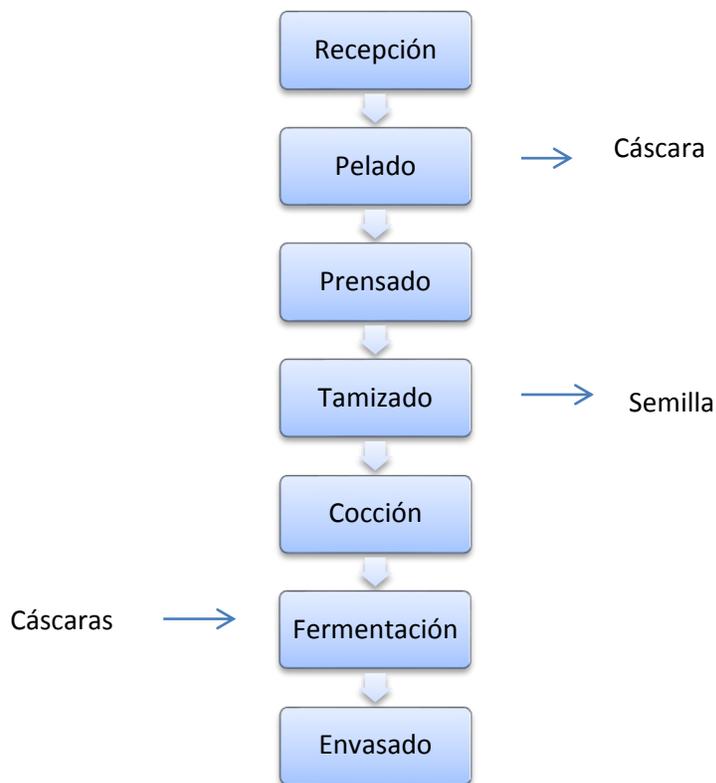


Figura 54. Diagrama de flujo para la elaboración de colonche.

REQUERIMIENTOS PARA EL PRODUCTO

- La fermentación ha dado buenos resultados a 25°C, sin embargo se ensayan otras temperaturas a fin de determinar cuál es la mejor desde el punto de vista organoléptico.
- Detener la fermentación cuando tiene 2 o 3 % de alcohol (Saézn *et al.*, 2006).



Productos a base del cladodio.

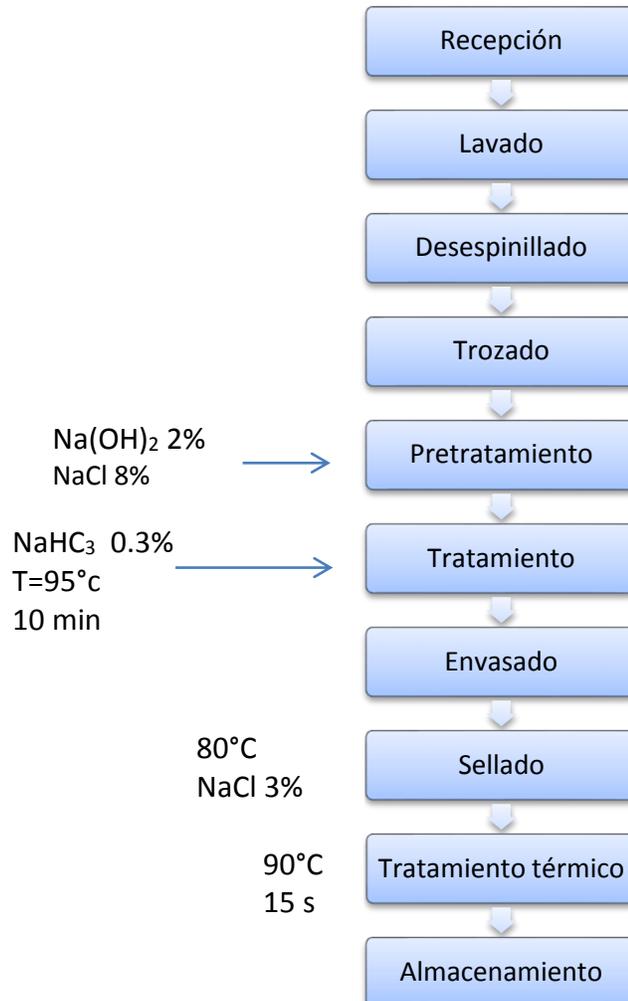


Figura 55. Diagrama de flujo para la elaboración de nopales en escabeche

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO

- El proceso del pre tratamiento con 2% Na(OH)₂ se introduce para disminuir la mucilaginosidad del producto ya que esto mejora cualidades sensoriales del producto.
- El tratamiento con Na(OH)₂ al 2% reduce la pérdida de color verde que se produce por los tratamientos térmicos (Sáenz *et al.*, 2006).

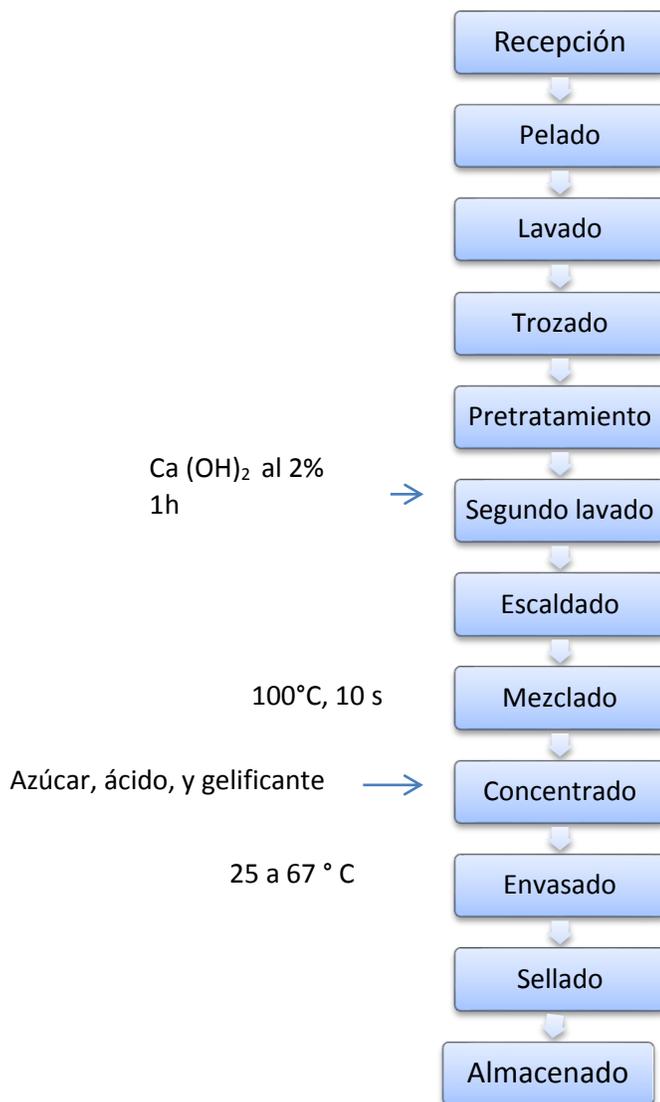


Figura 56. Diagrama de flujo para la elaboración de mermelada de nopal.

CARACTERÍSTICAS DE PROCESO

- La elaboración de mermelada de nopal es más complicada de la mermelada de tuna ya que esta materia se tiene que pre tratar para evitar el cambio de color en el producto.
- Es necesario retirar el mucílago del producto en su procesamiento ya que este le confiere propiedades poco agradables (Sáenz *et al.*, 2006).

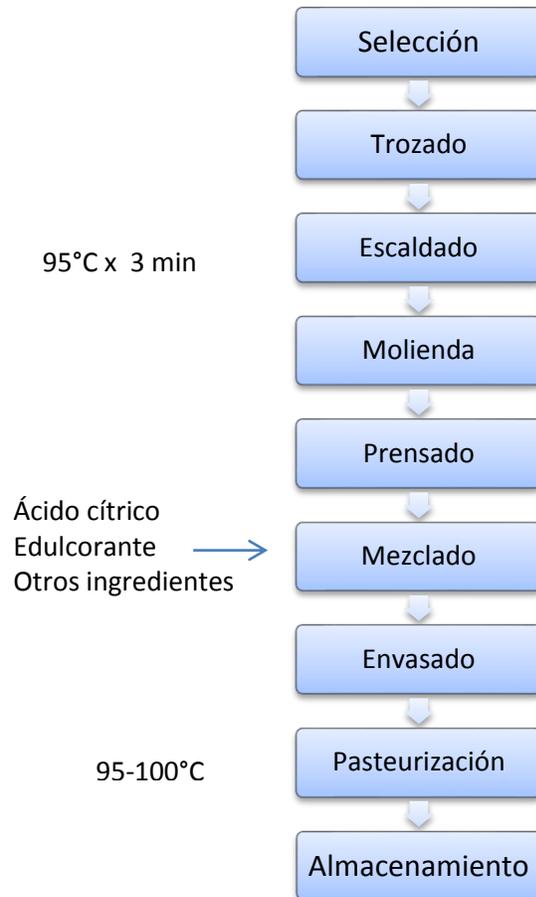


Figura 57. Diagrama de flujo para la elaboración de jugo de nopal.

REQUERIMIENTOS PARA EL PRODUCTO

- Tiempos bien definidos para la pasteurización.
- Dependiendo del tipo de producto que se desee elaborar puede o no existir separación del mucílago (Sáenz *et al.*, 2006).



Figura 58. Diagrama de flujo para obtener harina de nopal.

CARACTERÍSTICAS DE PROCESO

- Producto derivado de cladodios jóvenes y cladodios maduros
- En este proceso se utiliza un túnel deshidratador de aire forzado.
- Para la molienda se utilizan molinos de cuchillas
- El polvo de nopal se almacena con una humedad relativa de 60-65%.
- Se puede adicionar otra operación de extracción de mucilago para hacer eficiente el secado.
- Con un 10-30% de harina de nopal más harina de trigo se pueden formar alimentos como pan, galletas, bizcocho y pudines. (Instituto de Innovacion en Biotecnología e Industria, 2007)

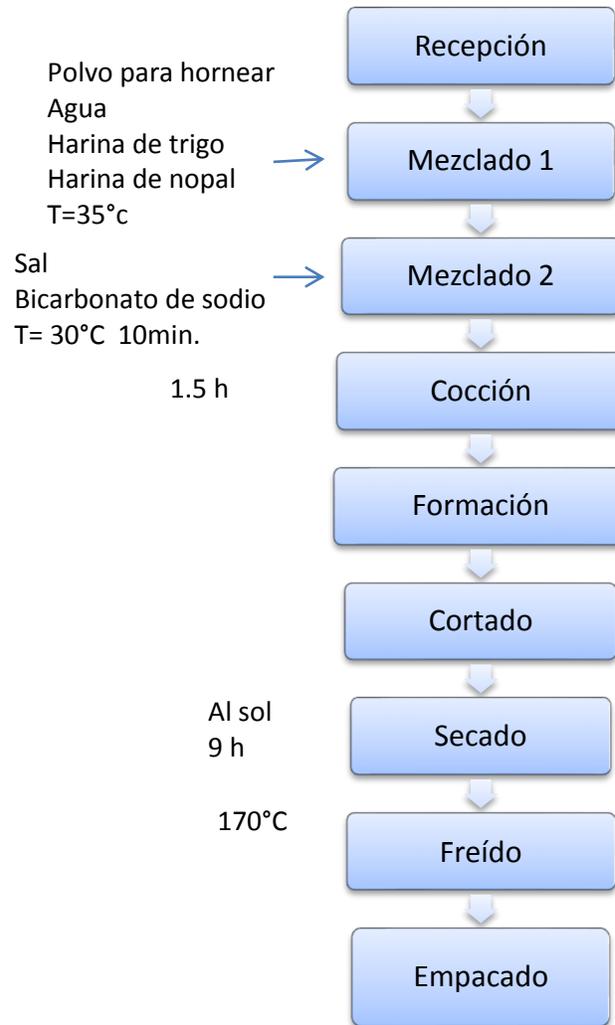


Figura 59. Diagrama de flujo para la preparación de frituras adicionadas con harina de nopal.

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO.

- La formulación depende de las características de la fritura que se desea alcanzar por lo que en harina de nopal puede cambiar con sus proporciones.
- Se puede realizar un pre secado antes del cortado para facilitar esta operación (Bautista *et al* , 2010)



Figura 60. Diagrama de flujo para la elaboración de bebida baja en calorías a base de nopal.

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO.

Tabla 35. Formulación para bebida baja en calorías a base de nopal.

COMPONENTES	CANTIDAD (g/L)
Nopal	3.0
Goma xantana	0.7
Ácido cítrico	0.45
Saborizante	0.3
Edulcorante	0.12

(Morales, 2007)



Figura 61. Diagrama de flujo para la elaboración de pan con harina de nopal.

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO.

- Para que se lleve a cabo el pan, la masa de este siempre tiene que estar combinado con otro tipo de harina (harina de trigo).
- La obtención de harina para panificación tendrá que cumplir con la nom 247-SSA1-1996.
- El sabor de nopal fue enmascarado ya que no es deseable presente en el producto panificado. (Sandoval, 2010)

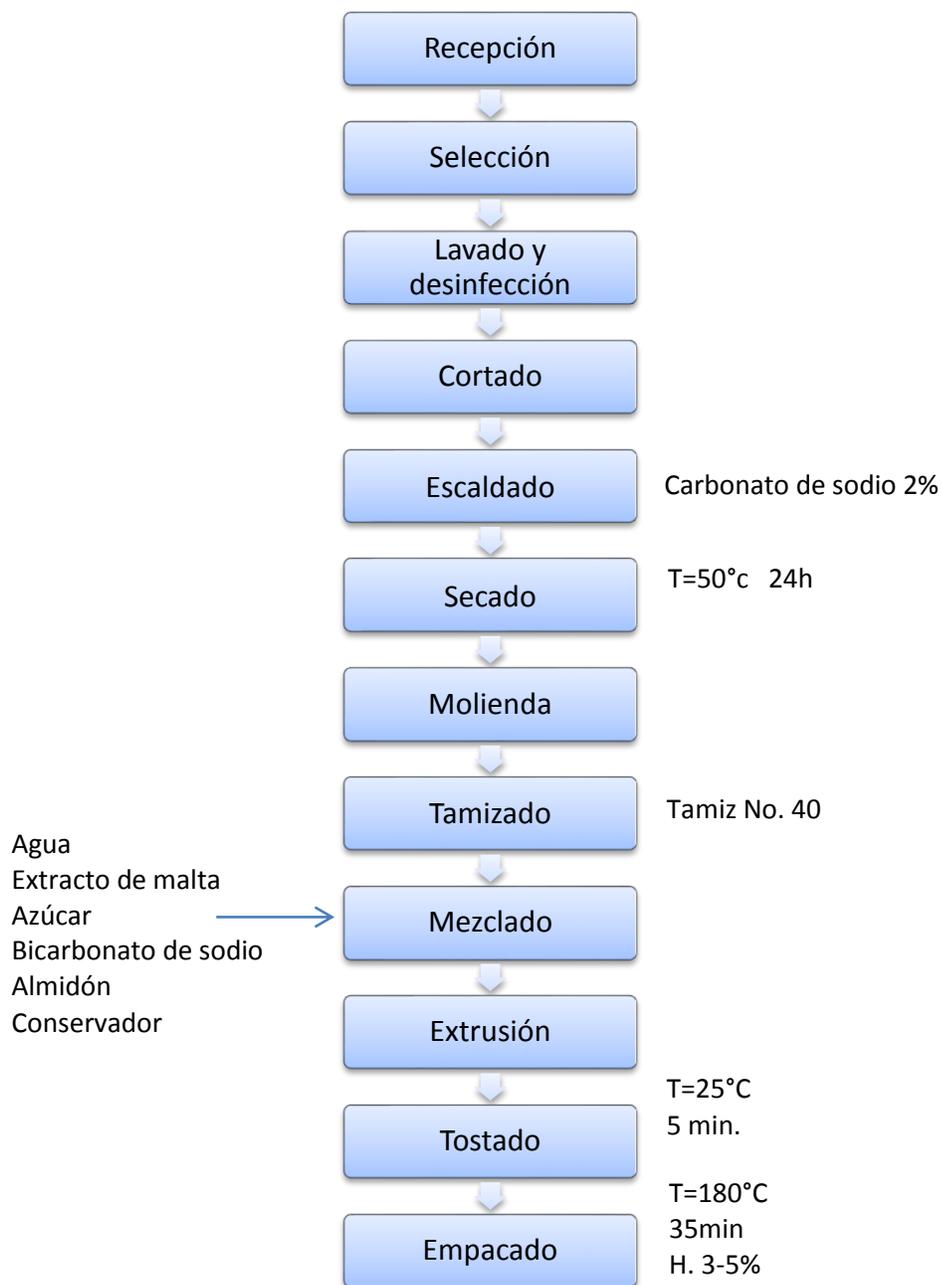


Figura 62. Diagrama de flujo para la elaboración de cereal extruido a base de nopal.

Tabla 36. Formulaciones para la elaboración de cereal extruido con harina de nopal.

Prototipo	Formulación	%							
		Harina nopal	Harina maíz	Extracto de malta	Almidón	Azúcar	Bicarbonato de sodio	BHT	Agua
101	1	5.0	41.5	1.5	1.0	10	1.0	0.01	40
---	2	12.5	34.0	1.5	1.0	10	1.0	0.01	40
212	3	5.0	39.5	3.5	1.0	10	1.0	0.01	40
323	4	10.5	34.0	3.5	1.0	10	1.0	0.01	40
434	5	8.25	37.25	2.5	1.0	10	1.0	0.01	40

(Martínez, 2011).



PROCESOS DE DIVERSOS SUBPRODUCTOS



Figura 63. Diagrama de flujo de extracción de colorantes de tuna púrpura.

UTILIZACIÓN.

- Las betalaínas, pigmentos presentes en las tunas rojas y púrpuras, se utilizan ampliamente en la industria de alimentos. Dado que las betalaínas ya son conocidas, aceptadas y utilizadas, se ha pensado que la tuna puede ser una fuente alternativa para su extracción (Saézn *et al.*, 2006).



Figura 64. Diagrama de flujo para la obtención de extracto de cochinilla carmín.

DESCRIPCION DEL PROCESO O PRODUCTO.

- Los productos comerciales extraídos de la cochinilla son variados, entre ellos se encuentran el extracto de cochinilla, el carmín y el ácido carmínico, los que se presentan como soluciones, lacas y polvos. Los usos más frecuentes de cada tipo de producto, así como sus limitaciones dependerán de algunos factores; pH del producto final, o si este



cambia durante el proceso la temperatura aplicada antes o después de haber colocado el colorante, la vida útil del producto final y las condiciones de su envase almacenamiento, la concentración de colorante para la tonalidad deseada, los agentes que podrían estar en contacto con el colorante antes, durante y después de su aplicación (Sáenz *et al.*, 2006).

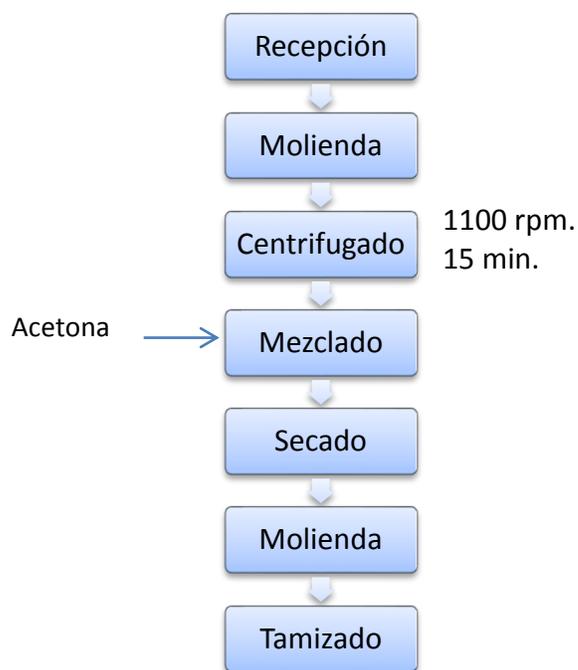


Figura 65. Diagrama de flujo para la obtención de fibra de espinas de nopal.

CARACTERÍSTICAS DE PROCESO.

- El proceso descrito se ha realizado para separar mucílago de los residuos de la fibra soluble e insoluble (Guevara, 2007).



Figura 66. Diagrama de flujo para la extracción de mucílago de nopal.

DESCRIPCION DEL PROCESO O PRODUCTO

- Hasta ahora las metodologías puestas a punto son complejas y costosas y los rendimientos logrados son bajos; sin embargo, el interés despertado en la industria de suplementos alimenticios para elaborar extractos protectores de la mucosa gástrica, entre otros productos, hace pensar que tienen cierto futuro (Sáenz *et al.*, 2006).



Anexo B



Figura 67. Apoyo gráfico para la pregunta ¿Usted ha consumido alguno de estos productos? (parte 1).



Figura 68. Apoyo gráfico para la pregunta ¿Usted ha consumido alguno de estos productos? (parte 2).