



---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**DESARROLLO DE UNA BARRA SALUDABLE  
PARA PACIENTES CON DIABETES**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**P R E S E N T A**

**TINAJERO FONSECA DIANA GABRIELA**



**MÉXICO, CDMX**

**2019**



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.

**JURADO ASIGNADO:**

- PRESIDENTE:** Profesora: **GABRIELA ALATORRE GARCÍA**
- VOCAL:** Profesor: **RODOLFO FONSECA LARIOS**
- SECRETARIO:** Profesora: **MARÍA SOLEDAD CÓRDOVA AGUILAR**
- 1er. SUPLENTE:** Profesor: **JOSÉ LUIS GODÍNEZ RODRÍGUEZ**
- 2° SUPLENTE:** Profesora: **JANELI SOLIS GARFIAS**

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:** GRUPO DE INGENIERÍA DE PROCESO – INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA, UNAM.

**ASESOR DEL TEMA:**

Dra. María Soledad Córdova Aguilar

---

**SUPERVISOR TÉCNICO:**

Dra. Isadora Martínez Arellano

---

**SUSTENTANTE:**

Diana Gabriela Tinajero Fonseca

---

## ÍNDICE

1.RESUMEN.....	5
2.INTRODUCCIÓN .....	7
3.HIPÓTESIS .....	9
4.OBJETIVOS.....	9
4.1 Objetivo General.....	9
4.2 Objetivos Particulares.....	9
5.ANTECEDENTES.....	10
5.1 Diabetes en México .....	10
5.2 Alimento para diabéticos.....	10
5.3 Características nutrimentales de avena, amaranto y del bagazo de nopal.....	11
5.4 Producción de avena, amaranto y nopal en México .....	15
5.5 Características de la miel de agave.....	16
5.6 Parámetros fisicoquímicos.....	17
5.6.1 Humedad .....	17
5.6.2 Aw .....	18
5.6.3 Perfil de textura .....	18
5.6.4 Análisis químico proximal .....	19
5.7 Parámetros microbiológicos .....	20
5.8 Análisis sensorial.....	22
5.8.1 Nivel de agrado .....	22
5.8.2 Preferencia.....	23
5.8.3 Justo como lo esperaba (JAR) .....	23
6. ESTRATEGÍA EXPERIMENTAL .....	24
7.MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
7.1 Método de obtención de bagazo de nopal.....	25
7.2 Análisis químico proximal (AQP) del bagazo de nopal.....	25
7.3 Selección de materia prima .....	25
7.4 Diseño de mezclas.....	25
7.5 Prensado y Horneado .....	26
7.6 Pruebas fisicoquímicas.....	27
7.6.1 Humedad .....	27

7.6.2 Actividad acuosa (aw) .....	27
7.6.3 Perfil de textura .....	27
7.7 Pruebas microbiológicas .....	27
7.8 Pruebas sensoriales .....	28
7.8.1 Nivel de agrado .....	28
7.8.2 Preferencia.....	28
7.8.3 Justo como lo esperaba (JAR) .....	29
7.9 Producto final.....	29
7.9.1 Análisis químico proximal (AQP).....	29
7.9.2 Costos.....	29
8.RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
8.1 Obtención del bagazo de nopal .....	30
8.2 Caracterización del bagazo de nopal .....	31
8.3 Diseño de mezclas.....	32
8.3.1 Cereales añadidos .....	32
8.3.2 Diseño de mezclas.....	32
8.4 Aglutinación y cantidad de jarabe a añadir .....	33
8.5 Prensado y horneado.....	34
8.6 Pruebas fisicoquímicas de las formulaciones .....	35
8.6.1 Humedad y actividad acuosa .....	35
8.7 Pruebas de perfil de textura (TPA).....	35
8.8 Pruebas microbiológicas .....	38
8.9 Pruebas sensoriales .....	39
8.9.1 Nivel de agrado .....	41
8.9.2 Preferencia 1.....	43
8.9.3 Justo Como lo esperaba (JAR).....	45
8.9.4 Preferencia 2.....	46
8.9.5 Producto final .....	47
8.9.5.1 Análisis químico proximal .....	47
8.9.5.2 Costos.....	49
9.CONCLUSIONES.....	50
10.PERSPECTIVAS.....	51

11.BIBLIOGRAFÍA .....	51
12.ANEXOS.....	56
Anexo 1. Análisis químico proximal (AQP) de los bagazos de nopal. ....	56
Anexo 2. Cuestionarios aplicados para la evaluación sensorial hacia consumidores .....	58
Anexo 3. Gráficas de análisis de perfil de textura en las formulaciones. ....	60
Anexo 4. Crecimiento microbiano en el estudio. ....	62
Anexo 5. Análisis estadístico de las formulaciones evaluadas por los consumidores.....	66
Anexo 6. Sesión de evaluación sensorial con consumidores.....	72
Anexo 7. Análisis Químico Proximal (AQP) de producto final. ....	73
Anexo 8. Costeo del producto final. ....	76
Anexo 9. Cartel y extenso enviado al primer congreso mundial del amaranto. ....	79
Anexo 10. Análisis estadístico de pruebas fisicoquímicas (humedad y aw).....	85
Anexo 11. Análisis estadístico de pruebas fisicoquímicas (texturómetro-TPA). ....	98

|

## 1.RESUMEN

Se propuso el diseño de un alimento, en este caso barras a base de amaranto, avena y bagazo de nopal, rico en vitaminas, altamente nutritivo y de costo accesible, apta para consumo en pacientes diabéticos. Desafortunadamente éstos tienen un consumo limitado de productos a partir de cereales y fibra, y los disponibles tienen un costo muy elevado. En esta propuesta se busca utilizar el amaranto como elemento principal, complementado con avena y bagazo de nopal como fuente de fibra, cuya presencia favorece la asimilación de la riboflavina (vitamina B2), vitamina C, ácido fólico y vitamina E del amaranto. Asimismo, se propuso utilizar jarabe de agave como aglutinante y edulcorante, ya que tiene asociado un bajo índice glicémico, avalado por la Asociación Mexicana de Diabetes. Se realizó un diseño de mezclas variando la cantidad de amaranto, avena y bagazo (poda y verdulero), fijando la cantidad de jarabe al 50%, de la cual se obtuvo 6 formulaciones. Se determinó humedad,  $a_w$ , textura-TPA, análisis microbiológico, análisis químico proximal (AQP), el nivel de agrado y de preferencia. El bagazo tuvo una humedad de 6.57 %; para el caso de las seis barras la humedad se obtuvo en el intervalo entre 4.20% a 8.28% y un valor de  $a_w$  entre 0.348 a 0.389; en la prueba de textura-TPA se obtuvieron valores promedio para: masticabilidad de 127.56, elasticidad de 2.52, cohesividad de 0.66, fracturabilidad de 17963.50, adhesividad de 0.30 y dureza de 15911, para poder comparar estos valores con los resultados obtenidos en las pruebas sensoriales. La calidad microbiológica tanto para materia prima como producto terminado cumplió las normas NOM-247-SSA1-2008, NOM-251-SSA1-2009 y NOM-093-SSA1-1994. Para la calidad nutrimental se realizó un Análisis Químico Proximal (AQP) que mostró los siguientes resultados en promedio: hidratos de carbono de 77.44%, fibra dietética de 2.72%, proteína de 7.30%, lípidos de 4.89%, cenizas de 2.25% y una humedad de 5.40%. La evaluación sensorial fue realizada para detectar el nivel de agrado, Preferencia y Justo como lo esperaba (JAR), donde se observó que, a mayor cantidad de bagazo, hubo un menor nivel de agrado por parte del consumidor. Tres de las seis formulaciones tuvieron el mayor nivel de agrado con una media de 6, siendo dos con la mayor cantidad de amaranto y otra con bagazo tipo verdulero e igual proporción de cereal. La estimación del precio de venta por una barra de 15 gramos es de \$14.19 pesos. Al final, se obtuvieron tres barras que proporcionan nutrientes como lo es la proteína, un

importante contenido de fibra en una barra que es una excelente alternativa como “snack” para diabéticos, con alto nivel de agrado y bajo costo.

## 2.INTRODUCCIÓN

La diabetes es una enfermedad degenerativa no transmisible que se presenta cuando la concentración de glucosa en la sangre es demasiado alta. La insulina, es una hormona que produce el páncreas, ayuda a que la glucosa de los alimentos ingrese en las células para usarse como energía. Algunas veces, el cuerpo no produce suficiente insulina y la glucosa se queda en la sangre, lo que produce efectos catabólicos, desfavorables en carbohidratos, grasas y proteínas. Los alimentos propios para diabéticos se caracterizan por tener un nivel bajo de energía, estar libres de carbohidratos de fácil absorción como la glucosa y la sacarosa las cuales producen un rápido efecto hiperglucémico. Este segmento de personas diabéticas ha aumentado en México y los alimentos para ellos son restringidos, hay muy pocos productos avalados por la Federación Internacional de Diabetes, entre ellos se encuentra el yogurt, gelatinas, dulces, edulcorantes, sin embargo, casi no existen alimentos a partir de cereales y adicionados con fibra que proporcionan un gran beneficio a la salud de estos pacientes.

En función de esta demanda de mercado, sobre la población de pacientes diabéticos, es oportuna la elaboración de un “snack”, que además sea un alimento funcional, con componentes asociados con el control, tratamiento y la prevención de diabetes.

La propuesta es una barra a base de amaranto y avena, los cuales tienen un efecto positivo contra esta enfermedad, además de otros beneficios relacionados con una disminución respecto a padecer enfermedades cardiovasculares. Asimismo, se incorporará fibra obtenida del bagazo de nopal, para favorecer la asimilación de diversas vitaminas. Finalmente, se añade jarabe de agave como aglutinante y edulcorante, por tener un bajo índice glicémico y por estar avalado por la Asociación Mexicana de Diabetes.

El bagazo de nopal puede ser obtenido de dos variedades; el nopal poda o el nopal verdulero, que son un subproducto agroindustrial de la obtención de mucílago, por lo cual da un valor agregado al producto.

Los parámetros fisicoquímicos como lo son la actividad acuosa ( $a_w$ ), la humedad y el perfil de textura, se llevaron a cabo para establecer la calidad de las materias primas y del

producto terminado. De la misma manera los parámetros microbiológicos (mesófilos aerobios, mohos, levaduras y coliformes), se cuantificaron para conocer si las materias primas cubrían con los requerimientos mínimos para poder ser utilizados en la elaboración de la barra; así como para garantizar la inocuidad del producto y certificar que fueron elaboradas bajo buenas prácticas de manufactura. Por otra parte, se realizó un análisis sensorial de nivel de agrado, preferencia y justo como lo esperaba (JAR) por sus siglas en inglés, para determinar las percepciones, nivel de aceptación y las preferencias del consumidor hacia el producto, para que en un futuro sea dirigido al segmento de diabéticos en México, teniendo más alternativas de productos a un precio accesible con propiedades nutricionales y tecno-funcionales.

### **3.HIPÓTESIS**

El bagazo de nopal puede ser una fuente de fibra en la formulación de barras de cereales, con características tecno-funcionales, microbiológicas y sensoriales para ser consumidas por pacientes diabéticos.

### **4.OBJETIVOS**

#### **4.1 Objetivo General**

Desarrollar formulaciones de barras nutritivas a partir de avena, amaranto y bagazo de nopal, que son fuente de proteína y fibra, además de no contener azúcar y presentar características tecno-funcionales, calidad microbiológica y pruebas sensoriales agradables para pacientes con diabetes y para el consumidor en general.

#### **4.2 Objetivos Particulares**

- Obtener y acondicionar el bagazo que proviene de la extracción mecánica de mucílago de nopal (verdura y poda) para ser utilizado como fuente de fibra.
- Diseñar formulaciones con proporciones de fibra y cereales de acuerdo a la norma NOM-086-SSA1-1994.
- Evaluar la calidad microbiológica y características fisicoquímicas del producto.
- Determinar la aceptación sensorial al variar la especie de nopal, en función del tipo de bagazo utilizado como fuente de fibra.

## 5.ANTECEDENTES

### 5.1 Diabetes en México

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (ENSANUT) de México reveló que existe una prevalencia de 73.9% de obesidad en el país (64.5% en hombres y 82.8% en mujeres). Indica que uno de cada tres adolescentes de entre 12 y 19 años presenta sobrepeso u obesidad, lo que hace a México el primer lugar en obesidad infantil, y en obesidad en mujeres adultas.

La diabetes es una enfermedad multifactorial, en la clasificación de enfermedades no transmisibles, la cual involucra factores, desde genéticos hasta ambientales. La Organización Mundial de la Salud, define la diabetes como una enfermedad en la que se reduce la secreción y/o acción de insulina llevando así, a la hiperglucemia crónica (aumento excesivo de glucosa en sangre), que a su vez produce efectos catabólicos desfavorables en carbohidratos, grasas y proteínas. Se clasifica de acuerdo a la causa que origina el padecimiento reconociendo así, tres tipos de diabetes (tipo 1, tipo 2 y gestacional) (WHO, 2011).

De acuerdo al INEGI hay 119 millones 530 mil 753 habitantes en México de los cuales 10.6 millones de mexicanos padecen diabetes, siendo un segmento de la población que va incrementando.

Ante la magnitud y trascendencia de los casos de diabetes mellitus, el primero de noviembre de 2016 el Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades de la Secretaría de Salud emitió una declaratoria de emergencia epidemiológica (Bermúdez *et al*, 2019).

### 5.2 Alimento para diabéticos

El consumidor diabético quiere alimentos que le aporten la energía y nutrientes que necesita para llevar a cabo las actividades físicas del día y el buen funcionamiento del organismo. Alimentos con ingredientes o compuestos bioactivos que además de cubrir estas necesidades básicas, aporten algún beneficio a la salud (Lutz, M y León,2009).

En la alimentación del diabético se busca garantizar un buen estado nutricional, mantener un equilibrio metabólico normal, evitar al máximo las oscilaciones glicémicas (hipo e hiperglucemias) y las complicaciones que limitan la calidad de vida del paciente. Los alimentos para diabéticos se caracterizan por tener un nivel bajo de energía, son libres de carbohidratos de fácil absorción como la glucosa y la sacarosa, o son formulados de tal manera que no produzcan un rápido efecto hiperglucémico (Panadés 1998).

Para la European Food International Council (EUFIC, 2005), los alimentos funcionales son aquellos alimentos que son elaborados no sólo por sus características nutricionales, sino también para cumplir una función específica como puede ser mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades.

Para ello se les agregan componentes biológicamente activos, como minerales, vitaminas, ácidos grasos, antioxidantes, o en este caso fibra y proteína.

El 60% de las proteínas consumidas actualmente por el hombre, provienen de los cereales (Yúfera, 2000). En productos horneados el uso de salvado de trigo, de avena y otras fibras han demostrado una respuesta muy positiva en la reducción del índice glicémico de los alimentos y por consiguiente en la respuesta glicémica de las personas (Venegas, 2009).

Asimismo aumentar la ingesta de granos integrales como la avena, baja los niveles de insulina, disminuyendo así, la glucosa en sangre (Pereira, 2002).

### **5.3 Características nutrimentales de avena, amaranto y del bagazo de nopal**

La mayoría de los cereales son ricos en carbohidratos, sin embargo la proporción de proteínas en el cereal de la avena es el doble que otros cereales, como el arroz, cebada, centeno, trigo, maíz, sorgo, etc. Las proteínas representan alrededor del 13%, en peso, del grano entero de trigo. Porcentajes más bajos, alrededor del 10%, se presentan en el arroz, cebada y maíz y mayores, con el 22% en la avena (Yúfera, 2000).

Los cereales constituyen una buena fuente de vitaminas del grupo B, siendo la más abundante la niacina, seguida por el ácido pantoténico, la piridoxina y la tiamina. También son ricos en inositol y tocoferoles (Yúfera, 2000).

La avena es un cereal formado por la cascara externa y la semilla donde la cascara externa se compone de cascarilla con lignocelulosa y la semilla a su vez se compone de dos estructuras: el germen, que es rico en proteínas de alto valor biológico, grasas insaturadas con ácidos grasos esenciales, vitaminas (E y B) y el endospermo que se compone mayormente de almidón; contiene carbohidratos de absorción lenta y de fácil asimilación. Estos proporcionan energía durante mucho tiempo después de ser absorbidos por el aparato digestivo, evitando la sensación de fatiga y desmayo que se experimenta cuando el cuerpo vuelve a reclamar glucosa (hipoglucemia). Además, de ácidos grasos insaturados, contiene fibra, tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico y polisacáridos como el  $\beta$ -glucano (Mendoza, 2015).

El  $\beta$ -glucano de la avena consiste en cadenas largas de unidades de glucosa (al menos 5.000) ligadas por ambas uniones glicosídicas  $\beta$ 1-3 y  $\beta$ 1-4, la cadena es dominada por uniones  $\beta$ 1-4 semejantes a los de la celulosa pero interrumpida cada tres o cuatro unidades de glucosa por una unión  $\beta$ 1-3. Esto tiene el efecto de romper la estructura ordenada asociada a la celulosa y a la vez le imparte solubilidad en agua. Hay mucha evidencia de que los  $\beta$ -glucanos son beneficiosos en relación con las enfermedades coronarias puesto que reducen el nivel de colesterol sanguíneo. El mecanismo más probable de esta actuación es que su carácter viscoso impide la reabsorción de colesterol y ácidos biliares por parte del intestino delgado y en consecuencia contribuyen a agotar el colesterol corporal (Coultrate, 2007).

Las propiedades hipoglicemiantes del  $\beta$ -glucano de avena son de interés para la industria alimentaria y el área clínica, por sus potenciales beneficios sobre la salud al disminuir la respuesta glicémica, el nivel sérico de lipoproteínas de baja densidad y el índice glicémico de los alimentos (Dávila, 2000).

Por otro lado, en los cereales, la composición de aminoácidos varía según el tipo de cereal, siendo el contenido del aminoácido lisina bajo (Callejo, 2002). El amaranto es considerado como un pseudocereal, siendo una fuente importante de proteínas, minerales y vitaminas (A, B y C), además de ácido fólico, niacina, calcio, hierro, fósforo y con gran cantidad de aminoácidos como la lisina, complementando la carencia de éste (Mendoza, 2015). El contenido de compuestos como flavonoides, ácidos fenólicos y vitaminas, así como el alto

contenido de aminoácidos esenciales, en especial la lisina (Nisar Ahmad Mir 2018), hacen que el consumo de amaranto tenga un efecto positivo en la salud además de favorecer la reducción y/o prevención de enfermedades degenerativas no obstante la deficiencia en fibra, esto ha tomado un gran interés debido al reporte que dentro de sus proteínas se encuentran encriptados péptidos con diferentes funciones biológicas entre las que destacan sus propiedades antihipertensivas, cáncer-preventivas y antidiabéticas (Barba de la Rosa, 2018).

La cantidad de proteína de la semilla de amaranto es mayor que la de los cereales y oscila entre un 17 y 18%. Contiene el doble de proteína que el maíz y el arroz, y de 60 a 80% más que el trigo, de igual manera contiene ácido linoleico, de 9 a 16% de fibra dietética y un contenido elevado de fitoesteroles, que son agentes importantes porque se han asociado a la disminución del colesterol en sangre y la prevención de enfermedades coronarias y arteriales (Mendoza, 2015).

Además de las proteínas, la semilla de amaranto contiene fitoquímicos como quercetina y rutina, considerados como potentes antioxidantes, además el amaranto es considerado como la mejor fuente vegetal para la extracción de escualeno. Por lo tanto, se ha intensificado el estudio en amaranto, así como el interés por su consumo (Escobedo, *et al*; 2017).

Los péptidos bioactivos en el amaranto son secuencias de amino ácidos en las proteínas de los alimentos. El procesamiento térmico, la fermentación entre otros procesos, pueden liberar parcialmente estos péptidos y durante la digestión en el tracto gastrointestinal por las enzimas digestivas o acción de la microbiota son liberados y absorbidos llegando a los tejidos blanco donde llevan a cabo su acción biológica (Möller, 2008).

Del primer estudio realizado “in silico” se usaron 36 secuencias de proteínas de amaranto depositadas en las bases de datos ([www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)) y se obtuvo un total de 1573 péptidos activos con 39 diferentes actividades (Barba de la Rosa, 2018).

Los péptidos con función antihipertensiva son los de mayor frecuencia en la fracción globulinas y por lo tanto fueron los primeros péptidos en ser caracterizados por varios grupos. Péptidos con actividad antihipertensiva, péptidos con propiedades cáncer-

preventivo y péptidos con actividad inhibitoria de la dipeptidil peptidasa IV (DPPIV), este último péptido contrario a la fracción globulinas, la fracción glutelinas de amaranto presenta una mayor frecuencia de péptidos inhibidores de proteasas, específicamente inhibidores de la dipeptidil peptidasa IV (DPPVI). La DPPIV es una enzima que actúa sobre las incretinas, hormonas involucradas en la secreción de insulina, y blanco terapéutico para el tratamiento de la diabetes. Los péptidos de amaranto fueron analizados in vitro mostrando que son capaces de inhibir hasta el 60% de la actividad de la DPPIV (Rastogi, 2012).

Por otro lado, en el nopal se encuentran vitaminas, saponinas, flavonoides, carotenos, alcaloides, terpenos, ácidos orgánicos y minerales, siendo la fibra dietética en componente mayoritario (Granados, 1991).

La celulosa y las hemicelulosa son los componentes mayoritarios de la fracción conocida como “fibra dietética” especialmente en los cereales. Se ha prestado considerablemente atención a los efectos nutricionales benéficos de las dietas ricas en fibras de muchas enfermedades que son características del hombre urbano de los tiempos actuales. Existen dos áreas distintas de la salud humana en las que se cree que la fibra ejerce una influencia beneficiosa. Desde hace mucho tiempo que se conocen los efectos benéficos de las dietas ricas en fibra sobre las funciones del intestino grueso. A las dietas ricas en fibra se asocian incidencias considerablemente menores de numerosas alteraciones intestinales, como el estreñimiento, la diverticulosis y el cáncer. Estas ventajas parecen derivarse del mayor volumen que la fibra confiere a los contenidos intestinales. Mejora la musculatura de la pared intestinal, reduce el tiempo durante los que los carcinógenos potenciales derivados de otros alimentos permanecen en el intestino. La relación entre el consumo de fibra dietética y la incidencia de la enfermedad arterial es compleja y parece que no todas las formas de fibra son igualmente eficaces en el descenso de las tasas de los diferentes tipos de lípidos sanguíneos (Coultrate, 2007).

Se ha encontrado que las cactáceas producen flavonol 3-O-glicosidos (quercetina, kaempferol e isorhamnetina), dihidroflavonoles, flavanones y flavanonoles, también se han encontrado trazas de antocianinas en *Opuntia ficus indica* (Wallace, 1986).

El estudio de los fitoquímicos ha cobrado gran importancia por su capacidad de brindar diferentes beneficios a la salud, tales como, prevención de cáncer de estómago, esófago, pulmón, cavidad oral, endometrio, páncreas y colon, así como enfermedades coronarias, diabetes, alta presión sanguínea, inflamación, infecciones microbiológicas, úlceras, etc. (Steinmetz, 1996).

Los antioxidantes naturales pueden jugar un papel importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares, carcinogénesis y varias enfermedades crónicas (Meyer, 2000).

La ingesta regular de nopal, puede reducir enfermedades cardiovasculares, enfermedades degenerativas entre ellas la diabetes. Estos beneficios son principalmente atribuidos a los compuestos antioxidantes y dietéticos de la fibra presente en frutas y hortalizas, entre ellas el nopal de la Ciudad de México. (Guevara, et al. 2011).

#### **5.4 Producción de avena, amaranto y nopal en México**

El campo mexicano da origen a tres de cada mil toneladas de la avena que se usa en todo el mundo. Chihuahua, Estado de México e Hidalgo son los principales productores de avena, la cual está disponible mayoritariamente de junio a diciembre, teniendo 2.2Kg de consumo per cápita al año (SIAP- SAGARPA 2017).

México se abastece con 98.83% de la avena proveniente de la producción nacional y con 1.17% de importaciones provenientes de Canadá y Estados Unidos. Las importaciones de avena indican que hay un mayor ingreso promedio en los meses de marzo, julio y noviembre. (SIAP SAGARPA, 2017).

Por otro lado, el cultivo de amaranto (*Amaranthus spp*) tiene una amplia gama de usos en la alimentación humana; debido a su alto contenido y calidad biológica de proteínas, por lo que puede ser postulado como un cultivo potencial para aliviar problemas alimentarios y de desnutrición. En el caso de amaranto la producción en el periodo 2012-2017 aumentó a una tasa media anual de 3.3%. Este ritmo se atribuye a mayores rendimientos en las entidades con el cultivo principalmente Puebla. De tal modo Puebla, Tlaxcala y Estado de México son los principales productores, estando mayoritariamente disponible en los meses de octubre a febrero, con 4.0 g consumo anual per cápita. A nivel nacional la producción se

ha incrementado, pero ha enfrentado problemas de mercado, desde 1990 hasta 2015, la tasa de crecimiento media anual (TCMA) fue 8.58 %; de 2008 a 2010 se obtuvo un promedio de 4,075 toneladas; mientras que en 2014 se reportaron 6,547 toneladas y en 2015 fueron 8,551 toneladas (SIAP SAGARPA, 2017).

La producción de nopal en México es considerada como una de las actividades agrícolas con mayor relevancia, ya que gracias a las características de esta especie vegetal es posible cultivarla en diferentes regiones de la República incluso en aquellas que presentan altas temperaturas y periodos prolongados de sequía, esto permite obtener más de 800 mil toneladas de este producto al año, lo cual coloca al país como el principal productor a nivel mundial. La superficie destinada al cultivo de nopales en el 2017 alcanzó las 12 mil 731 hectáreas, las cuales generaron un volumen que supera las 829 mil toneladas de la hortaliza, los principales productores son Ciudad de México, Estado de México y Morelos, con disponibilidad de todo el año y 6.3 kg consumo anual per cápita. (SIAP-SAGARPA 2017). Su mayor producción está en el centro del país, en donde predominan variantes como la Atlixco y la Milpa Alta, en sistemas intensivos.

### **5.5 Características de la miel de agave**

A diferencia de compuestos como la clorofila, los aminoácidos proteicos, los ácidos nucleicos y la mayoría de los carbohidratos, todos ellos metabolitos primarios no fue posible asociar a los metabolitos secundarios, durante mucho tiempo, con los procesos fundamentales de la vida de las plantas y se les consideró como errores del metabolismo primario, sustancias de desecho o sobrantes metabólicos. Fue el médico alemán de origen prusiano Alberto Kossel, quien en 1891 se refirió a ellos como metabolitos secundarios, término que se ha mantenido hasta nuestros días. Recientemente los metabolitos secundarios han sido considerados como productos de desintoxicación, productos de degradación y productos de almacenamiento (Almaraz, 2011).

Las especies de agave son ricas en saponinas, por lo que la mayoría de los estudios fitoquímicos del género se han enfocado al estudio de la composición de estos metabolitos secundarios, se ha encontrado una composición fenólica compleja como lo es la 5, 7-dihidroxi-6,5-dimetoxi-3 y 4-metilenedioxiflavona. Los compuestos fenólicos son el principal grupo de metabolitos secundarios que poseen un amplio intervalo de estructuras y

funciones; contienen dentro de su estructura un anillo aromático con uno o más sustituyentes hidroxilo (Robards *et al.*, 1999).

El interés en estos compuestos radica en el papel que juegan en el metabolismo y desarrollo de la planta, así como el impacto de sus propiedades organolépticas y nutritivas en frutas y vegetales; y más recientemente, la importancia de su papel fisiológico en el organismo. Se ha comprobado que los compuestos fenólicos tienen una acción benéfica en el organismo y en los alimentos, donde son oxidados preferentemente a otros componentes del alimento o componentes celulares y de tejidos (Robards *et al.*, 1999).

Existen en el mercado escasos productos de régimen destinados a los diabéticos, algunos alimentos para diabéticos contienen sorbitol, que es un azúcar de absorción muy lenta, cuyo metabolismo es independiente de la insulina y que se transforma en fructosa en el hígado. El exceso de sorbitol puede ocasionar diarreas osmóticas (Cervera, 1999).

Los edulcorantes sintéticos a base de sacarina, ciclamatos y aspartamo utilizados moderadamente no ofrecen ningún peligro, pero deben desaconsejarse en caso de embarazo (Cervera, 1999).

Por décadas los productos sin azúcar fueron los principales alimentos para diabéticos con una selección limitada de caramelos duros sin azúcar, batidos enlatados, y gomas de mascar sin azúcar (Cantor, 2016). Se ha buscado realizar alimentos con edulcorantes naturales como lo es el jarabe de agave, avalado por la Asociación Mexicana de Diabetes.

## **5.6 Parámetros fisicoquímicos**

Algunas de las pruebas fisicoquímicas que pueden analizarse en una inmensa variedad de alimentos son: pH, solubilidad, acidez titulable, aw, humedad, cenizas, proteínas, fibra, grasa, color, textura, sólidos solubles (°Brix), etc. Cada alimento tiene ciertas características, en el caso de las barras de cereal se puede presentar una pérdida o ganancia de humedad (Hough, 2005).

### **5.6.1 Humedad**

Las propiedades coligativas, reológicas y de textura de un alimento dependen de su contenido de agua, aun cuando éste también influye definitivamente en las reacciones

físicas, químicas, enzimáticas y microbiológicas. El agua se puede encontrar como “libre” o como “ligada”; la primera se refiere a aquella que se encuentra disponible para el crecimiento de los microorganismos y para intervenir en las otras reacciones y transformaciones, ya que la segunda está unida a la superficie sólida y no actúa por estar “no disponible o inmóvil”. Es decir, bajo este sencillo esquema, sólo una fracción del agua, denominada actividad de agua ( $a_w$ ), es capaz de propiciar estos cambios y es aquella que tiene movilidad o disponibilidad (Badui, 2013).

### **5.6.2 $A_w$**

La actividad de agua, o  $a_w$ , es la relación entre la presión de vapor del agua en una solución ( $P_s$ ) y la presión de vapor del agua pura ( $P_w$ ):  $A_w = P_s / P_w$  (Vaclavik, 2002).

Es con base en este valor empírico que se puede predecir la estabilidad y la vida útil de un producto, y no con su contenido de agua (humedad); y refleja el grado de interacción con los demás constituyentes, además de que se relaciona con la formulación, el control de los procesos de deshidratación y de rehidratación, la migración de la humedad en el almacenamiento y muchos otros factores que inciden directamente en la vida útil del alimento (Badui, 2013).

Los tejidos vivos requieren niveles suficientes de agua para mantener la turgencia, y la  $a_w$  debe ser alta. Sin embargo los microorganismos como las bacterias, mohos y levaduras se multiplican a un valor superior a 0.5. Puesto que se debe controlar su crecimiento, las técnicas de conservación frente a las alteraciones que causan estos microorganismos tienen en cuenta la actividad de agua del alimento. Se produce menos crecimiento bacteriano si se disminuye el nivel de agua a menos de 0.5 (Vaclavik, 2002).

### **5.6.3 Perfil de textura**

La textura de los alimentos es esencialmente una experiencia que percibimos los seres humanos como resultado de la interacción con el alimento y su estructura y comportamiento cuando es manipulado o consumido. La comprensión de nuestra respuesta a la estructura del alimento y su rotura implica una matriz de disciplinas, desde aspectos fisiológicos, hasta psicológicos de la percepción, a estudios físicos y químicos de la composición y estructura de los materiales alimenticios y su comportamiento al ser deformados o cortados (Rosenthal, 2001).

La textura es un atributo de calidad muy importante en la industria de los alimentos, tanto en estado fresco, como aquellos procesados, con objeto de evaluar su aceptabilidad, frescura, firmeza y la calidad de un producto (Konopacka *et al*, 2004).

En el pasado, la mayoría de la investigación de la textura del alimento se llevaba a cabo por reólogos y científicos físicos. El lado sensorial del tema a menudo fue considerado como subjetivo y fue relegado a los psicólogos que estudiaron la percepción, En los últimos 30 años se han visto grandes avances en las técnicas y equipos (incluyendo el poder de los ordenadores) disponible tanto para los reólogos como los científicos sensoriales. La consecuencia de estos avances tecnológicos es una convergencia entre la medida instrumental física y las técnicas de la ciencia sensorial (Hart, 1991).

Actualmente, la gente que trabaja en la industria de alimentos, el laboratorios de control de calidad y en institutos de investigación poseen un gran número de ensayos instrumentales diferentes disponibles para la determinación de los parámetros de proceso; verificando y controlando la calidad de los alimentos, de los productos intermedios o de las materias primas; y la predicción de la aceptación por parte de los consumidores. En los últimos años, han aparecido en el mercado varios instrumentos relativamente baratos y versátiles (Rosenthal, 2001).

El método instrumental comúnmente utilizado es el análisis del perfil de textura (TPA), que imita las condiciones a que se somete el material durante el proceso de masticación (Bourne, 1978). Sin embargo, la evaluación sensorial sigue siendo la mejor forma para apreciar la propiedad de textura. Además, es necesario que las medidas obtenidas con métodos instrumentales puedan correlacionarse con respuestas de jueces entrenados en análisis sensorial, para que el uso de una técnica instrumental pueda ser válido y confiable (Morales, 1994).

#### **5.6.4 Análisis químico proximal**

Las determinaciones que se realizan más frecuentemente para conocer la composición de los alimentos incluyen la determinación de humedad, cenizas, extracto etéreo (grasa

cruda), proteína total, fibra y carbohidratos asimilables, en un protocolo conocido como Análisis Proximal (Aurand, *et al.*, 1987).

### **5.7 Parámetros microbiológicos**

La calidad microbiológica de los alimentos es fundamental porque influye en su conservación y vida de anaquel y, sobre todo, porque los microorganismos presentes en ellos, pueden ser causantes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA's). Por esas razones, las normas en materia de alimentos, generalmente establecen la calidad microbiológica en términos de microorganismos indicadores. Éstos son organismos (o grupos) que advierten oportunamente de un manejo inadecuado o contaminación que incrementan el riesgo de presencia de microorganismos patógenos en alimentos (Labuza, 1985), por esto se les denomina “microorganismos indicadores” y se catalogan frecuentemente como de gran importancia al establecer la seguridad y calidad microbiológica de los alimentos. Las principales bacterias empleadas como indicadores son coliformes, mesófilos y mohos y levaduras.

Las principales bacterias coliformes son *Escherichia coli* y *Enterobacter aerogenes*. La primera se encuentra normalmente en el tracto gastrointestinal del hombre y de los animales y raramente aparece en otro lugar, mientras que *Enterobacter aerogenes* se asocia normalmente con la vegetación y solo ocasionalmente aparece en el intestino.

La detección de estas bacterias es en medios selectivos como agar Mac Conkey y el agar Bilis Rojo Violeta. La incubación tiene lugar a 37°C durante 24 horas. Todas las colonias que muestran un color característico rojo o púrpura se consideran enterobacterias (Mossel, 1985).

Asimismo, los mohos y levaduras son hongos que pueden ser responsables del deterioro de los alimentos. No se conoce que los mohos causen alteraciones gastrointestinales, están implicados en enfermedades de larga duración, como el cáncer de hígado, en animales que han sido alimentados con cultivos enmohecidos. Los mohos son una fuente común de deterioro de los alimentos. Sobre los alimentos producen un crecimiento difuso no deseado llamado micelio que puede ser de color azul, verde, blanco y negro.

Las levaduras no se ha demostrado que causen enfermedades, pero, no obstante, debe ser controlado el crecimiento no deseado de las levaduras. Las levaduras pueden deteriorar los alimentos formando manchas rosas sobre quesos húmedos o enturbiar el líquido que contienen los botes de condimentos, entre otras cosas (Vaclavik, 2002).

La determinación de mohos y levaduras, se lleva a cabo a partir de diluciones decimales de la muestra, que se inoculan en placas vertidas de papa dextrosa agar (PDA) y agar extracto de malta (AEM) acidificados con ácido tartárico, para favorecer a los hongos y levaduras e inhibir bacterias (NOM-111-SSA1-1994). En algunos casos, se utilizan antibióticos para hacer más selectivo el medio de cultivo.

Los mesófilos al igual que coliformes, hongos y levaduras, son indicadores, esta determinación indica el grado de contaminación de una muestra y las condiciones que han favorecido o reducido la carga microbiana. Desde luego, no se aplica a alimentos fermentados, y puede dar escasa información sobre el manejo del alimento cuando éste es poco favorable para el desarrollo microbiano por su pH ó *aw*, por ejemplo. Su detección se lleva a cabo a partir de diluciones decimales de la muestra, que se inoculan en placas vertidas de agar triptona glucosa extracto o agar cuenta estándar. Las placas se incuban en condiciones de aerobiosis, a 35°C durante 24 a 48 horas. Es importante aplicar las reglas para el recuento, de la NOM-092-SSA1- 1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Bacterias Aerobias en Placa (Pierson, 2001).

Por lo que los coliformes indican eficiencia en los procesos de sanitización y buenas prácticas de manufactura, los mohos y levaduras indican el grado de contaminación en el alimento y los mesófilos indican el grado de contaminación de una muestra y las condiciones que favorecieron o redujeron su carga (Labuza, 1985).

En el año 2000, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) determinó que el uso de radiación ultravioleta es seguro, asimismo a una longitud de onda de 254nm, se absorbe en un nivel que es suficiente para la desinfección; esto se debe a que ocasiona cambios físicos en los electrones y el rompimiento de enlaces en el ácido desoxirribonucleico (ADN), inactivando así los procesos de crecimiento y reproducción microbiana (Bolton y Cotton, 2001).

## **5.8 Análisis sensorial**

La evaluación sensorial surge como una necesidad de mantener constante la calidad de los alimentos procesados y por ende mantener el liderazgo en el mercado y es en esta industria donde ha tenido el mayor desarrollo (Morales, 1994).

Por otra parte, los métodos sensoriales en forma general pueden ser separados en dos grupos: métodos analíticos y métodos afectivos. Los métodos analíticos es evaluar las características de los alimentos utilizando para ello jueces entrenados, mientras que los métodos afectivos evalúan la respuesta o lo que provoca el producto en el consumidor (Calí, 2010).

El análisis descriptivo figura entre las herramientas más sofisticadas en el análisis sensorial, ya que permite obtener una descripción objetiva de las propiedades sensoriales de varios tipos de productos y materiales. Para ello, involucra la detección y descripción tanto cualitativa como cuantitativa de un producto de consumo (Piggott et al., 1998).

Las pruebas afectivas pueden clasificarse en tres tipos: pruebas de preferencia, pruebas de grado de satisfacción y pruebas de aceptación (Pedrero, 1997) y presentan mayor variabilidad en los resultados y éstos son más difíciles de interpretar (Morales, 1994).

### **5.8.1 Nivel de agrado**

Nos sirven para manejar más objetivamente datos tan subjetivos como son las respuestas de los consumidores acerca de cuánto les gusta o les disgusta un alimento. Para llevar a cabo estas pruebas se utilizan escalas hedónicas. La palabra <<hedónico>> proviene del griego **ἔδος**, que significa placer. Por lo tanto, las escalas hedónicas son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban (Morales, 1994), principio de la prueba de escala hedónica verbal consiste en pedirle a los consumidores que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, por medio de escalas verbales o gráficas, la escala verbal va desde me gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo, entonces las escalas deben ser impares con un punto intermedio de ni me gusta ni me disgusta y la escala gráfica consiste en la presentación de caritas o figuras faciales. La escala más empleada para el desarrollo de esta prueba es la escala de Peryamm & Pilgrim, 1957 (Lawless, 2010).

### **5.8.2 Preferencia**

Son pruebas en las que se le pregunta al consumidor que escoja el producto que prefiere. La pregunta típica es ¿Cuál de los siguientes productos prefieres? Las opciones para que el consumidor responda pueden ser varias: 1) Prefiero este producto, 2) Prefiero a los dos productos por igual, 3) No prefiero ninguno. Por lo general las pruebas de preferencia se hacen pareadas (dos productos), y cuando se tienen más de dos productos se le pide al consumidor que ordene los productos de mayor a menor preferencia, y se llaman pruebas de ordenamiento.

En esta prueba de preferencia simplemente se desea conocer si los jueces prefieren una cierta muestra sobre otra. Aquí no se busca determinar si los jueces pueden distinguir entre dos muestras –donde no importan los gustos personales- sino que se requiere evaluar si realmente prefieren determinada muestra- (Morales, 1994).

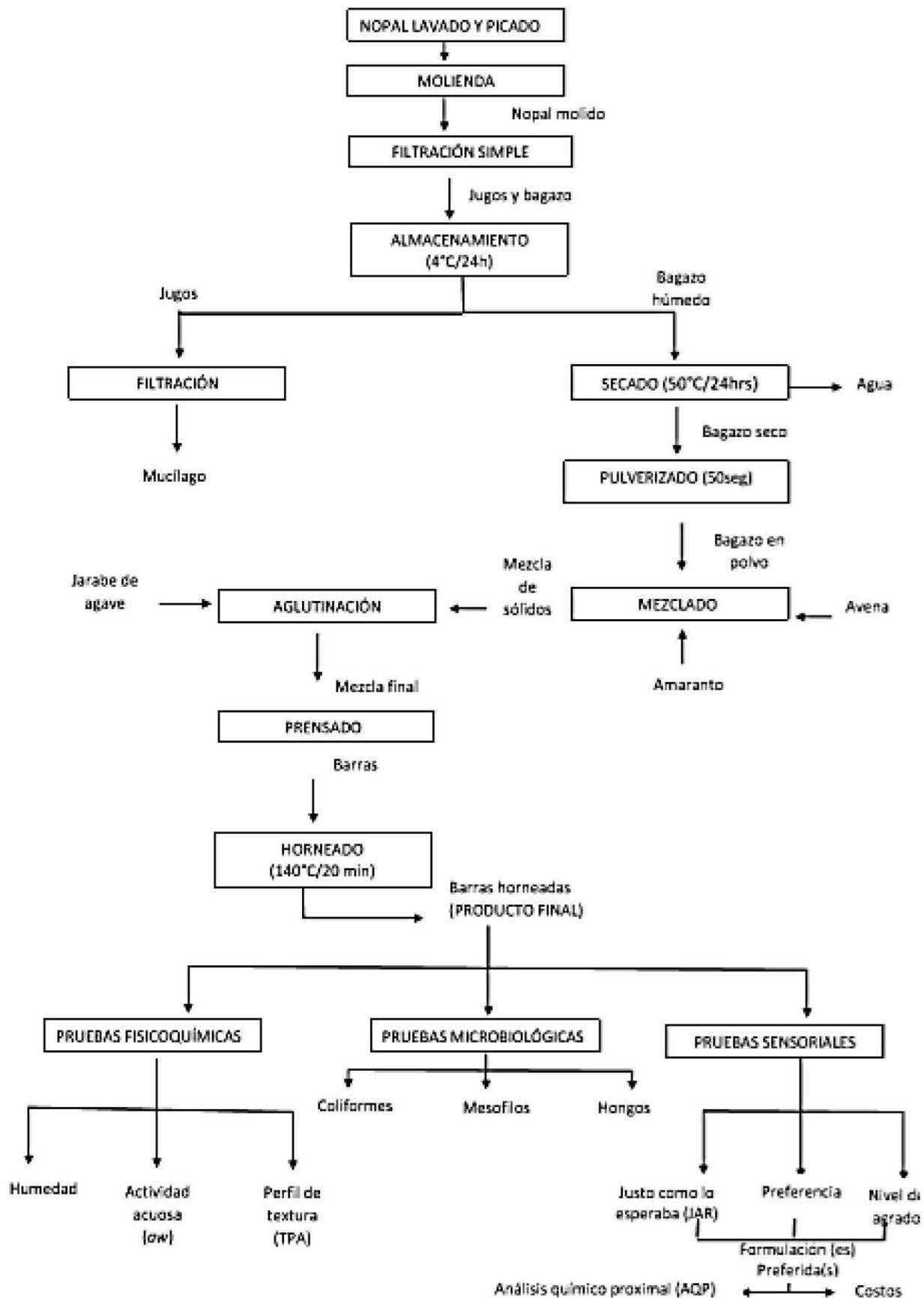
### **5.8.3 Justo como lo esperaba (JAR)**

Las escalas JAR son ampliamente utilizadas en el desarrollo de nuevos productos, como técnica de investigación de consumidores. Se emplean para identificar si los atributos presentes en el alimento están justo como los espera el consumidor, o por el contrario, necesitan subir o bajar la intensidad de dicho atributo. En esta técnica se utilizan escalas para los diferentes atributos, en donde los consumidores tienen que decir si cada atributo está en el punto ideal (justo como lo esperaba), o si le falta intensidad (menos de lo que esperaba) o le sobra intensidad (más de lo que esperaba).

En este análisis se suelen combinar las escalas de atributos con escalas hedónicas. De esta forma, se pueden obtener resultados más completos y sacar conclusiones más sólidas, sabiendo cómo afecta el hecho de que un atributo no sea el óptimo a la aceptación global o la decisión de compra.

Para el diseño de dichas escalas se tienen que definir los atributos para no saturar al consumidor, fáciles de comprender como sabor dulce, sabor ácido, blando o duro, entre otros, evitando algo como suavidad en la boca. La escala puede ser de 3, 5, 7 o 9 puntos, la más usada es de 5 puntos (Hayes, *et al*; 2014).

## 6. ESTRATEGIA EXPERIMENTAL



## 7.MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1 Método de obtención de bagazo de nopal

Para obtener el bagazo de nopal se utilizó nopal *Opuntia ficus indica* sin espinas tanto el tipo verdulero como el poda, el nopal, se fraccionó en un triturador diseñado y manufacturado en el Laboratorio de Ingeniería de Proceso-ICAT, posteriormente se licuó hasta obtener una pasta en una licuadora (Vitamix®), enseguida, se filtró en sacos de filtración (Pentair Industrial®) modelo BP-420-1, donde lo que no es filtrado será el bagazo húmedo. El bagazo se secó en un deshidratador de charolas (AVANTCO®) de 120V a 50°C durante 24 horas con el fin de obtener un *aw* de 0.3. Finalmente, el bagazo seco se molió en una licuadora (Vitamix®) durante 50 segundos, hasta obtener un polvo fino.

### 7.2 Análisis químico proximal (AQP) del bagazo de nopal

El desarrollo del análisis químico proximal para el bagazo poda y para el bagazo tipo verdulero, se determinó humedad, proteína, cenizas, lípidos, carbohidratos y fibra (Anexo 1).

### 7.3 Selección de materia prima

De acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008 se observó si estaba limpia, libre de materia extraña, tanto para las hojuelas de avena y amaranto reventado.

Se caracterizó fisicoquímicamente la materia prima, midiendo humedad colocando 2g de materia prima, mediante un analizador de humedad in8g5ñ4rf.-8jfrarrojo MA37 Sartorius®, donde seca la muestra y por diferencia de peso registra la humedad.

Asimismo, se midió la *aw* en el equipo Aqua Lab Dew Point *water activity* meter 4Te® donde se registra la actividad acuosa automáticamente.

### 7.4 Diseño de mezclas

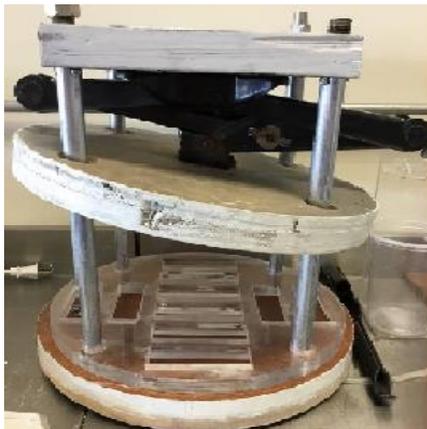
Se realizó un diseño de mezclas por medio del análisis estadístico (STATGRAPHICS®), para elaborar barras a base de amaranto reventado, avena en hojuelas, bagazo de nopal en polvo como fuente de fibra de dos especies de nopal (Poda y Verdulero), y de jarabe de agave. El

contenido de amaranto y avena se modificó del 15% al 25%, mientras que la fibra se varió del 10% al 20% teniendo en cuenta la NOM-086-SSA1-1994 donde una porción de 40g contiene al menos 2.5g de fibra, siendo cada barra de 20g aproximadamente, asumiendo que todo el bagazo es fibra y el jarabe se fijó al 50%. Obteniendo así tres formulaciones por tipo de bagazo (poda y verdulero).

## 7.5 Prensado y Horneado

La formulación se colocó en una prensadora diseñada y manufacturada en Laboratorio de Ingeniería de Proceso-ICAT con un molde cuadrado para 10 barras de 15 g cada una aproximadamente, prensando sobre ellos con una pieza de acrílico. Posteriormente, se hornearon durante 20 minutos a 140-164°C en un horno “Molinex®” convencional.

Durante el horneado en la literatura se reportan dos intervalos de tiempos y temperaturas de horneado de 140-164°C durante 20 minutos y a 89-105°C durante 40 minutos (Olivera *et al.*, 2012), se colocó un termómetro dentro del horno para estandarizarlo a esos intervalos y se realizó a 140-164°C durante 20 minutos.



**Figura 1.** Prensa-molde para la elaboración de barras

## **7.6 Pruebas fisicoquímicas**

### **7.6.1 Humedad**

Se realizó por triplicado colocando 2g de cada barra aproximadamente en un analizador de humedad infrarrojo MA37 Sartorius®, donde seca la muestra y por diferencia de peso registra la humedad.

### **7.6.2 Actividad acuosa (aw)**

Se colocaron 0.5g de cada barra en el equipo Aqua Lab Dew Point *water activity* meter 4Te® donde se registra la actividad acuosa automáticamente.

### **7.6.3 Perfil de textura**

Se realizó con el texturómetro (BROOKFIELD® Texture Pro CT) cuantificando los parámetros mecánicos de las curvas de fuerza. Los datos se analizaron con el software Texture Pro CT V1.9 Build 35, se realizó por triplicado curvas de fuerza (deformación) durante un tiempo determinado.

## **7.7 Pruebas microbiológicas**

De acuerdo a la NOM-110-SSA1-1994 se pesaron 10g de muestra (avena, amaranto y bagazo) en una balanza analítica (Velab, ve-204) colocándose en 90 mL de solución salina (dilución  $10^{-1}$ ), se tomó 1 mL y se colocó en un frasco con 9 mL de solución salina (dilución  $10^{-2}$ ) para inocular por duplicado de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994 en agar Triptona-Extracto de Levadura para mesófilos aerobios; NOM-113-SSA1-1994 en agar-rojo-violeta-bilis-lactosa (RVBA) para coliformes totales y la NOM-111-SSA1-1994 en agar papa dextrosa para mohos y levaduras. Posteriormente, se utilizó una incubadora Labnet International Inc®. Modelo I51110 por  $35 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 48 horas para mesófilos aerobios, durante 24 horas para coliformes totales, y  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  de 3 a 5 días para mohos y levaduras.

Asimismo, se decidió irradiar en una cámara de UV durante 40 minutos para reducir la carga microbiana en los bagazos (Dosis de UV,  $24 \text{ mJ/cm}^2$ ).

De acuerdo a las normas NOM-251-SSA1-2009 Prácticas de higiene para el proceso de

alimentos, bebidas o suplementos alimenticios y la NOM-093-SSA1-1994 Bienes y Servicios Prácticas de Higiene y Sanidad en la Preparación de Alimentos que se ofrecen en Establecimientos fijos, se elaboraron las barras nutricionales y para poder evaluar la calidad microbiológica es necesario establecer límites de crecimiento de los microorganismos, por ello se usó la NOM-093-SSA1-1994 como referencia, estos límites se muestran a continuación.

**Tabla a.** Referencias microbiológicas de acuerdo a la NOM-093-SSA1-1994

<b>PRUEBA</b>	<b>LIMITE DE REFERENCIA</b>
Hongos y levaduras (UFC/g)	<10
Mesófilos aerobios (UFC/g)	<25
Coliformes totales (UFC/g)	Ausente

## **7.8 Pruebas sensoriales**

Mediante la aplicación de cuestionarios (Anexo 2), se realizaron pruebas sensoriales de nivel de agrado, preferencia y justo como lo esperaba (JAR) en 100 consumidores de 20 a 65 años.

### **7.8.1 Nivel de agrado**

Se realizó con escala del 1 al 9 en donde 1 es me disgusta muchísimo y 9 es me gusta muchísimo (Anexo 2) usándose como análisis estadístico ANOVA (Anexo 5).

### **7.8.2 Preferencia**

Se aplicó un cuestionario (Anexo 2) en el cual se utilizaron los atributos de color y sabor para ordenar las 6 muestras de menor a mayor de acuerdo a su preferencia, sin permitir “empates”. se analizó por medio de la prueba no paramétrica de Friedman para el análisis de datos.

Debido a la evaluación de preferencia de sabor y color (Anexo 2) donde tres formulaciones fueron mayormente preferidas, de igual manera se realizó una nueva evaluación de preferencia con el fin de obtener una sola formulación mayormente preferida, para ello se aplicó un cuestionario de preferencia de agrado en general donde se ordenan las 3 muestras de menor a

mayor, sin permitir “empates” usando nuevamente la prueba no paramétrica de Friedman para el análisis de datos.

### **7.8.3 Justo como lo esperaba (JAR)**

Se aplicó un cuestionario (Anexo 2) de 5 puntos donde se evaluó el agrado en firmeza y en dulzor, siendo 1 mucho menos de lo que esperaba, 2 menos de lo que esperaba, 3, justo como esperaba, 4, más de lo que esperaba y 5 mucho más de lo que esperaba. Se usó un análisis estadístico de ANOVA (Anexo 5).

## **7.9 Producto final**

### **7.9.1 Análisis químico proximal (AQP)**

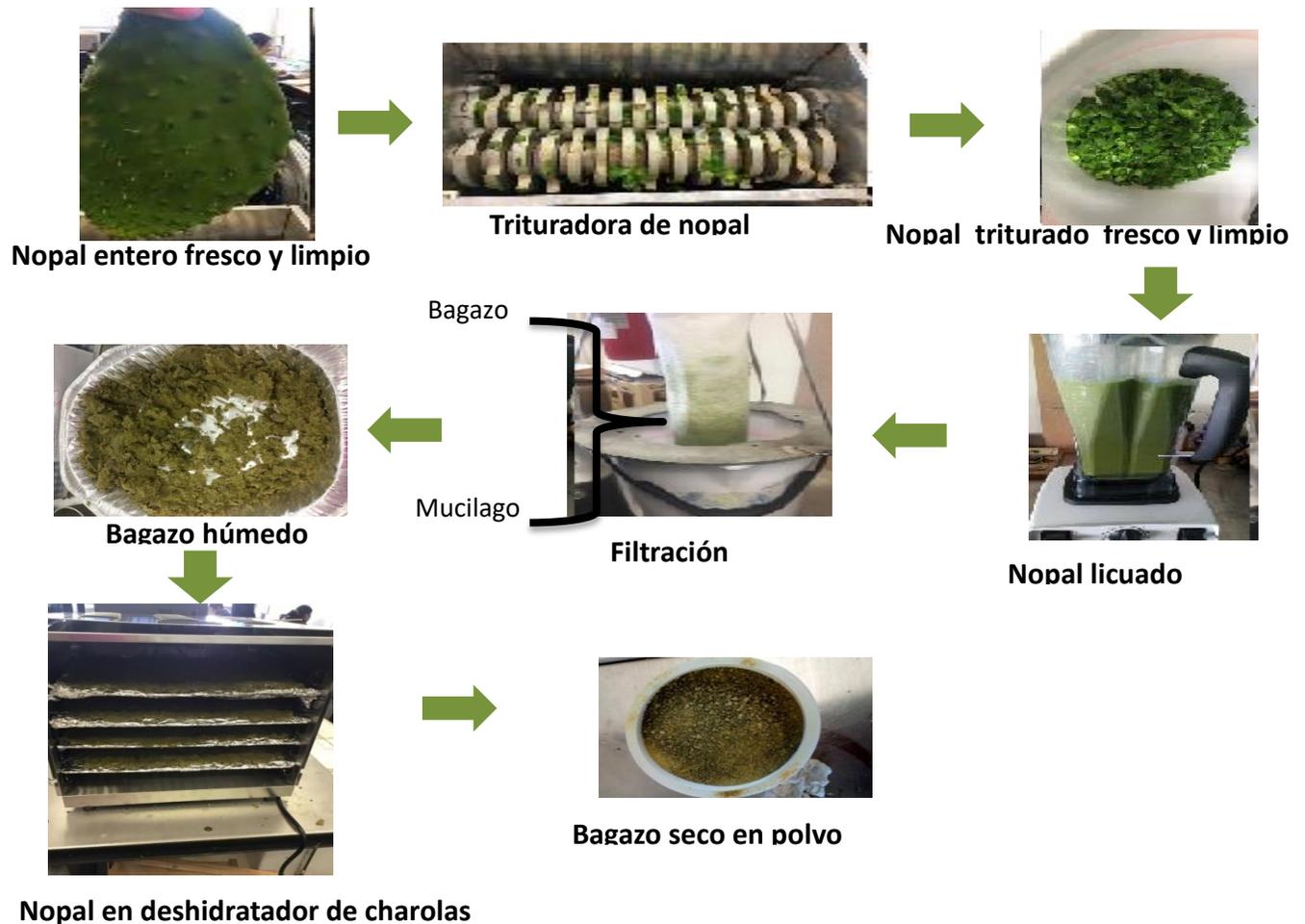
El desarrollo del análisis químico proximal de la formulación final fue por parte de un laboratorio externo con métodos de la AOAC INTERNATIONAL, sin fines de lucro. Este estudio determinó humedad, proteína, carbohidratos, grasa y fibra (Anexo 7).

### **7.9.2 Costos**

Mediante los ingredientes y el rendimiento, se realizó una hoja de costos en Excel donde se determinó el precio de elaboración y el precio de venta al consumidor de las formulaciones ganadoras en la evaluación sensorial, determinando cual sería la de mejor costo para comercializar. (Anexo 8).

## 8.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1 Obtención del bagazo de nopal



**Figura 2.** Proceso de obtención del bagazo de nopal

El mucílago debido a sus propiedades de viscosidad es de importancia para la industria de alimentos ya que modifica las propiedades de viscosidad, elasticidad, textura, es un gelificante, espesante y emulsificante (Schirra *et al.*, 1998). Al momento de ser obtenido queda bagazo de nopal el cual, es utilizado como fuente de fibra para la elaboración de las barras.

El bagazo de nopal comúnmente es desechado en el proceso de extracción del mucílago; sin embargo, con sólo secarlo y molerlo se puede añadir como fuente de fibra en las barras, lo cual le dará un valor agregado al producto.

## 8.2 Caracterización del bagazo de nopal

**Tabla 1.** Caracterización del bagazo de nopal

HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	<i>aw</i> INICIAL	<i>aw</i> FINAL
88.01 ±0.47 %	6.57±1.48 %	0.9927 ±0.00	0.3943±0.05

El *aw* y la humedad final del bagazo de nopal ayuda a prolongar la vida de anaquel del alimento y la fácil manipulación, ya que en polvo es mejor la distribución homogénea dentro del alimento. En la tabla 1 se observa la humedad y *aw* iniciales, esto es antes de que el bagazo se colocará en el deshidratador de charolas, donde se eliminó la humedad hasta obtener valores finales de humedad y *aw*, esto con el fin de obtener un producto final no mayor a 15% de humedad, de acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008.

**Tabla 2.** Análisis químico proximal de los dos tipos de bagazo de nopal

Parámetros	Bagazo tipo “verdulero”	Bagazo tipo “Poda”
Humedad (%)	5.00	4.39
Proteína cruda (Nitrógeno*6.25) (%)	11.05	10.85
Cenizas (%)	11.81	12.08
Fibra cruda (%)	13.59	14.87
Extracto libre de nitrógeno (%)	57.36	56.44
Extracto etéreo (%)	1.20	1.16

\*Los resultados se expresan en base húmeda

En la Tabla 2. Se observa el análisis químico proximal de los dos tipos de bagazo, que tienen valores similares entre ellos para cada componente, sin embargo, ambos bagazos para fibra, cenizas y proteína es un valor superior al cladodio de nopal, el cual reporta fibra del 1.06%, proteína del 0.94% y cenizas del 0.08%.

### 8.3 Diseño de mezclas

#### 8.3.1 Cereales añadidos

**Tabla 3.** Caracterización de cereales

Cereal	Humedad (%)	aw	Materia extraña
Avena	7.37	0.4535	No
Amaranto	4.54	0.2105	No

Los cereales en la Tabla 3 no rebasan el 15% de humedad, asimismo carecen de materia extraña, así como lo establece la NOM-247-SSA1-2008, para la actividad acuosa no rebasa el 0.5, desfavoreciendo el crecimiento bacteriano de acuerdo a la FDA Model Food Code, y aumenta la vida de anaquel del producto.

#### 8.3.2 Diseño de mezclas

En la Tabla 4 se muestran las diferentes formulaciones obtenidas del diseño de mezclas donde se obtuvieron seis, asignándole letras de la A a la F, variando la especie de nopal, de la A a la C es nopal poda y de la D a la F es verdulero.

**Tabla 4.** Formulaciones para 100 g de producto

PODA	VERDULERO	Avena (%)	Amaranto (%)	Fibra (%)	Jarabe (%)
A	D	15	25	10	50
B	E	15	15	20	50
C	F	25	15	10	50

Los cereales avena y amaranto se encuentran en mayor proporción para un mayor aporte proteico y de acuerdo a Gutkoski (2007), donde la avena al 20% en barras de cereal fue mayormente aceptada; la fibra añadida por medio del bagazo de nopal se encuentra de 10 al 20% esto considerando que fuera 100% fibra el bagazo; sin embargo, de acuerdo a la Tabla 2. Sólo es el 14%, pero se espera que sea fibra adicional, debido a que los otros ingredientes también aportan fibra, como lo es el amaranto con un 16% de proteína de acuerdo a la Asociación Mexicana de Amaranto.

#### 8.4 Aglutinación y cantidad de jarabe a añadir



**Figura 3.** a) Barra con 30% de jarabe de agave y b) barra con 50% de jarabe de agave respectivamente

De acuerdo a (Olivera *et al.*, 2012) se desarrollan barras de cereales nutritivas donde se aglutina con miel al 30% sin embargo al añadir el 30 % de jarabe de agave como aglutinante en nuestra formulación la barra no se forma, no hay una buena aglutinación, tal como se puede observar en la figura 2, donde se compara una barra con jarabe de agave al 30% y al 50%, la barra con 50% de jarabe de agave muestra una buena aglutinación de ingredientes, En comparación con las barras de Olivera *et al.*, 2012 hay más ingredientes implicados como frutas secas previamente endulzadas que ayudan con la aglutinación.

### 8.5 Prensado y horneado

Sin una prensadora los ingredientes de la barra estarían dispersos ya que la prensadora aplica fuerza en toda la barra, al momento de hornear ocurre el pardeamiento, luciendo un color marrón, las barras se encontraran tostadas gracias a la caramelización de los azúcares.

En la condición de 89-105°C durante 40 min, hay un aroma tostado impartido por los cereales y un color marrón impartido por la caramelización del jarabe de agave, sin embargo, no todo el jarabe es caramelizado y mantiene mayor humedad por lo tanto la barra se torna con una textura muy suave y pierde la forma, en cambio en la condición de 140-164°C durante 20 min, al ser una mayor temperatura, todo el jarabe es caramelizado y aporta una mayor dureza.

A continuación en la figura 4 se muestran las barras después del horneado, donde A y D tienen mayor cantidad de amaranto, B y E mayor cantidad de bagazo, C y F mayor cantidad de avena, siendo A, B y C con bagazo poda y D, E y F con bagazo verdulero.



**Figura 4.** Seis formulaciones de barras para diabéticos

## 8.6 Pruebas fisicoquímicas de las formulaciones

### 8.6.1 Humedad y actividad acuosa

Se observa en la Tabla 5 que la formulación A, B, C, E y F no varían en actividad acuosa ( $a_w$ ), respecto al tiempo transcurrido, sin embargo, el % de humedad se modificó a través del tiempo. (ANOVA en Anexo 10).

**Tabla 5.** Pruebas fisicoquímicas de las seis formulaciones

Formulación	Humedad (%)	Humedad (%)	Humedad (%)	$a_w$	$a_w$	$a_w$
	inicial	1 semana después	1 mes después	inicial	1 semana después	1 mes después
<b>A</b>	8.27±0.09	8.20±0.03	8.27±0.01	0.369±0.01	0.400±0.03	0.415±0.01
<b>B</b>	7.22±0.03	6.68±0.06	6.78±0.01	0.352±0.02	0.414±0.06	0.437±0.07
<b>C</b>	4.20±0.03	4.18±0.01	5.85±0.38	0.348±0.02	0.346±0.04	0.378±0.00
<b>D</b>	8.28±0.01	8.69±0.04	8.85±0.04	0.363±0.02	0.430±0.02	0.445±0.01
<b>E</b>	7.50±0.08	7.99±0.07	8.21±0.11	0.366±0.06	0.451±0.04	0.460±0.03
<b>F</b>	5.81±0.30	6.06±0.23	6.23±0.01	0.389±0.04	0.425±0.07	0.432±0.08

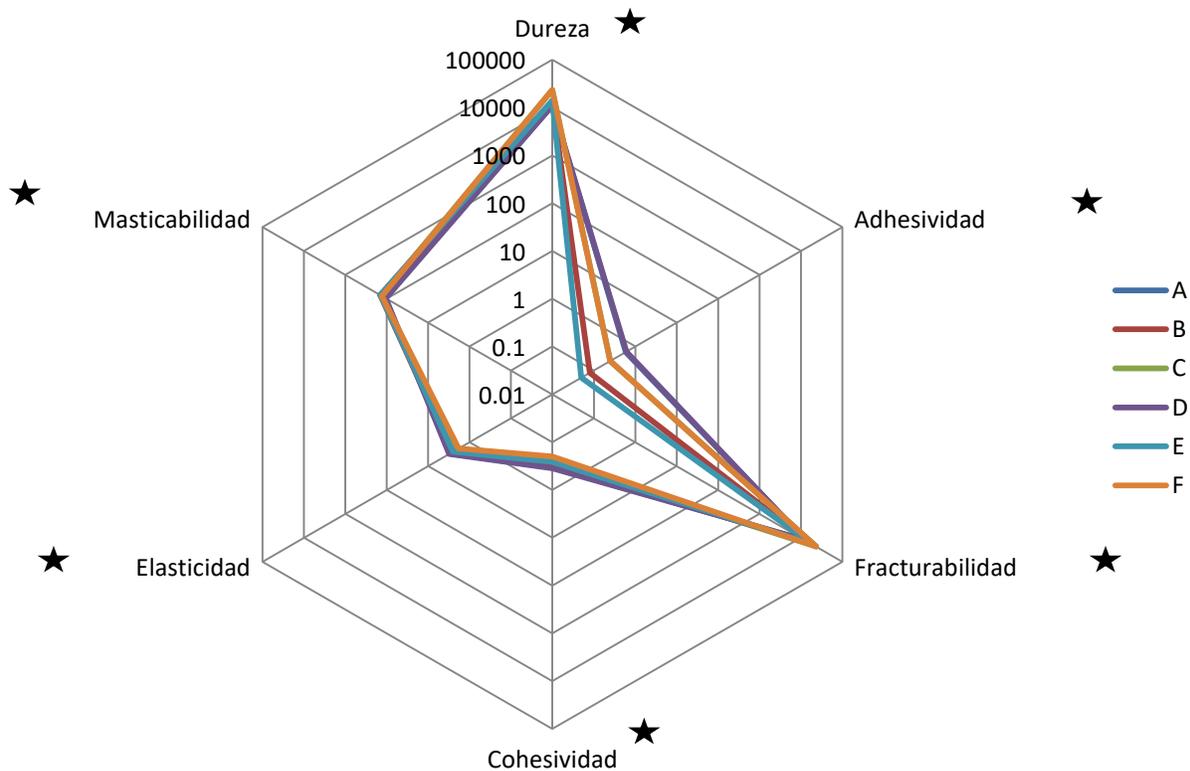
Hay diferencia de humedad en las formulaciones respecto al tiempo, lo que indica que los ingredientes son higroscópicos y causaran que la consistencia del alimento sea más suave a la inicial, conforme el tiempo transcurre. Todas las barras tienen medidas de 9 cm x 3 cm, espesor de 1.5 cm y 20 g de en promedio, los valores de  $a_w$  en todos los casos no rebasa de los 0.5 lo cual evitara crecimiento de microorganismos, prolongando la vida de anaquel del alimento, asimismo, la humedad no es mayor al 8.85% cumpliendo con lo establecido en la NOM-247-SSA1-2008.

### 8.7 Pruebas de perfil de textura (TPA)

Se observa en la Figura 5 que la muestra C y F presentaron una mayor dureza en comparación a las demás formulaciones, fuerza necesaria para una deformación dada, fueron las formulaciones con mayor cantidad de avena. Las muestras B y E con cantidad igual de amaranto y avena, A y D con mayor cantidad de amaranto, absorben el jarabe de agave y hace una barra más suave. Como se mencionó anteriormente, C y F, tienen mayor dureza debido a que la avena no absorbe el jarabe y durante el horneado

carameliza, generando pigmentos pardos y compuestos responsables de aromas y sabores específicos, característicos del *flavor* en alimentos procesados (Coultrate, 2007; Purlis, 2010; Yahyab y Linfortha, 2013). Por lo tanto son las muestras que presentan una mayor fracturabilidad en comparación de las demás formulaciones y es directamente proporcional a la dureza.

Asimismo, las formulaciones A y D con mayor cantidad de amaranto en comparación con la B y E con igual proporción amaranto y avena presentan valores mayores en elasticidad, y cohesividad, y éstas a su vez menores en comparación con C y F con menor cantidad de amaranto, debido a que el amaranto posee almidón en el perispermo (amilosa y amilopectina), haciendo que tengan una gran capacidad de absorción de agua (Mendoza, 2015), por lo tanto entre más jarabe se absorba, más fácil es para la muestra regresar a su forma original (elasticidad), así como oponer resistencia a la segunda deformación (cohesividad), definiéndose como la fuerza” de los enlaces internos que mantiene la estructura de una muestra (Szczeniak, 1963).



**Figura 5.** Perfil de textura de las 6 formulaciones  
(ANOVA en Anexo 11)

A y D son las más adhesivas, esto debido explicado a lo anteriormente, ya que se absorbió más cantidad de jarabe, y por dentro será suave y “pegajosa”; sin embargo, la formulación B y E con mayor cantidad de bagazo (fibra) presentan valores más bajos que la formulación C y F en adhesividad.

Por otro lado, se observa que las formulaciones con mayor cantidad de bagazo (fibra) B y E, tienen mayor masticabilidad con respecto a la C y F, debido al bagazo, se requiere más fuerza para masticar el alimento sólido hasta permitir su ingesta y con respecto a la formulación A y D.

## 8.8 Pruebas microbiológicas

**Tabla 6.** UFC en materias primas y en la barra

Microorganismos indicadores

Dilución	Hongos y levaduras		Mesófilos aerobios		Coliformes totales	
	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>
<b>Barra</b>	<10	<10	<25	<25	Ausente	Ausente
<b>Bagazo verdulero</b>	Incontables	Incontables	Incontables	Incontables	Ausente	Ausente
<b>Bagazo verdulero irradiado 40 min</b>	<10	<10	<25	<25	Ausente	Ausente
<b>Bagazo poda</b>	Incontables	Incontables	Incontables	Incontables	Ausente	Ausente
<b>Bagazo poda irradiado 40 min</b>	<10	<10	<25	<25	Ausente	Ausente
<b>Avena</b>	<10	<10	<25	<25	Ausente	Ausente
<b>Amaranto</b>	<10	<10	<25	<25	Ausente	Ausente

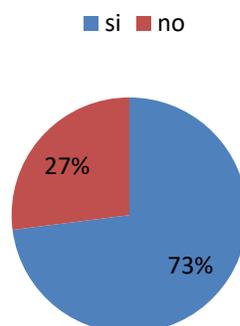
De acuerdo a la tabla 6 se observa que las unidades formadoras de colonias (UFC) (cajas con UFC en Anexo 4) en materias primas con las cuales se elaboraron las barras, cumplen los límites establecidos de acuerdo a la NOM-093-SSA1-1994 ; sin embargo, en el bagazo de poda y bagazo verdulero se obtuvieron unidades formadoras de colonias incontables de mesófilos, mohos y levaduras, esto debido al proceso de extracción del bagazo, donde se tiene una constante manipulación al igual que hay una gran exposición con el medio ambiente.

La radiación ultravioleta está autorizada por la Food and Drug Administration (FDA), la cual fue efectiva para ambos bagazos, usados como materias primas para la elaboración de las barras.

Las materias primas son de buena calidad microbiológica, así como correcta sanitización de equipos y limpieza del personal. Igualmente, no hay unidades formadoras de colonias en la barra lo cual indica que se llevó a cabo un adecuado proceso con buenas prácticas de manufactura. Cumpliendo con la NOM-247-SSA1-2008, NOM-251-SSA1-2009 y NOM-093-SSA1-1994.

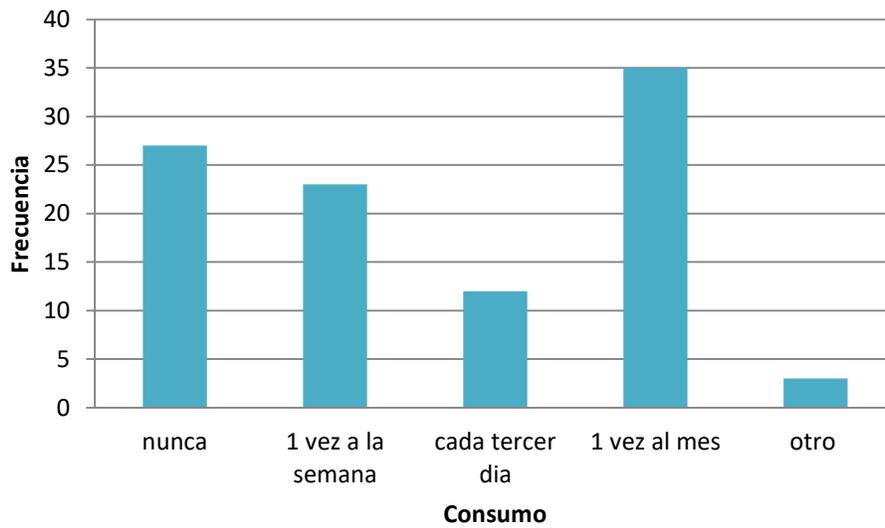
### 8.9 Pruebas sensoriales

Se observa en la figura 6 que el 73% de los encuestados consumen barras de cereales comerciales, lo cual es un amplio porcentaje respecto al 100%, ya que de acuerdo a un estudio realizado por Kantar Worldpanel México, la comida más importante del día para los mexicanos es el desayuno, pero nunca la consumen en casa, por lo cual buscan alimentos para el desayuno fuera de casa pero que sea nutritivo y uno de ellos son las barras de cereal.



**Figura 6.** Personas que consumen barras de cereal

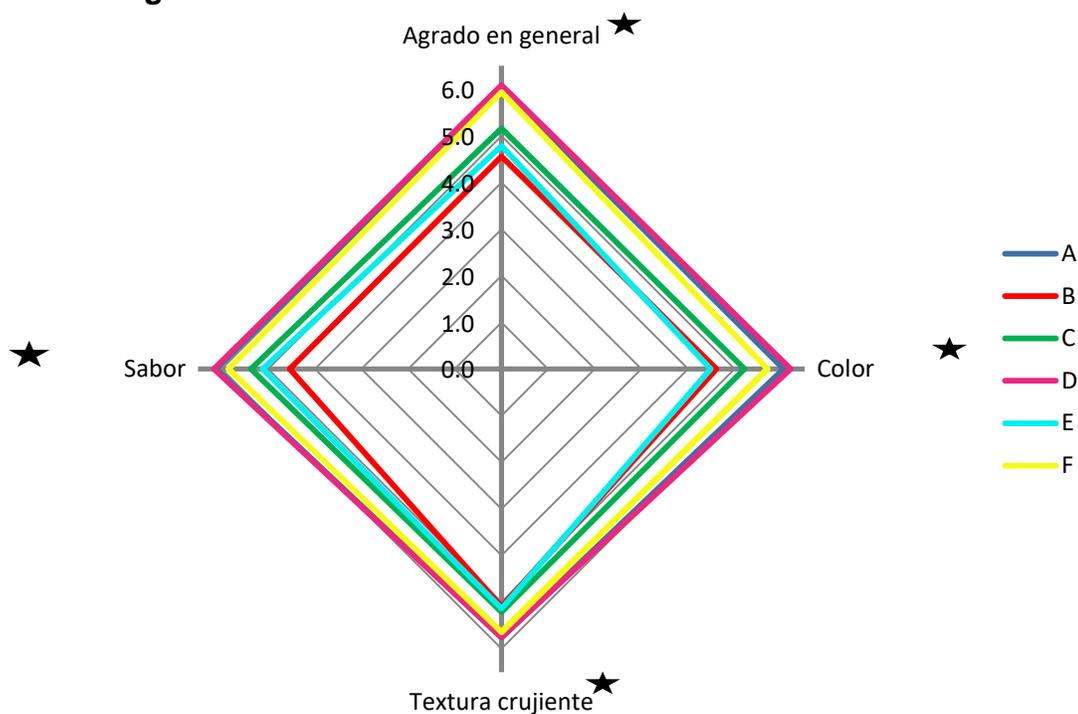
Asimismo, 55% hombres y 45% mujeres entre 20 a 65 años de edad de los cuales de acuerdo a la figura 7 consumen barras de cereal una vez al mes.



**Figura 7.** Frecuencia de consumo de barras de cereal

Es un nicho en crecimiento (Kantar World panel México) arrojó que el 39% de los mexicanos consumen una “colación” o “entre comidas algo en las mañanas y 44% en las tardes, entrando las barras de cereal en esta categoría.

### 8.9.1 Nivel de agrado



	FORMULACIONES					
	A	B	C	D	E	F
<b>AGRADO EN GENERAL</b>	6.03 <sup>a</sup>	4.56 <sup>c</sup>	5.16 <sup>b</sup>	6.09 <sup>a</sup>	4.79 <sup>b,c</sup>	5.94 <sup>a</sup>
<b>COLOR</b>	6.05 <sup>a,b</sup>	4.61 <sup>d</sup>	5.21 <sup>c</sup>	6.20 <sup>a</sup>	4.49 <sup>d</sup>	5.70 <sup>b</sup>
<b>TEXTURA CRUJIENTE</b>	5.76 <sup>a</sup>	5.10 <sup>c</sup>	5.21 <sup>b,c</sup>	5.76 <sup>a</sup>	5.14 <sup>c</sup>	5.64 <sup>a,b</sup>
<b>SABOR</b>	6.11 <sup>a</sup>	4.54 <sup>d</sup>	5.37 <sup>b,c</sup>	6.16 <sup>a</sup>	5.12 <sup>c</sup>	5.85 <sup>a,b</sup>

\*Donde a, b, c, y d corresponden a la diferencia entre formulaciones de acuerdo al Análisis de varianza (para ver el ANOVA véase el Anexo 5)

**Figura 8.** Promedio de nivel de agrado

### **8.9.1.1 Agrado en general**

En la figura 8 la formulación A y D con mayor cantidad de amaranto, al igual que F con mayor cantidad de avena son las formulaciones con mayor nivel de agrado en general con una media de 6, donde 6 es correspondiente en la escala a “me gusta ligeramente” y 5 “ni me gusta ni me disgusta”, seguida de la formulación C con media 5.1, que igualmente es la formulación con mayor cantidad de avena pero diferente tipo de bagazo (poda), así como E y B con una media de 4.8 y 4.6 respectivamente son las que tienen menor nivel de agrado por la gran cantidad de bagazo que tornan una coloración verdosa; sin embargo, la menos gustada es la B donde en la escala 4 es “me disgusta ligeramente” de acuerdo al análisis de varianza (Anexo 5). Esto se debe a que B tiene mayor cantidad de bagazo al igual que E, la coloración verde disgusta ligeramente al consumidor.

El bagazo tipo poda es menos agradable, tal como se observa entre la formulación C Y F, a pesar de tener la misma cantidad de avena, el tipo de bagazo es distinto, el C es tipo poda y F es tipo verdulero, siendo F de mayor nivel de agrado al igual que A y D con mayor cantidad de amaranto, entre estas dos no hay diferencia perceptible en el tipo de bagazo pero su nivel de agrado es mayor porque el amaranto hace que tengan menor dureza, tal como se observa en la *figura5*.

### **8.9.1.2 Color**

La formulación con mayor nivel de agrado en color es D con una media de 6.2, seguida de A con una media de 6 , después F con una media de 5.7, posteriormente la C con una media de 5.2 y las de menor nivel de agrado en color son las formulaciones B y E estas últimas formulaciones son las de mayor cantidad de bagazo, lo cual reafirma lo anteriormente dicho en nivel de agrado en general, viéndose de un color verdoso no agradable para el consumidor, C y F con mayor cantidad de avena al ser de forma irregular se observa con mayor facilidad la coloración verdosa del bagazo y son menos preferidas en color que A y D con mayor cantidad de amaranto, esto debido a la forma de la avena y amaranto, el amaranto al ser circular y en mayor cantidad, se observa la barra de manera uniforme, lo que distribuye de manera homogénea el bagazo.

### **8.9.1.3 Textura crujiente**

Se evaluó la textura crujiente de la barra; sin embargo, las de mayor nivel de agrado son las formulaciones A y D con una media de 5.7 donde de acuerdo a la tabla 6, son las de menor dureza y mayor adhesividad, por lo cual el nivel de agrado de los consumidores es de una barra suave, de igual manera la formulación F es de mayor nivel de agrado en textura con una media de 5.6, seguida de la formulación C con una media de 5.2, al ser iguales en proporción de avena el bagazo tipo verdulero le da un mayor nivel de agrado en textura que el bagazo tipo poda, debido a que el bagazo tipo verdulero al tener un poco más de humedad que el bagazo tipo poda, guarda la textura “suave” ya que fisicoquímicamente de acuerdo a la tabla 5, no hay diferencias entre dichas formulaciones. Las de menor nivel de agrado en textura fueron las formulaciones B y E continuando que con una mayor proporción de bagazo, son menos agradables para el consumidor.

### **8.9.1.4 Sabor**

Las formulaciones A, D y F son las de mayor nivel de agrado en sabor con medias 6.1, 6.1 y 5.8 respectivamente, esto debido a la mayor cantidad de amaranto en las formulaciones A y D por lo cual absorbe el jarabe de agave y se siente el sabor del mismo, sin embargo, entre bagazos no hay diferencias, En las formulaciones con mayor cantidad de avena F y C si hay diferencia en el tipo de bagazo ya que la F tiene mayor nivel de agrado, seguida la formulación C con una media de 5.3, es decir el bagazo tipo verdulero tiene mayor nivel de agrado en sabor, esto debido a que contiene notas acidas en comparación con el bagazo tipo poda, de igual manera se ve esta tendencia entre la formulación B y E, donde E tiene mayor nivel de agrado que la B, con una media de 5.1 y 4.5 respectivamente, sin embargo ambas son las de menor nivel de agrado en sabor, debido a la gran cantidad de bagazo.

### **8.9.2 Preferencia 1**

La formulación con mayor preferencia es A, seguida de la D, F y posteriormente C, en preferencia de sabor, sin embargo, entre estas formulaciones no hay diferencia significativa, siendo A y D las de mayor cantidad de amaranto, confirmando la prueba de

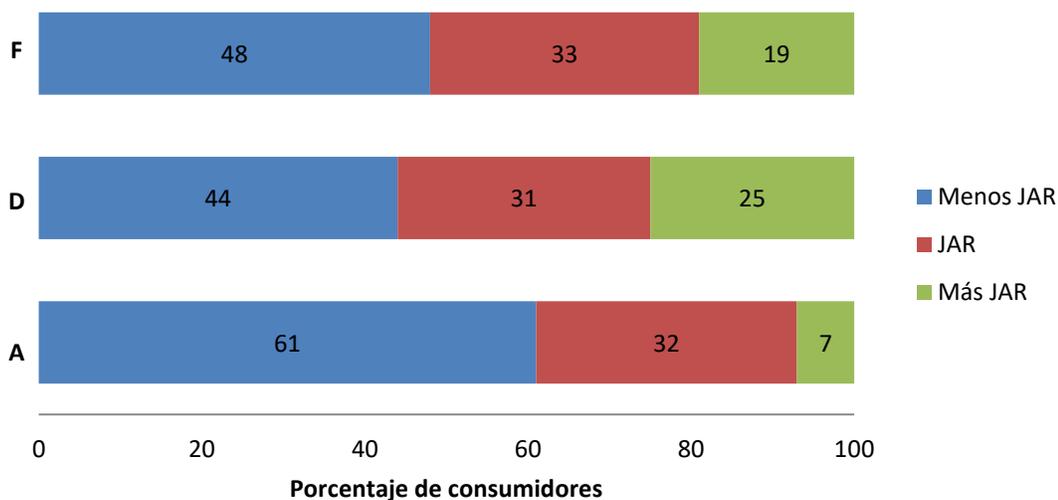
nivel de agrado explicada anteriormente, así como coincide con la formulación F. Asimismo, las formulaciones E y B con mayor cantidad de bagazo, confirman en ser las menos preferidas por el consumidor.

Respecto a la preferencia en color, las formulaciones A, D y F son igualmente preferidas esto debido a que no hay diferencia entre el color de los bagazos. Las formulaciones A y D al tener mayor cantidad de amaranto, se distribuye mejor el color en toda la barra, sin embargo el consumidor prefiere del mismo modo la formulación F la cual a pesar de tener mayor cantidad de avena y menor de amaranto, tienen la misma cantidad de bagazo que las formulaciones A y D, Las formulaciones B y E con mayor cantidad de bagazo son las menos preferidas también en color, confirmando lo establecido en las pruebas de nivel de agrado.

De acuerdo a lo determinado en las pruebas sensoriales anteriores (Nivel de agrado y Preferencia) se puede observar que las formulaciones A, D y F se encuentran sin diferencias significativas, asimismo las tres formulaciones son igualmente preferidas por el consumidor, por ello, se decidió realizar nuevamente una prueba de preferencia de agrado en general con el fin de encontrar la barra de mayor preferencia para el consumidor. Se complementó con la prueba de Justo como lo esperaba (JAR) por sus siglas en inglés, en los atributos de firmeza y dulzor ya que de acuerdo a nivel de agrado en textura crujiente se encontró que era de agrado del consumidor las barras “suaves”, al igual que se quiere determinar si el dulzor de las barras es el adecuado, ya que se observó que el tipo de bagazo verdulero le proporcionó notas ácidas, lo que puede contrarrestar el dulzor de la barra.

### 8.9.3 Justo Como lo esperaba (JAR)

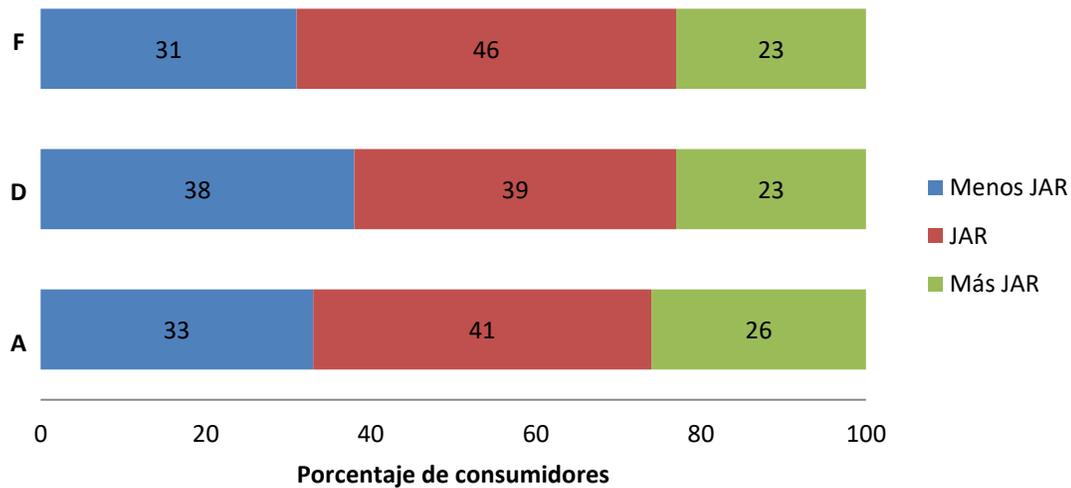
#### 8.9.3.1 Firmeza



**Figura 9.** JAR de firmeza en formulaciones F, D y A.

En la figura 9 se observan los porcentajes de acuerdo al atributo de firmeza en las tres formulaciones preferidas por el consumidor, en este caso el porcentaje de firmeza para todas las formulaciones predomina en que es menos firme de lo que le gusta al consumidor, por lo que es necesario hornear un poco más de tiempo a la misma temperatura (140-164°C) para aumentar esta firmeza, al igual que aumentará ese olor a tostado, ya que en la caramelización, el azúcar se vuelve marrón, se concentra y desarrolla un flavor a caramelo a medida que continúa aumentando la temperatura (Vaclavik, 2002), ya que recordemos que a 89-105°C/ 40 min la barra es totalmente suave.

### 8.9.3.2 Dulzor



**Figura 10.** JAR de dulzor en formulaciones F, D y A.

En la figura 10 se puede observar que el mayor porcentaje del atributo de dulzor se encuentra en justo como le gusta al consumidor, sin embargo para que sea un buen porcentaje, se necesita un 60% de JAR, por lo que el gusto del consumidor está dividido las tres formulaciones se pueden observar porcentajes similares.

### 8.9.4 Preferencia 2

Se sometieron las formulaciones A, D y F las más preferidas por el consumidor a una segunda prueba de preferencia en agrado en general con el fin de destacar y encontrar la barra que elegirían en el mercado; sin embargo, de acuerdo a la prueba de Friedman (Anexo 5) que no hay diferencia entre dichas formulaciones, por lo cual las tres barras son preferidas por el consumidor.

## 8.9.5 Producto final

### 8.9.5.1 Análisis químico proximal

**Tabla 7.** Análisis químico proximal de las formulaciones A, D y F

	Formulación A	Formulación D	Formulación F
Humedad (%)	5.37	3.45	7.40
Proteína cruda (Nitrógeno*6.25) (%)	7.61	7.52	6.76
Cenizas (%)	2.47	2.13	2.16
Fibra cruda (%)	2.27	2.97	2.91
Extracto libre de nitrógeno (%)	77.28	78.80	76.23
Extracto etéreo (%)	4.99	5.14	4.54

\*Los resultados se expresan en base húmeda

Las tres barras cumplen con el parámetro de humedad de acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008.

Las barras oscilan entre 6.76 y 7.61% de proteína, el cual es un valor alto ya que equivaldría al porcentaje del Tofu que es de 8.1% (Nielsen, 2000), también, de acuerdo a (Olivera, *et al.*, 2012) la proteína en una barra comercial es de 1 a 2.6 %, así como en una barra de cereales desarrollada con avena, semillas, nueces, algarrobo y frutos (Estévez, *et al.*, 2000), presenta 3.82% de proteína, las tres barras mostradas en la Tabla 7, rebasan estos valores, al ser alta en proteína ayuda a cumplir la mitad de los requerimientos de proteína para diabéticos que es de 15-20% al día (American Diabetes Association ADA).

Las frutas, los jugos de frutas y los melones contienen un 0.2%-0.6% de cenizas, mientras que las carnes, las aves de corral y los mariscos tienen un 0.7-1.3% de cenizas (Nielsen, 2000), siendo una barra alta en cenizas, “minerales” respecto a otros alimentos, en las barras preparadas con cereales tienen 0.82-1.27% (Olivera, *et al.*, 2012), sin embargo, en las tres barras de la Tabla 7, oscila entre 2-3 %, con un alto nivel de minerales sin consumir alimentos de alto índice glucémico.

En el caso de fibra cruda en las tres formulaciones son del 2-3% en promedio, el cual es un valor bajo para la NOM-086-SSA1-1994, una porción de 40g tiene que tener al menos 2.5g de fibra, sin embargo ayuda a llegar a los requerimientos de consumo de un diabético que es de 30g por día (American Diabetes Association ADA), asimismo comparado con una barra comercial de 17g para diabéticos (Benot) la cual tiene 2% de fibra, es superior.

En el porcentaje de extracto libre de nitrógeno, entran los carbohidratos, el cual engloba un polisacárido importante dentro de la avena, el  $\beta$ -glucano, así como también glucósidos en el jarabe de agave, se observa en la tabla 7 que en las tres barras este es un valor mayoritario respecto a los demás componentes, siendo de 76-79%, comparando con barras comerciales que el valor oscila de 76-82% (Olivera, *et al.*, 2012), las formulaciones observadas en la tabla 7 entran en el intervalo.

El extracto etéreo, en las tres formulaciones oscilan entre 4.0-5.2% en promedio, comparado con una barra comercial de avena, vendida como "fit" ya que es baja en grasa, la cual contiene 2.4g de grasas totales y las formulaciones solo tienen el 1.2% de grasa máximo, siendo estas formulaciones bajas en grasa.

## 8.9.5.2 Costos

**Tabla 8.** Costo de formulación A.

FORMULACIÓN A

Costo Inicial Mat Prima (1 Kg)	178.67
Costo Real Mat Prima (1 Kg)	214.40
Costo Real/ cont. neto (Mat Prima)	4.29
Precio Mínimo Venta (Cont neto)	10.72
Precio Ideal de Venta (Cont neto)	13.83
Margen Bruto sin Empaque (%)	69.00

**Tabla 9.** Costo de formulación D.

FORMULACIÓN D

Costo Inicial Mat Prima (1 Kg)	188.13
Costo Real Mat Prima (1 Kg)	225.75
Costo Real/ cont. neto (Mat Prima)	4.52
Precio Mínimo Venta (Cont neto)	11.29
Precio Ideal de Venta (Cont neto)	14.56
Margen Bruto sin Empaque (%)	69.00

**Tabla 10.** Costo de formulación F.

FORMULACIÓN F

Costo Inicial Mat Prima (1 Kg)	182.88
Costo Real Mat Prima (1 Kg)	219.45
Costo Real/ cont. neto (Mat Prima)	4.39
Precio Mínimo Venta (Cont neto)	10.97
Precio Ideal de Venta (Cont neto)	14.16
Margen Bruto sin Empaque (%)	69.00

De acuerdo a la tabla 8 la formulación está hecha con bagazo tipo poda el cual es obtenido de manera gratuita como residuo agroindustrial, se observa un valor más bajo en costo respecto a la formulación D y F que son elaboradas con bagazo tipo verdulero el cual si tiene un costo de compra, sin embargo, esta diferencia no es significativa como se esperaba por el costo de compra adicional, al igual que entre la formulación D y F, se esperaría que la formulación D fuera significativamente con un precio más elevado ya que el amaranto (80 pesos el kilo) es más costoso que la avena (28 pesos el kilo), sin embargo, al comparar los tres precios (tabla 8, tabla 9 y tabla 10), se observa que el precio ideal de venta sería entre 14 y 15 pesos en promedio para una barra cuyo contenido neto es de 15 gramos, el cual es un costo económico para el sector diabético comparado con barras (Benot) especiales para diabéticos, su costo es

de \$35 pesos por barra, al igual que comparado con una barra alta en proteína (GNC), su costo es de 40 a 60 pesos por barra.

Las barras comerciales de avena que recomiendan para diabéticos son para todo el público, no se enfoca en este segmento de diabéticos, conteniendo alto contenido de azúcar e incluso ingredientes de alto índice glicémico como lo es el cacahuete, nuez, almendras (American Diabetes Association ADA), sin embargo, las barras desarrolladas se enfocan especialmente en diabéticos ya que se utilizan ingredientes de bajo índice glicémico y un edulcorante avalado por la Asociación Mexicana de Diabetes.

## **9.CONCLUSIONES**

- El uso del bagazo de nopal, permite dar un valor agregado a un subproducto de desecho.
- Las barras tienen características fisicoquímicas y microbiológicas pertinentes para el consumo del paciente diabético.
- Los consumidores prefieren igualmente la barra A con 25% de amaranto, 15% de avena y bagazo de poda, D con las mismas proporciones pero bagazo verdulero y F con 25%de avena, 15 % de amaranto y bagazo verdulero.
- El agregar mayor bagazo de nopal, se observó un menor nivel de agrado.
- Se desarrollaron barras que proporcionan los componentes que permiten considerar los productos como “snack” saludables con menor precio a las comerciales

## 10.PERSPECTIVAS

- Realizar pruebas de vida de anaquel de las barras.
- Elaborar una etiqueta para el producto, así como un empaque que conserve una vida de anaquel de unos tres meses como mínimo.
- Prueba sensorial con consumidores diabéticos.

## 11.BIBLIOGRAFÍA

- Almaraz, A. N. 2011. Agave durangensis. Dirección de Publicaciones. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. pp 234.
- Aurand, L.W, Wells, M.R.1987. Food composition and Analysis. AVI Book, New York. Pp 72-78.
- Badui, S. 2013.Química de los alimentos. Pearson Educación, 15-16.
- Barba de la Rosa AP 2018. Biochemistry of amaranth proteins. *In: Amaranth: Biology, chemistry and technology*. CRC Press, NY. 1 (1): 181-183.
- Barbosa, G. 2007. Water Activity. Fundamentals and Applications. IFT Press. Blackwell Publishing. Pp 241-246, 313.
- Bermudez, G., Villar. M. y García, M. 2019. Amaranto semilla ancestral, contribución a la soberanía alimentaria de México. pp 17. 57. 63-67.
- Bolton, J.R. y Cotton, C.2001. Ultraviolet Applications Handbook. Segunda edición. American Water Works Association, EE.UU. p.168.
- Bourne, M. 1978 Texture Profile Analysis. Food Technology 32 (1), 62-66.
- Calí, M. 2010. Fruticultura y Diversificación: A review: Análisis sensorial de los alimentos, 63 (1) ,36-37.
- Callejo, M.J. 2002, Industrias de Cereales y Derivados, España, AMV Ediciones. 1 (1): 82-84.
- Cantor, S. 2016. Desarrollo de alimentos para diabéticos. Salud y bienestar, (1), 21-22.
- Cervera, P. 1999. Alimentación y dietoterapia. Mc Graw Hill. 4ta edición. México. pp 87-92.
- Coultate, T. 2007.Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos (3ra ed.). Zaragoza España: Acribia. pp 87-93.
- Dávila, A. 2000. Comparación del efecto de la fibra sobre el índice glicémico y carga glicémica en distintos tipos de pan. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica, 35 (4): 101
- Escobedo A, Velarde AJ, Magaña CV, Barrera- A, Espitia E, Herrera A, Barba de la Rosa AP. 2017. Amaranth protein improves lipid profile and insulin resistance in a dietinduced

obese mice model. Journal of Food and Nutrition Research. 1 (5), 914-924.

- Espino D, Ornelas M, Martínez M. A, Santillan, C. Barbosa, G.V, Zamudio-Flores, P.B y Olivas, G.I (2010). Development and characterization of edible films based on mucilage of *Opuntia ficus-indica*. Journal of Food Science, 75 (6): E347-E352.
- Estévez, A.M., Escobar, B.A. y Ugarte, V. 2000 Utilización de cotiledones de algarrobo (*Prosopis chilensis*) en la elaboración de barras de cereales. Archivos Latinoamericanos de Nutrición; 50 (2): 148 –51.
- European Food Information Council (EUFIC). (junio 2005). Alimentos Funcionales. 25/10/2018, de. Sitio web: <https://www.eufic.org/es/food-production/article/functional-foods>
- Food Tech Summit. (2013). Colación. Nicho de mercado en crecimiento. 25/11/2018, de revistas énfasis. Alimentación Sitio web [:http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/68177colacionnicho-mercado-crecimiento](http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/68177colacionnicho-mercado-crecimiento)
- Forsythe, S.J y Hayes, P.R. 2002. Higiene de los alimentos, microbiología y HACCP. (Ed). Acribia. Zaragoza España. Segunda edición pp 134-137.
- Granados, S. 1991.: “El nopal (historia, fisiología, genética e importancia frutícola)” Primera Edición. Editorial Trillas S.A. México. pp 26-28.
- Guevara, J.C., Ornelas, J.J, Rosales S., Soria, R.E., Paz, L.M., Pimentel, D.G. 2011. Biofunctional activity of tortillas and bars enhanced with nopal. Preliminary assessment of functional effect after intake on the oxidative status in healthy volunteers. Chemistry Central Journal, 5 (1): 10-11
- Guzmán, S. H., y Herrera, M. G. 2011. Calidad nutricional y nutracéutica de un alimento tipo barrita preparado con harina de frijol y maíz. Revista de Salud Pública y Nutrición, Edición Especial, 6 (1): 902-909.
- Hart, F. 1991. Análisis moderno de los alimentos. Editorial Acribia. España. pp 24-26.
- Hayes, J.E.; Ziegler, G.R. (2014) Just-about-right and ideal scaling provide similar insights into the influence of sensory attributes on liking. Food Quality and Preference, 37, 71-78.
- Hough, G. 2010. Sensory Shelf Life Estimation of Food Products. Boca Raton: CRC Press. pp 322-328.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). Diabéticos en México. 25/10/2018, de Federación Mexicana de Diabetes Sitio web: <http://fmdiabetes.org/estadisticas-en-mexico>
- Karmally W, Montez MG, Palmas W, Martínez W, Branstetter A, Ramakrishnan R, et al. Cholesterol-Lowering Benefits of Oat-Containing Cereal in Hispanic Americans. J Am Diet Assoc. 2005;105(6):967-70.
- KANTAR WORLDPANEL. (28/11/2018). Innovando en el desayuno de los mexicanos

: Publicaciones.<https://www.kantarworldpanel.com/mx/Paneles-de-Consumo/Out-of-Home>.

- Konopacka, D. y Plochanski, W. 2004 Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. *Postharvest Biology and Technology*, 32,(2), 205-211
- Labuza, T.P, Schmidt, M.K, 1985. Accelerated shelf-life dating of foods. *Food Technology*, 39 (9): 57-134.
- Lawless, H.T y Heymann,2010 H. *Sensory evaluation of food: principles and practices 2<sup>nd</sup> ed.*New York:Springer 23 (1): 346
- Lutz, M y León, A. 2009. Aspectos nutricionales y saludables de los productos de panificación, Valparaíso, Universidad de Valparaíso; (1): 39-51.
- Mendoza, E.,. (2015). *Bromatología. Composición y propiedades de los alimentos*. México: Mc Graw Hill. pp 125-127.
- Meyer, A.S, (2000). The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 13(80); 512-522.
- Möller NP. 2008. Bioactive peptides and proteins from foods: indication for health effects. *European Journal of Nutrition* 1 (47):171-182.
- Morales, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. (Ed). Acribia. Zaragoza España. Pp 226-228.
- Mossel, D.A. 1985. Introduction and prospective. *International Journal of Food Microbiology*. 1(2): 1-7.
- Nielsen, S. 2000. *Análisis de los alimentos*, Editorial Acribia. España Zaragoza. pp 321-325, 244, 423.
- Nisar, A.M., Charanjit, S.R. Sukhcharn S. 2018. Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review. *Elsevier*; 75 (1): 170-180.
- Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994.Bienes y Servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Cuya Declaratoria de Vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de diciembre de 1995.
- Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994. Bienes Y Servicios. Preparación Y Dilución De Muestras De Alimentos Para Su Análisis Microbiológico. Cuya declaratoria de Vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de mayo de 1995.
- Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994.Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Mohos y Levaduras en alimentos. Cuya Declaratoria de Vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de mayo de 1995.

- Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de microorganismos Coliformes totales en placa. Cuya Declaratoria de Vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la federación el 10 de mayo de 1995.
- Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008. Productos Y Servicios. Cereales Y Sus Productos. Cereales, Harinas De Cereales, Sémolas O Semolinás. Alimentos A Base De: Cereales, Semillas Comestibles, De Harinas, Sémolas O Semolinás O Sus Mezclas. Productos De Panificación. Disposiciones Y Especificaciones Sanitarias Y Nutrimentales. Métodos De Prueba Cuya Declaratoria de Vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la federación el 27 de julio de 2009.
- Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994. Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales. Cuya Declaratoria de Vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la federación el 24 de octubre de 1994.
- Olivera, M., Ferreyra V., Giacomino S., Curia A., Pellegrino N., Fournier M., Apro N. 2012. Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica. Revista Chilena de Nutrición, 39 (3). 58-59
- Panadés, E. 1998. Alimentos para regímenes especiales/funcionales. Aspectos nutricionales, funcionales y tecnológicos para su desarrollo. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España (1):. 18-19
- Pedrero. D y Pangborn R. 1997. Evaluación sensorial de los alimentos, Métodos de análisis estadístico. (Ed.), Alhambra Mexicana S.A. de C.V. México D.F., pp. 15-18.
- Pereira, J. 2002. Effect of whole grains on insulin sensitivity in overweight hyperinsulinemic adults. American Clinical Nutrition ;75(5):848–55.
- Pierson M. & Smoot L. (2001) Indicator Microorganisms and Microbiological Criteria. In: Food Microbiology. Fundamentals and Frontiers. 2nd ed. Doyle M. Beuchat L. & Montville T. (Eds.) ASM Press. USA. 71-87.
- Piggott, J., Simpson, S. y Williams, S. (1998). Sensory analysis. Journal of Food Science and Technology, 33 (1): 7-18.
- Purlis, E 2010; Browning development in bakery products-A review. Journal of food Engineering, 99 (1): 239-249
- Rastogi A. 2012. Amaranth: A New millennium crop of nutraceutical values. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 1 (53) :109125.
- Robards, K., Prenzler, P.D., Tucker, G., Swatsitang, P., Glover, W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. Food Chemistry. 66 (4): 401-436.

- Romero A. 2007. Polipéptido insulínico dependiente de glucosa y péptido semejante al glucagón tipo 1: acciones fisiológicas e implicaciones en la diabetes tipo 2 y la obesidad. *Revista de Endocrinología y Nutrición*. 3 (15): 156-164.
- Rosenthal, A. 2001. *Textura de los alimentos, Medida y percepción* (Ed). Acribia. Zaragoza España. Pp367-374.
- Schirra, M. (1998) Storage trials of cactus pear (*Opuntia ficus indica* Miller L.) fruit with non-convetional methods. *International Symposium Proceedings: Cactus pear and nopalitos processing and uses*. Office of Arid Lands Studies, Chile. 1 (1); 26-32.
- SIAP. 2012-2018. Atlas Agroalimentario. 26/11/2018, de SAGARPA Sitio web: [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018)
- Steinmetz, K.A, 1996. Vegetables, fruit, and cáncer prevention: a review. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 96(10): 27-39
- Steven K. M., Kullman E.L., Scelsi A., Haus J.M., Filion J., Mangesh R., Godin J.P., Kochhar, S. Alastair B., Kirwan, J.P. 2018. A whole-grain diet reduces peripheral insulin resistance and improves glucose kinetics in obese adults: A randomized- controlled trial. *Metabolism Clinical and Experimental*; 82 (1): 111-117.
- Vaclavik, V. 2002. *Fundamentos de ciencia de los alimentos*. Editorial Acribia. Zaragoza España. pp 25, 294, 352.
- Venegas; O. 2009. Propiedades funcionales de la harina de avena. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*: 19 (2):33-34
- Wallace R. S. (1986) Systematic implications of chloroplast DNA sequence variation in the Opuntioideae. Hunt, D. & N. Taylor (2002) *Studies in the Opuntioideae (Cactaceae)*. *Succulent Plant Research*. 1 (1); 65-68.
- World Health Organization. (2011). *Enfermedades no transmisibles*. 18/10/2018, de Organización Mundial de la Salud Sitio web: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- Yahyab H y Linfortha, R 2013. Flavour generation during commercial barley and malt roasting operations: A time course study. *Food Chemistry* 145 (1): 378-387.
- Yúfera, E, 2000. *Química de los alimentos*. Editorial síntesis. pp 322-329.
- Zczesniak, A.S. 1963 Classification of Textural Characteristics. *Journal of Food Science*,. 28,( 4),385-389.

## 12.ANEXOS

### Anexo 1. Análisis químico proximal (AQP) de los bagazos de nopal.

#### Bagazo de nopal Poda



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA



Constancia: NUT-457/18

Hoja 01/02

GERARDO RAFAEL SOTO M.  
ICAT-UNAM  
CIRCUITO EXTERIOR S/N  
CIUDAD UNIVERSITARIA

Muestra.: NUT-457  
BAGAZO NOPAL PODA

Fecha de recepción: 22.08.18

#### Análisis Químico Inmediato\*

Materia seca	95.41%
Humedad	4.59%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	10.85%
Extracto Etéreo	1.16%
Cenizas	12.08%
Fibra Cruda	14.87%
Extracto Libre de Nitrógeno	56.44%

Los resultados se expresan en Base Húmeda

\*Método AOAC Químico Proximal (1990)

NA = NO ANALIZADO

NC = NO CALCULADO

Analizó: Martín Flores Rodríguez

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 28 de Agosto de 2018.  
FACULTAD DE MEDICINA  
VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
28 AGO 2018  
Q.A. Águeda García Pérez  
Responsable del Laboratorio  
Dr. Luis Corona Gochi  
Jefe de Departamento de Nutrición Animal y  
Bioquímica  
Departamento de Nutrición Animal  
y Bioquímica



Esta constancia ampara únicamente la muestra analizada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de la misma sin previa autorización escrita del responsable del laboratorio. La presente constancia no podrá ser utilizada para fines legales.



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA



Constancia: NUT-458/18

Hoja 01/02

GERARDO RAFAEL SOTO M.  
ICAT-UNAM  
CIRCUITO EXTERIOR S/N  
CIUDAD UNIVERSITARIA

Muestra.: NUT-458  
BAGAZO NOPAL VERDULERO

Fecha de recepción: 22.08.18

Análisis Químico Inmediato\*

Materia seca	95.00%
Humedad	5.00%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	11.05%
Extracto Etéreo	1.20%
Cenizas	11.81%
Fibra Cruda	13.59%
Extracto Libre de Nitrógeno	57.36%

Los resultados se expresan en Base Húmeda  
\*Método AOAC Químico Proximal (1990)  
NA = NO ANALIZADO  
NC = NO CALCULADO  
Analizó: Martín Flores Rodríguez

Alentamiento  
"POR MI RAZA HABITARA EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria, C.P. 04510 Xalisco, Jalisco  
22 de Agosto de 2018

26 AGO 2018

Q.A. Águeda García Pérez  
Responsable del Laboratorio

Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica

Dr. Luis Corona Gochi  
Jefe de Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica



Esta constancia ampara únicamente la muestra analizada. Se prohíbe la reproducción total o parcial de la misma sin previa autorización escrita del responsable del laboratorio. La presente constancia no podrá ser utilizada para fines legales.





**BARRAS DE CEREAL**

Frente a usted tiene 3 muestras, coloque el código en el recuadro y marque con una "X" en la escala el punto que mejor describa su agrado en **FIRMEZA**.

	Código:	Código:	Código:
Mucho más firme de lo que me gusta			
Más firme de lo que me gusta			
Justo como me gusta			
Menos firme de lo que me gusta			
Mucho menos firme de lo que me gusta			

Frente a usted tiene 3 muestras, coloque el código en el recuadro y marque con una "X" en la escala el punto que mejor describa su agrado en **DULZOR**.

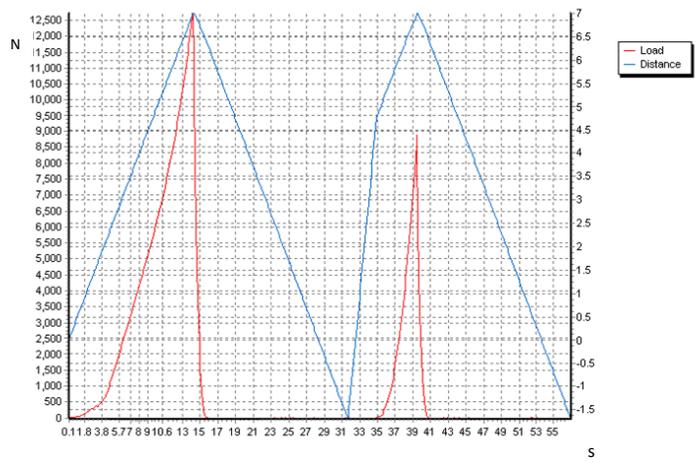
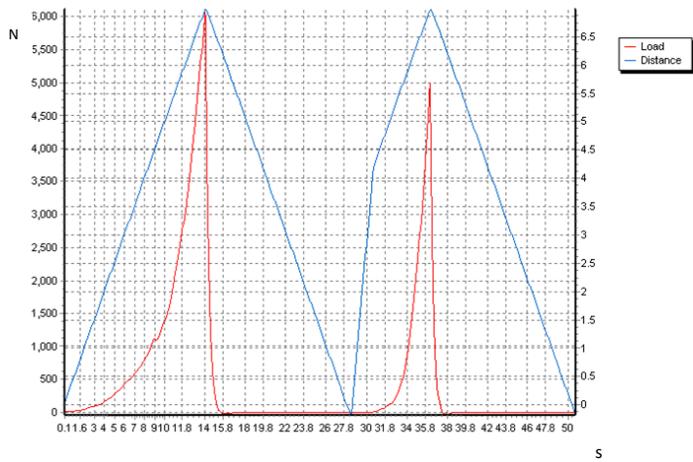
	Código:	Código:	Código:
Mucho más dulce de lo que me gusta			
Más dulce de lo que me gusta			
Justo como me gusta			
Menos dulce de lo que me gusta			
Mucho menos dulce de lo que me gusta			

A continuación, de acuerdo a su percepción, anote el código de las muestras en orden **CRECIENTE** de preferencia de **AGRADO EN GENERAL**.

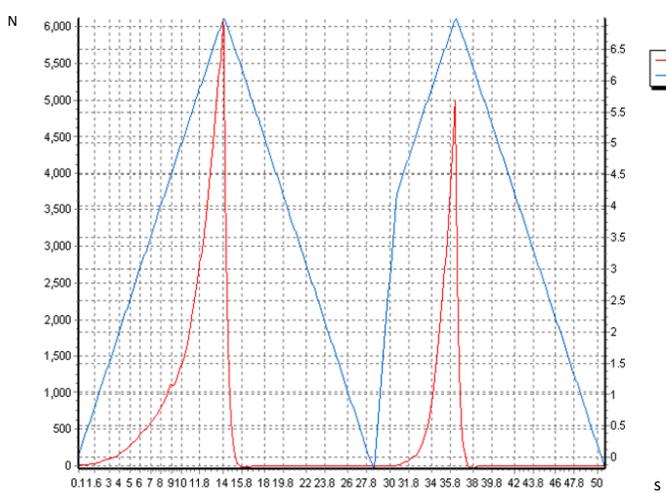
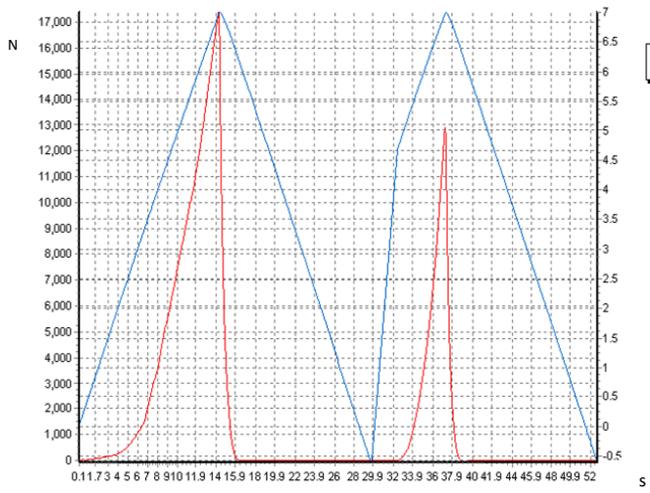
\*No se permiten empates

MENOR		MAYOR

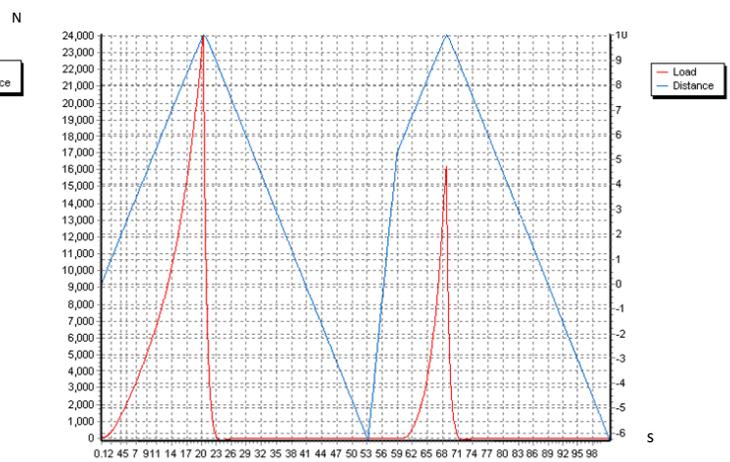
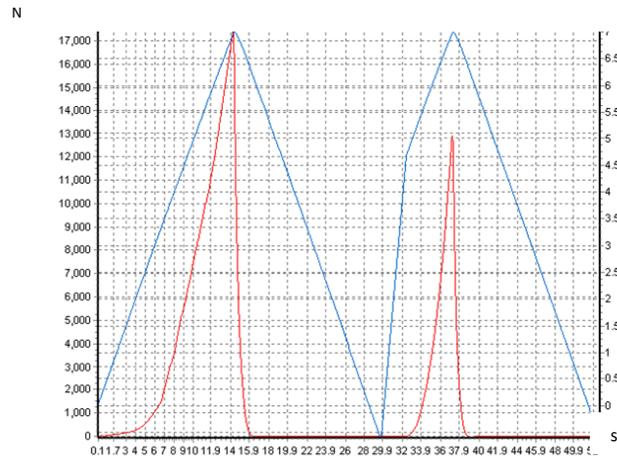
**Anexo 3. Gráficas de análisis de perfil de textura en las formulaciones.**



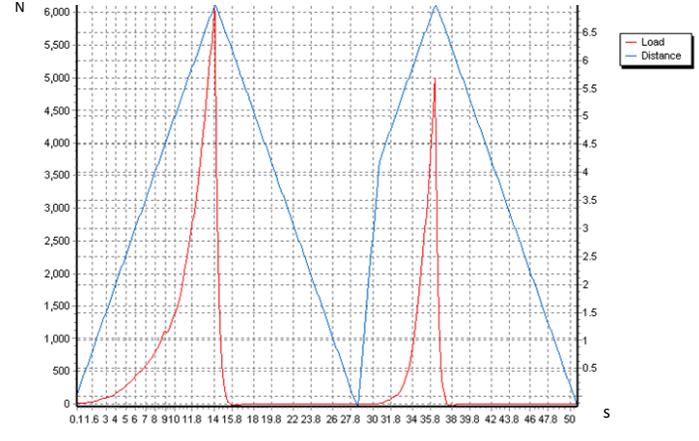
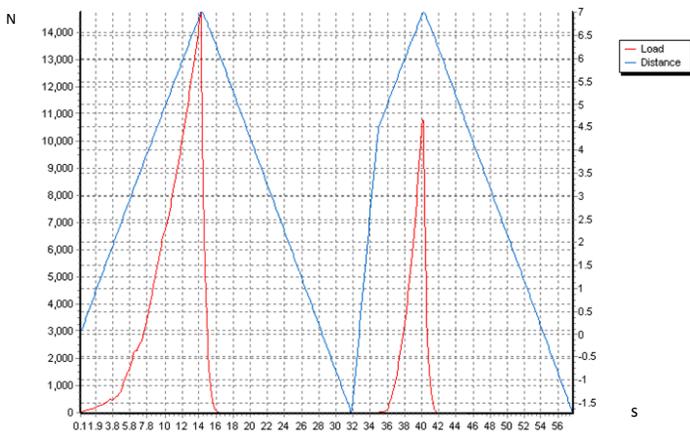
Gráfica 1 y 2. Análisis de perfil de textura de formulación A



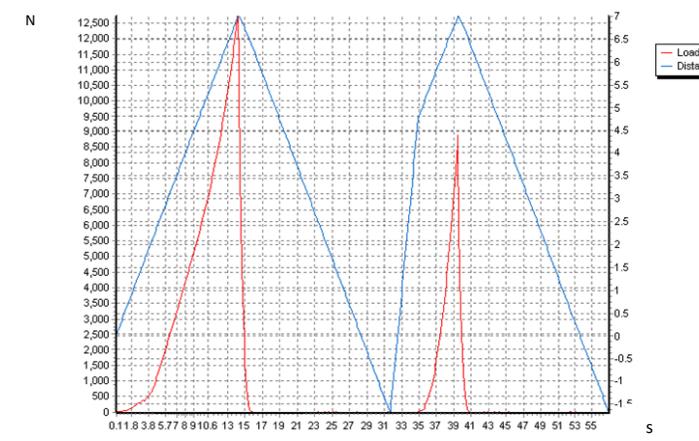
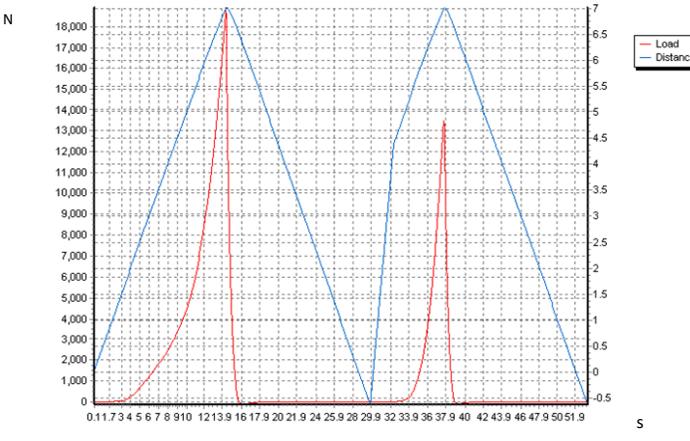
Gráfica 3 y 4. Análisis de perfil de textura de formulación B



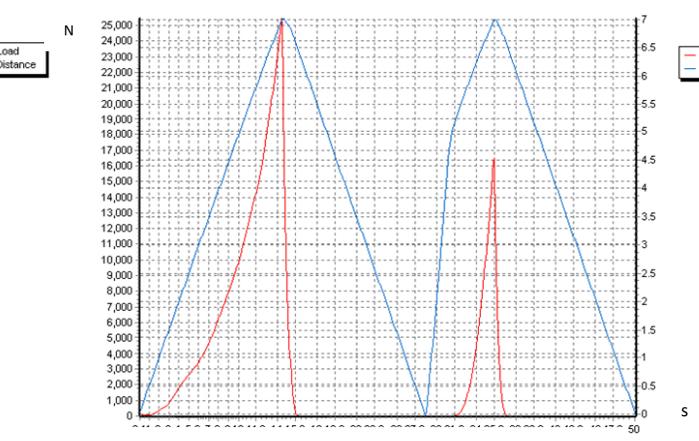
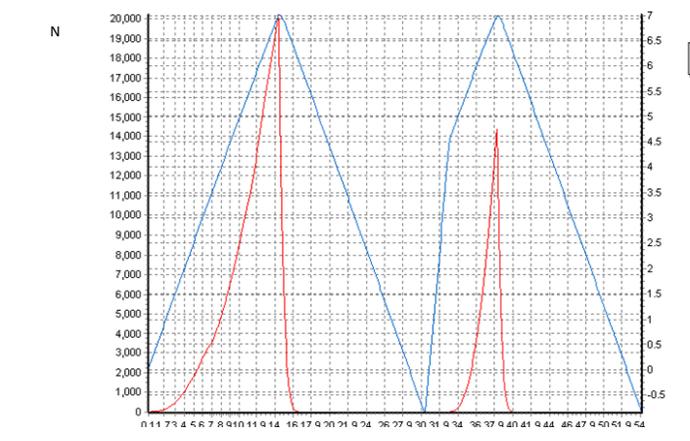
Gráfica 5 y 6. Análisis de perfil de textura de formulación C



Grafica 7 y 8. Análisis de perfil de textura de formulación D



Grafica 9 y 10. Análisis de perfil de textura de formulación E



Grafica 11 y 12. Análisis de perfil de textura de formulación F

**Anexo 4. Crecimiento microbiano en el estudio.**

*Amaranto*

*Avena*



Figura 1. Resultado de coliformes dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

Figura 2. Resultado de coliformes dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$



Figura 3. Resultado de mesófilos dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

Figura 4. Resultado de mesófilos dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

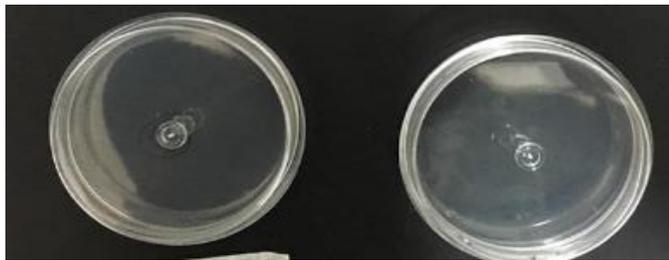


Figura 5. Resultado de mohos y levaduras dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

Figura 6. Resultado de mohos y levaduras dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

*Bagazo Poda Irradiado 40 min*

*Bagazo Verdulero Irradiado 40 min*



Figura 7. Resultado de coliformes dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

Figura 8. Resultado de coliformes dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

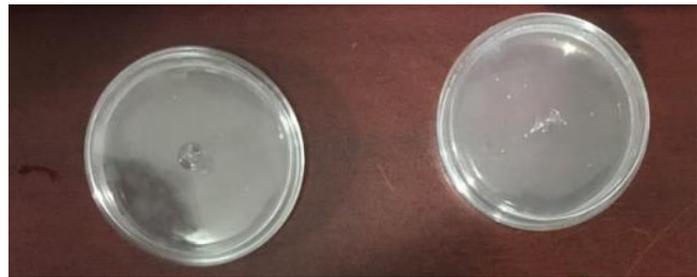


Figura 9. Resultado de mesófilos dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

Figura 10. Resultado de mesófilos dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

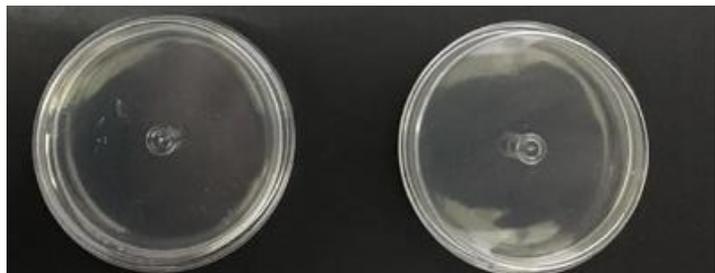
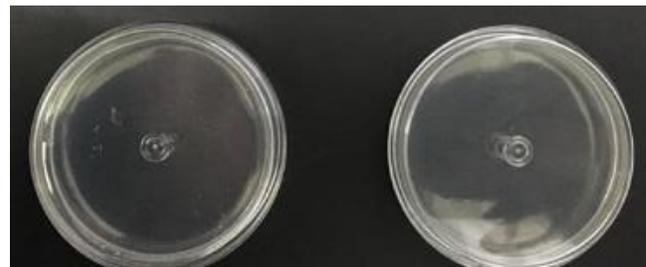


Figura 11. Resultado de mohos y levaduras dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

Figura 12. Resultado de mohos y levaduras dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

*Bagazo Poda*

*Bagazo Verdulero*



Figura13. Resultado de coliformes dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

Figura14. Resultado de coliformes dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

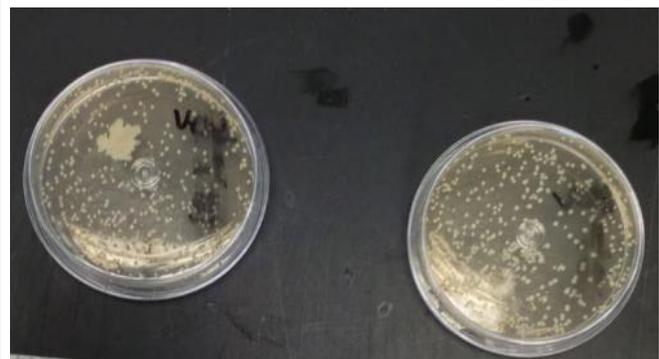


Figura 15. Resultado de mesófilos dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

Figura 16. Resultado de mesófilos dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$



Figura 17. Resultado de mohos y levaduras dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

Figura 18. Resultado de mohos y levaduras dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

*Barra*



Figura19. Resultado de coliformes dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$



Figura 20. Resultado de mesófilos dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$



Figura 21. Resultado de mohos y levaduras dilución  $10^{-1}$  y  $10^{-2}$

## Anexo 5. Análisis estadístico de las formulaciones evaluadas por los consumidores.

### Prueba de Nivel de agrado (Cuestionario 1)

Análisis de varianza (agrado general):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	229.508	45.902	18.356	<b>&lt; 0.0001</b>
Error	594	1485.410	2.501		
Total corregido	599	1714.918			

Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$

Formulaciones	Medias LS	Grupos		
D	6.090	A		
A	6.030	A		
F	5.940	A		
C	5.160		B	
E	4.790		B	C
B	4.560			C

Análisis de varianza (color):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	263.753	52.751	17.652	<b>&lt; 0.0001</b>
Error	594	1775.120	2.988		
Total corregido	599	2038.873			

Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$

Formulaciones	Medias LS	Grupos		
D	6.200	A		
A	6.050	A	B	
F	5.700		B	
C	5.210			C
B	4.610			D
E	4.490			D

Análisis de varianza (textura crujiente):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	50.315	10.063	3.743	<b>0.002</b>
Error	594	1597.150	2.689		
Total corregido	599	1647.465			

Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$

Formulaciones	Medias LS	Grupos		
A	5.760	A		
D	5.760	A		
F	5.640	A	B	
C	5.210		B	C
E	5.140			C
B	5.100			C

Análisis de varianza (sabor):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	200.935	40.187	13.198	<b>&lt; 0.0001</b>
Error	594	1808.690	3.045		
Total corregido	599	2009.625			

Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$

Formulaciones	Medias LS	Grupos		
D	6.160	A		
A	6.110	A		
F	5.850	A	B	
C	5.370		B	C
E	5.120			C
B	4.540			D

### Prueba de Preferencia (Cuestionario 1)

#### Prueba de Friedman en sabor

Q (Valor observado)	43.721
Q (Valor crítico)	11.070
GL	5
valor-p (unilateral)	< 0.0001
Alfa	0.05

Se ha utilizado una aproximación para calcular el valor-p.

Interpretación de la prueba:

H0: Las muestras vienen de la misma población.

Ha: Las muestras no vienen de la misma población.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

#### Prueba de Friedman en sabor

Muestra	Media de rangos	Grupos	
A	4.245	A	
D	3.800	A	
F	3.725	A	
C	3.520	A	B
E	2.880		B
B	2.830		B

*Prueba de Friedman en color*

Q (Valor observado)	83.691
Q (Valor crítico)	11.070
GL	5
valor-p (unilateral)	< 0.0001
Alfa	0.05

Se ha utilizado una aproximación para calcular el valor-p.

Interpretación de la prueba:

H0: Las muestras vienen de la misma población.

Ha: Las muestras no vienen de la misma población.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

Prueba de Friedman en color

Muestra	Media de rangos	Grupos	
A	4.410	A	
D	4.020	A	B
F	3.810	A	B
C	3.610		B
B	2.650		C
E	2.500		C

Prueba de Justo como lo esperaba (JAR) (Cuestionario 2)

Análisis de la varianza (Variable firmeza):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	2	13.3800	6.6900	6.7440	0.0014
Error	297	294.6200	0.9920		
Total corregido	299	308.0000			

Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$

Formulaciones	Media	Grupos
D	2.8300	A
F	2.6500	A
A	2.3200	B

Análisis de la varianza (Variable dulzor):

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	2	0.0800	0.0400	0.0407	0.9601
Error	297	291.8500	0.9827		
Total corregido	299	291.9300			

Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$

Formulaciones	Media	Grupos
F	2.8900	A
A	2.8700	A
D	2.8500	A

## Prueba de Preferencia (Cuestionario 2)

### *Prueba de Friedman en agrado en general*

Q (Valor observado)	0.8600
Q (Valor crítico)	5.9915
GDL	2
p-valor (bilateral)	0.6505
Alfa	0.05

Interpretación de la prueba:

H0: Las muestras vienen de la misma población.

Ha: Las muestras no vienen de la misma población.

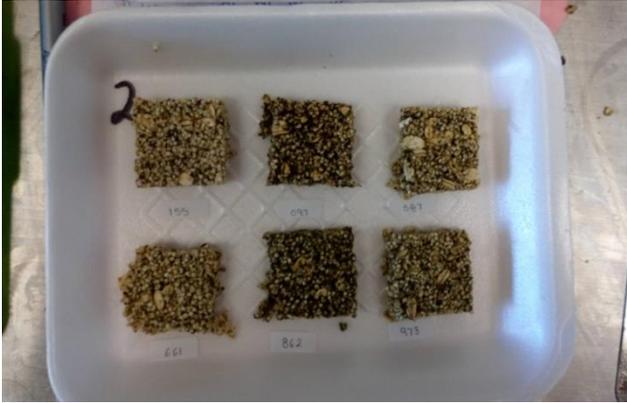
Como el p-valor calculado es mayor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es de 65.05%.

### *Prueba de Friedman en agrado en general*

Muestra	Media de los rangos	Grupos
D	1.9300	A
A	2.0100	A
F	2.0600	A

**Anexo 6. Sesión de evaluación sensorial con consumidores.**



*Figura 22. Charola para la evaluación sensorial de consumidores de las seis formulaciones.*



*Figura 23. Charola y cuestionario para la segunda evaluación sensorial de consumidores*

**Anexo 7. Análisis Químico Proximal (AQP) de producto final.**

Formulación A

  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA



**DRA. MA. SOLEDAD CORDOVA**  
ICAT-UNAM

Constancia: NUT-484/19  
Hoja 01/02

**Muestra.:** NUT-484  
BARRA ENERGETICA A

**Fecha de recepción:** 03.04.19

**Análisis Químico Inmediato\***

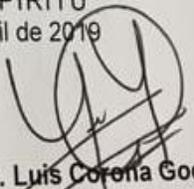
Materia seca	94.63%
Humedad	5.37%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	7.61%
Extracto Etéreo	4.99%
Cenizas	2.47%
Fibra Cruda	2.27%
Extracto Libre de Nitrógeno	77.28%

Los resultados se expresan en Base Húmeda  
\*Método AOAC 2015 (934.01, 2001.11, 920.39, 942.05, 962.09)  
NA = NO ANALIZADO  
NC = NO CALCULADO  
Analizó: Martin Flores Rodríguez

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
Cd. Universidad Nacional de México, D.F. 03 de Abril de 2019

  
**Q.A. Águeda García Pérez**  
Responsable del Laboratorio

  
Departamento de  
Nutrición Animal  
y Bioquímica

  
**Dr. Luis Corona Gochi**  
Jefe de Departamento de Nutrición Animal y  
Bioquímica

  
RECONOCIMIENTO  
DE CALIDAD  
UNAM  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Formulación D



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA

Const

DRA. MA. SOLEDAD CORDOVA  
ICAT-UNAM

Muestra.: NUT-485  
BARRA ENERGETICA B

Fecha de recepción: 03.04.19

Análisis Químico Inmediato\*

Materia seca	96.55%
Humedad	3.45%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	7.52%
Extracto Etéreo	5.14%
Cenizas	2.13%
Fibra Cruda	2.97%
Extracto Libre de Nitrógeno	78.80%

Los resultados se expresan en Base Húmeda  
\*Método AOAC 2015 (934.01, 2001.11, 920.39, 941.15)  
NA = NO ANALIZADO  
NC = NO CALCULADO  
Analizó: Martin Flores Rodríguez

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universidad de Mérida de Abril de 2019

Q.A. Águeda García Pérez  
Responsable del Laboratorio

09 ABR. 2019

Departamento de  
Nutrición Animal  
y Bioquímica

Dr. Luis G.  
Jefe de Departamento  
Bio

Formulación F

  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BIOQUÍMICA

**DRA. MA. SOLEDAD CORDOVA**  
ICAT-UNAM

**Muestra.:** NUT-486  
BARRA ENERGETICA T

**Fecha de recepción:** 03.04.19

**Análisis Químico Inmediato\***

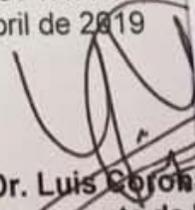
Materia seca	92.60%
Humedad	7.40%
Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)	6.76%
Extracto Etéreo	4.54%
Cenizas	2.16%
Fibra Cruda	2.91%
Extracto Libre de Nitrógeno	76.23%

Los resultados se expresan en Base Húmeda  
\*Método AOAC 2015 (934.01, 2001.11, 920.39, 942.01)  
NA = NO ANALIZADO  
NC = NO CALCULADO  
Analizó: Martin Flores Rodríguez

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria, México, a 09 de Abril de 2019

  
**Q.A. Águeda García Pérez**  
Responsable del Laboratorio

  
Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica

  
**Dr. Luis Corona**  
Jefe de Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica

**Anexo 8. Costeo del producto final.**

*Formulación A*

Ingredientes y Aditivos	Cantidad (Kg)	Sólidos (Kg)	Fórmula (%)	Ingred Críticos		Costo/Kg Mat. Prima	Costo/Kg Producto
				(Kg)	(Kg)		
jarabe de agave	50.00	35.16	50.00			303.60	151.80
amaranto	25.00	21.95	25.00			80.00	20.00
avena	15.00	10.73	15.00			27.50	4.13
agazo de nopal	10.00	0.73	10.00			27.40	2.74
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>68.56</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>14.00</b>	<b>178.67</b>
	<b>inicial</b>	<b>final</b>					
<b>Sólidos Solubles (°Brix)</b>	<b>68.56</b>	<b>121.55</b>					
<b>ulzor Equivalente (Sacarosa %)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
<b>Fibra Soluble (%)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>					
<b>Rendimiento (Kg)</b>	<b>83.33</b>						
<b>Rendimiento (%)</b>	<b>83.33</b>						
peso de la mezcla de ingredietes (g)	24						
peso de la barra horneada (g)	20						

<b>Costo Inicial Mat Prima (1 Kg)</b>	<b>\$ 178.67</b>
<b>Costo Real Mat Prima (1 Kg)</b>	<b>\$ 214.40</b>
<b>Costo Real/ cont. neto (Mat Prima)</b>	<b>\$ 4.29</b>
<b>Precio Mínimo Venta (Cont neto)</b>	<b>\$ 10.72</b>
<b>Precio Ideal de Venta (Cont neto)</b>	<b>\$ 13.83</b>
<b>Margen Bruto sin Empaque (%)</b>	<b>69.00</b>

Formulación D

Ingredientes y Aditivos	Cantidad (Kg)	Sólidos (Kg)	Fórmula (%)	Ingred Críticos		Costo/Kg Mat. Prima	Costo/Kg Producto
				(Kg)	(Kg)		
Jarabe de agave	50.00	35.16	50.00			303.60	151.80
Amaranto	25.00	21.95	25.00			80.00	20.00
Avena	15.00	10.73	15.00			27.50	4.13
Bagazo de nopal	10.00	0.73	10.00			122.00	12.20
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>68.56</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>188.13</b>

	inicial	final
<b>Sólidos Solubles (°Brix)</b>	<b>68.56</b>	<b>121.55</b>
Dulzor Equivalente (Sacarosa %)	0.00	0.00
Fibra Soluble (%)	0.00	0.00
<b>Rendimiento (Kg)</b>	<b>83.33</b>	
<b>Rendimiento (%)</b>	<b>83.33</b>	

<b>Costo Inicial Mat Prima (1 Kg)</b>	<b>\$ 188.13</b>
<b>Costo Real Mat Prima (1 Kg)</b>	<b>\$ 225.75</b>
Costo Real/ cont. neto (Mat Prima)	\$ 4.52
<b>Precio Mínimo Venta (Cont neto)</b>	<b>\$ 11.29</b>
<b>Precio Ideal de Venta (Cont neto)</b>	<b>\$ 14.56</b>
<b>Margen Bruto sin Empaque (%)</b>	<b>69.00</b>

Peso de la mezcla de ingredietes (g)	24
Peso de la barra horneada (g)	20

Formulación F

Ingredientes y Aditivos	Cantidad (Kg)	Sólidos (Kg)	Fórmula (%)	Ingred Críticos		Costo/Kg Mat. Prima	Costo/Kg Producto
				(Kg)	(Kg)		
Jarabe de agave	50.00	35.16	50.00			303.60	151.80
Amaranto	15.00	13.17	15.00			80.00	12.00
Avena	25.00	17.88	25.00			27.50	6.88
Bagazo de nopal	10.00	0.73	10.00			122.00	12.20
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>66.93</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>182.88</b>

	inicial	final
<b>Sólidos Solubles (°Brix)</b>	<b>66.93</b>	<b>124.51</b>
Dulzor Equivalente (Sacarosa %)	0.00	0.00
Fibra Soluble (%)	0.00	0.00
<b>Rendimiento (Kg)</b>	<b>83.33</b>	
<b>Rendimiento (%)</b>	<b>83.33</b>	

Costo Inicial Mat Prima (1 Kg)	\$ 182.88
Costo Real Mat Prima (1 Kg)	\$ 219.45
Costo Real/ cont. neto (Mat Prima)	\$ 4.39
Precio Mínimo Venta (Cont neto)	\$ 10.97
Precio Ideal de Venta (Cont neto)	\$ 14.16
Margen Bruto sin Empaque (%)	69.00

Peso de la mezcla de ingredietes (g)	24
Peso de la barra horneada (g)	20

## **Anexo 9. Cartel y extenso enviado al primer congreso mundial del amaranto.**

### **BARRAS DE AMARANTO Y NOPAL PARA USO TERAPÉUTICO**

Tinajero Fonseca Diana Gabriela<sup>1</sup>, Córdova-Aguilar., M.S.<sup>1\*\*</sup>, Martínez-Arellano, I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510, Ciudad de México, Apdo. Postal 70-186. <sup>2</sup>Cátedra Conacyt 988. E-mail: [marisol.cordova@ccadet.unam.mx](mailto:marisol.cordova@ccadet.unam.mx) Tel. 56228602, ext.1312; Fax: +52 (55) 56.22.86.20.

**Eje temático:** 3 (Innovación, tecnología de transformación y agregación de valor).

**País:** México

**Palabras clave:** Amaranto, cereales, fibra, diabetes.

#### **Introducción**

El contenido de compuestos como flavonoides, ácidos fenólicos y vitaminas, así como el alto contenido de aminoácidos esenciales, en especial la lisina (Nisar Ahmad Mir 2018), hacen que el consumo de amaranto tenga un efecto positivo en la salud además de favorecer la reducción y/o prevención de enfermedades degenerativas no obstante la deficiencia en fibra. Se propone el diseño y elaboración de un alimento a base de amaranto, rico en vitaminas y altamente nutritivo además de apto, variado y económico para consumo de pacientes diabéticos, los cuales tienen un consumo limitado de productos adecuados para su salud e incluso, a un costo muy elevado.

En esta propuesta se busca utilizar el amaranto reventado como elemento principal, complementado con avena y bagazo de nopal. El bagazo es muy buena fuente de fibra, cuya presencia favorece la asimilación de la riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>), vitamina C, ácido fólico y vitamina E del amaranto. Se propone utilizar jarabe de agave como aglutinante y edulcorante, ya que tiene asociado un bajo índice glicémico.

#### **Materiales y Métodos**

Por medio del análisis estadístico (STATGRAPHICS), se realizó un diseño de mezclas para elaborar barras a base de amaranto reventado, avena en hojuelas, bagazo de nopal en polvo como fuente de fibra y de jarabe de agave (avalado por la Asociación

Mexicana de Diabetes). El bagazo es un subproducto de un proceso de extracción mecánica libre de solventes del mucilago de nopal para su uso como aditivo dispersante/espesante. Una vez separado el bagazo por centrifugación, se coloca en un secador de charolas a 50°C por 24 horas. El bagazo seco se somete a un proceso de molienda un minuto o hasta obtener un polvo fino (malla 100). Se realizó un diseño de mezclas dando lugar a un diseño experimental de 6 formulaciones donde los contenidos de amaranto y avena se **variaron** del 20% al 40%, la fibra, de 5% al 20% y el jarabe, del 10% al 30%. Las barras se elaboraron de un mismo tamaño y peso, utilizando una prensa de acero inoxidable de diseño propio. Posteriormente, se hornearon a 90°C/40 minutos, se empacaron en bolsas individuales para almacenar y evaluar al mes de almacenamiento a temperatura ambiente. Se evaluará la consistencia por TPA marca BROOKFIELD® Texture Pro CT y con panel de consumidores. Cada barra se le evaluará actividad de agua (**aw**) y % de humedad a tiempo cero, 7 y 30 días de almacenamiento. A futuro, las pruebas sensoriales a utilizar serán para determinar el nivel de agrado general y los atributos de dulzor y crujiente, utilizando una escala hedónica de nueve puntos. Así mismo se les presentará a los consumidores las seis muestras al mismo tiempo y se les pedirá que las ordenaran de acuerdo a su preferencia, de menor a mayor gusto, en los atributos apariencia, dulzor, crujiente. Finalmente, se evaluará la intensidad de los atributos dulzor y crujiente utilizando la escala justo como lo esperaba (Just About Right) de 5 puntos. Por otra parte, se harán análisis microbiológicos (hongos, coliformes y mesófilos) y un análisis nutrimental.

## Resultados y Discusión

En la tabla 1 se presentan los datos de la composición nutrimental de la avena y del amaranto utilizados en estas formulaciones.

*Tabla 1.* Composición nutrimental

Análisis Químico Proximal (g/100g)							
Producto	Humedad	Energía (kcal/100g)	Proteína	Lípidos	Cenizas	Hidratos de Carbono	Fibra dietética
Avena	10.74	340	13.21	2.5	0.899	72.65	10.7
Amaranto	6.21	389.14	17.80	4.90	2.630	68.46	14.40

En la tabla 2 se presentan los datos del perfil de aminoácidos experimental obtenidos para ambos productos.

*Tabla 2. Perfil de aminoácidos*

Aminoácido	avena	amaranto
Triptófano	-	-
Treonina	0.47	0.1
Isoleucina	0.11	0
Leucina	0.49	0.38
Lisina	0.06	0.67
Metionina	0.19	0
Cisteína	0.11	0.33
Fenilalanina	0.57	0.25
Tirosina	0.46	0.22
Valina	0.30	0
Arginina	0.82	1.25
Histidina	0.14	0.18
Alanina	0.41	0.6
Ác. Aspártico	0.81	1.05
Ác. Glutámico	0.96	7.65
Glicina	0.00	0.92
Prolina	0.31	0.57
Serina	2.95	0.04

Para la extracción mecánica de mucílago, se utilizaron dos tipos de nopal, uno es nopal de poda o forrajero (de 5 meses o más) y el nopal de verdura, o “nopalito” que es de 15 días. Por tanto, se utilizaron los dos tipos de bagazo para elaborar las barras. Ambos bagazos tienen más de 70 % de fibra. En pruebas preliminares, se hicieron 2 mezclas, con 5% y 20% de fibra, manteniendo el jarabe de agave al 30%. Las formulaciones fueron quebradizas y difíciles de manipular después del prensado. Se agregó jarabe de agave hasta el 50% del total de la mezcla con lo cual se logró obtener una consistencia de barra firme y estable. Sin embargo, se decidió seguir la NOM-086-SSA1-1994, la cual indica que el contenido de fibra debe ser igual o mayor al 2.5

g/porción en relación al contenido del alimento original. Por ello se propusieron formulaciones hasta con 20% de fibra, variando la cantidad de avena, amaranto y 50% de jarabe de agave el cual es de bajo índice glicémico considerando que la población tipo son personas con diabetes. Se obtuvieron 3 mezclas con una humedad del 8.20, 7.20 y 4.20%, actividad de agua de 0.42. Las barras son de 9 cm x 3 cm y espesor de 1.5 cm en promedio y se empacaron en bolsas de polietileno para ser almacenadas a temperatura ambiente hasta 30 días.

La humedad y actividad de agua de la formulación con bagazo de poda no varían con respecto a los datos obtenidos con la formulación elaborada con bagazo de nopalito. Después de 7 y 30 días de almacenamiento, las muestras presentaron los mismos porcentajes de humedad y de actividad de agua. Esto implica que no hay cambios significativos y que el empaque funciona adecuadamente para la conservación de la barra.

Cabe señalar que hasta el momento de este resumen, las evaluaciones tanto mecánicas, de textura y sensoriales están en desarrollo. Las pruebas sensoriales y microbiológicas hasta el momento son preliminares, ya que estamos en la etapa de formulación y estandarización del proceso de elaboración.

## **Conclusión**

Se desarrollaron 6 formulaciones a partir de una mezcla de amaranto, avena y dos tipos de bagazo de nopal. Estas barras proporcionan los nutrientes que permiten considerar los productos como botanas saludables, con carga glucémica baja y menor precio a las comerciales. El uso del bagazo de nopal, permite dar un valor agregado a un subproducto de desecho además de ofrecer una alternativa aceptable para este tipo de poblaciones.

## **Referencias**

- Guzmán-Maldonado, S. H. y Herrera-Hernández, M. G. 2011. Calidad nutricional y nutracéutica de un alimento tipo barrita preparado con harina de frijol y maíz. *Revista de Salud Pública y Nutrición*, Edición Especial No. 6, pp. 902-909.
- Nisar Ahmad Mir, Charanjit Singh Riar, Sukhcharn Singh. (2018). Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review. *ELSEVIER*, 75, 170-180. 19/08/2018, De SCOPUS Base de datos.
- Steven K. Malin, Emily L. Kullman, Amanda R. Scelsi, Jacob M. Haus, Julianne Filion,

Mangesh R. Pagadala, Jean-Philippe Godin, Sunil Kochhar, Alastair B. Ross, John P. Kirwan. (2018). A whole-grain diet reduces peripheral insulin resistance and improves glucose kinetics in obese adults: A randomized-controlled trial. *Metabolism Clinical and Experimental*, 82, 111-117. 16/08/2018, De SCOPUS Base de datos.



# BARRAS DE AMARANTO Y NOPAL PARA USO TERAPÉUTICO



Tinajero Fonseca Diana Gabriela, Córdova-Aguilar., M.S., Martínez-Arellano, I.  
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, Universidad Nacional Autónoma de México.  
Cátedra-CONACYT  
marisol.cordova@ccadet.unam.mx

## INTRODUCCIÓN



Flavonoides, ácidos fenólicos, vitaminas, alto contenido de aminoácidos como lisina.

El jarabe de agave aglutinante y edulcorante, asociado un bajo índice glicémico



El bagazo es muy buena fuente de fibra, cuya presencia favorece la asimilación de la riboflavina (vitamina B 2 ), vitamina C, ácido fólico y vitamina E del amaranto.



Alimento rico en vitaminas y altamente nutritivo además de apto, variado y económico para consumo de pacientes diabético

## MATERIALES Y MÉTODOS



Secado del bagazo

Bagazo nopal de poda o forrajero y bagazo nopal de verdura, o "nopalito" Ambos con más de 70 % de fibra

Molienda de bagazo



amaranto 20% al 40%  
avena del 20% al 40%  
fibra de 5% al 20%  
jarabe del 10% al 30%

Formulación

Con jarabe de agave al 50%.

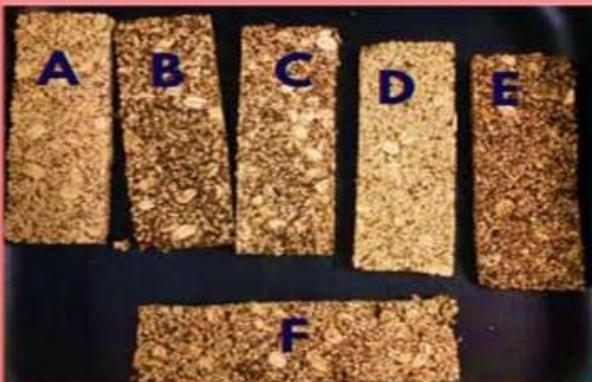
Prensado



Horneado

Con jarabe de agave al 30%.

## RESULTADOS



Formulación	Humedad inicial (%)	aw inicial	Humedad 7 días (%)	aw 7 días	Humedad 30 días (%)	aw 30 días
A	8.20	0.35	8.10	0.31	NR	0.31
B	7.20	0.33	6.64	0.35	NR	0.38
C	4.18	0.36	4.17	0.37	NR	0.37
D	8.28	0.34	NR	NR	NR	NR
E	7.44	0.40	NR	NR	NR	NR
F	5.59	0.41	NR	NR	NR	NR

NR: NO REALIZADO

## CONCLUSIÓN

Se desarrollaron barras que proporcionan los nutrientes que permiten considerar los productos como botanas saludables, con carga glucémica baja y menor precio a las comerciales.

El uso del bagazo de nopal, permite dar un valor agregado a un subproducto de desecho además de ofrecer una alternativa aceptable para diabéticos.

## REFERENCIAS

\*Guzmán-Maldonado, S. H. y Herrera-Hernández, M. G. 2011. Calidad nutricional y nutracéutica de un alimento tipo barra preparada con harina de frijol y maíz. Revista de Salud Pública y Nutrición, Edición Especial No. 6, pp. 902-909.

\*Nisar Ahmad Mir, Charanjit Singh Riar, Sukhcharr Singh. (2018). Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review. ELSEVIER, 75, 170-190. 19/08/2018.

\*Steven K. Malin, Emily L. Kullman, Amanda R. Scelsi, Jacob M. Haus, Juliana Filen, Mangesh R. Pegodale, Jean-Philippe Godin, Sunil Kochhar, Alastair B. Ross, John P. Kirwan. (2018). A whole-grain diet reduces peripheral insulin resistance and improves glucose kinetics in obese adults: A randomized-controlled trial. Metabolism Clinical and Experimental, 82, 111-117. 16/08/2018. De SCOPUS Base de datos.

**Anexo 10. Análisis estadístico de pruebas fisicoquímicas (humedad y aw).**  
*Humedad*

**Regresión de la variable A:**

Estadísticos de bondad del ajuste (A):

Observaciones	6.000
Suma de los pesos	6.000
GL	3.000
R <sup>2</sup>	0.377
R <sup>2</sup> ajustado	-0.038
MEC	0.003
RMSE	0.056
MAPE	
DW	
Cp	3.000
	-
AIC	32.817
	-
SBC	33.442
PC	1.868

Análisis de varianza (A):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.006	0.003	0.909	0.491
Error	3	0.009	0.003		
Total corregido	5	0.015			

*Calculado contra el modelo Y=Media(Y)*

### Regresión de la variable B:

Estadísticos de bondad del ajuste (B):

Observaciones	6.000
Suma de los pesos	6.000
GL	3.000
R <sup>2</sup>	0.988
R <sup>2</sup> ajustado	0.980
MEC	0.001
RMSE	0.037
MAPE	
DW	
Cp	3.000
AIC	-37.805
SBC	-38.430
PC	0.036

Análisis de varianza (B):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.332	0.166	123.123	<b>0.001</b>
Error	3	0.004	0.001		
Total corregido	5	0.336			

*Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$*

**C1 / Fisher (LSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (B):**

---

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
H.INICIAL vs H.1SEMANA	0.540	11.566	2.447	< 0.0001	Sí
H.INICIAL vs H.1MES	0.445	9.531	2.447	< 0.0001	Sí
H.1MES vs H.1SEMANA	0.095	2.035	2.447	0.088	No

---

Categoría	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
H.INICIAL	7.220	0.033	7.139	7.301	A
H.1MES	6.775	0.033	6.694	6.856	B
H.1SEMANA	6.680	0.033	6.599	6.761	B

**Regresión de la variable C:**

Estadísticos de bondad del ajuste (C):

---

Observaciones	6.000
Suma de los pesos	6.000
GL	3.000
R <sup>2</sup>	0.962
R <sup>2</sup> ajustado	0.936
MEC	0.049
RMSE	0.221
MAPE	
DW	
Cp	3.000
	-
AIC	16.269
	-
SBC	16.894
PC	0.115

---

Análisis de varianza (C):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	3.686	1.843	37.700	<b>0.007</b>
Error	3	0.147	0.049		
Total corregido	5	3.832			

Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$

**C1 / Fisher (LSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (C):**

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
H.1MES vs H.1SEMANA	1.675	10.619	2.447	<b>&lt; 0.0001</b>	Sí
H.1MES vs H.INICIAL	1.650	10.461	2.447	<b>&lt; 0.0001</b>	Sí
H.INICIAL vs H.1SEMANA	0.025	0.158	2.447	0.879	No

Categoría	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
H.1MES	5.850	0.112	5.577	6.123	A
H.INICIAL	4.200	0.112	3.927	4.473	B
H.1SEMANA	4.175	0.112	3.902	4.448	B

**Regresión de la variable D:**

Estadísticos de bondad del ajuste (D):

Observaciones	6.000
Suma de los pesos	6.000
GL	3.000
R <sup>2</sup>	0.991
R <sup>2</sup> ajustado	0.985
MEC	0.001
RMSE	0.032
MAPE	
DW	
Cp	3.000
	-
AIC	39.409

SBC	40.033
PC	0.026

Análisis de varianza (D):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.351	0.175	169.661	<b>0.001</b>
Error	3	0.003	0.001		
Total corregido	5	0.354			

Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$

**C1 / Fisher (LSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (D):**

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
H.1MES vs H.INICIAL	0.575	22.060	2.447	<b>&lt; 0.0001</b>	Sí
H.1MES vs H.1SEMANA	0.165	6.330	2.447	<b>0.001</b>	Sí
H.1SEMANA vs H.INICIAL	0.410	15.730	2.447	<b>&lt; 0.0001</b>	Sí

Categoría	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
H.1MES	8.850	0.018	8.805	8.895	A
H.1SEMANA	8.685	0.018	8.640	8.730	B
H.INICIAL	8.275	0.018	8.230	8.320	C

## Regresión de la variable E:

Estadísticos de bondad del ajuste (E):

Observaciones	6.000
Suma de los pesos	6.000
GL	3.000
R <sup>2</sup>	0.955
R <sup>2</sup> ajustado	0.925
MEC	0.008
RMSE	0.091
MAPE	
DW	
Cp	3.000
AIC	-26.884
SBC	-27.509
PC	0.136

Análisis de varianza (E):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.528	0.264	31.704	<b>0.010</b>
Error	3	0.025	0.008		
Total corregido	5	0.553			

*Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$*

**C1 / Fisher (LSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (E):**

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
H.1MES vs H.INICIAL	0.710	9.886	2.447	<b>&lt; 0.0001</b>	Sí
H.1MES vs H.1SEMANA	0.220	3.063	2.447	<b>0.022</b>	Sí
H.1SEMANA vs H.INICIAL	0.490	6.823	2.447	<b>0.000</b>	Sí

Categoría	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
H.1MES	8.210	0.051	8.086	8.334	A
H.1SEMANA	7.990	0.051	7.866	8.114	B
H.INICIAL	7.500	0.051	7.376	7.624	C

### Regresión de la variable F:

Estadísticos de bondad del ajuste (F):

Observaciones	6.000
Suma de los pesos	6.000
GL	3.000
R <sup>2</sup>	0.549
R <sup>2</sup> ajustado	0.248
MEC	0.049
RMSE	0.221
MAPE	
DW	
Cp	3.000
AIC	-16.257
SBC	-16.881
PC	1.354

Análisis de varianza (F):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.179	0.089	1.822	0.303
Error	3	0.147	0.049		
Total corregido	5	0.325			

Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$

### C1 / Fisher (LSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (F):

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
H.1MES vs H.INICIAL	0.420	2.580	2.447	<b>0.042</b>	Sí
H.1MES vs H.1SEMANA	0.170	1.044	2.447	0.337	No
H.1SEMANA vs H.INICIAL	0.250	1.535	2.447	0.176	No

Categoría	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
H.1MES	6.225	0.115	5.943	6.507	A
H.1SEMANA	6.055	0.115	5.773	6.337	A B
H.INICIAL	5.805	0.115	5.523	6.087	B

## Aw

### Regresión de la variable A:

Estadísticos de bondad del ajuste (A):

Observaciones	6.000
Suma de los pesos	6.000
GL	3.000
R <sup>2</sup>	0.714
R <sup>2</sup> ajustado	0.523
MEC	0.000
RMSE	0.017
MAPE	
DW	
Cp	3.000
AIC	-46.864
SBC	-47.489
PC	0.859

Análisis de varianza (A):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.002	0.001	3.737	0.153
Error	3	0.001	0.000		
Total corregido	5	0.003			

*Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$*

### Regresión de la variable B:

Estadísticos de bondad del ajuste (B):

Observaciones	6.000
Suma de los pesos	6.000
GL	3.000
R <sup>2</sup>	0.461
R <sup>2</sup> ajustado	0.101
MEC	0.003
RMSE	0.055
MAPE	
DW	
Cp	3.000
	-
AIC	32.995
	-
SBC	33.619
PC	1.618

Análisis de varianza (B):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.008	0.004	1.282	0.396
Error	3	0.009	0.003		
Total corregido	5	0.017			

*Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$*

### Regresión de la variable C:

Estadísticos de bondad del ajuste (C):

Observaciones	6.000
Suma de los pesos	6.000
GL	3.000
R <sup>2</sup>	0.332
R <sup>2</sup> ajustado	-0.113
MEC	0.001
RMSE	0.030
MAPE	
DW	
Cp	3.000
	-
AIC	40.403
	-
SBC	41.028
PC	2.003

Análisis de varianza (C):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.001	0.001	0.747	0.545
Error	3	0.003	0.001		
Total corregido	5	0.004			

*Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$*

### Regresión de la variable D:

Estadísticos de bondad del ajuste (D):

Observaciones	6.000
Suma de los pesos	6.000
GL	3.000
R <sup>2</sup>	0.887
R <sup>2</sup> ajustado	0.812
MEC	0.000
RMSE	0.018
MAPE	
DW	
Cp	3.000
AIC	-46.340
SBC	-46.965
PC	0.338

Análisis de varianza  
(D):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.008	0.004	11.833	<b>0.038</b>
Error	3	0.001	0.000		
Total corregido	5	0.009			

*Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$*

### C1 / Fisher (LSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (D):

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
aw.1MES vs aw.INICIAL	0.083	3.173	2.447	<b>0.019</b>	Sí
aw.1MES vs aw.1SEMANA	0.016	0.610	2.447	0.564	No
aw.1SEMANA vs aw.INICIAL	0.067	2.563	2.447	<b>0.043</b>	Sí

Categoría	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
aw.1MES	0.445	0.018	0.400	0.491	A
aw.1SEMANA	0.430	0.018	0.384	0.475	A
aw. INICIAL	0.363	0.018	0.318	0.408	B

### Regresión de la variable E:

Estadísticos de bondad del ajuste (E):

Observaciones	6.000
Suma de los pesos	6.000
GL	3.000
R <sup>2</sup>	0.643
R <sup>2</sup> ajustado	0.404
MEC	0.002
RMSE	0.045
MAPE	
DW	
Cp	3.000
	-
AIC	35.498
	-
SBC	36.123
PC	1.072

Análisis de varianza (E):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.011	0.005	2.697	0.214
Error	3	0.006	0.002		
Total corregido	5	0.017			

Calculado contra el modelo  $Y = \text{Media}(Y)$

### Regresión de la variable F:

Estadísticos de bondad del ajuste (F):

Observaciones	6.000
Suma de los pesos	6.000
GL	3.000
R <sup>2</sup>	0.148
R <sup>2</sup> ajustado	-0.420
MEC	0.004
RMSE	0.064
MAPE	
DW	
Cp	3.000
	-
AIC	31.235
	-
SBC	31.859
PC	2.555

Análisis de varianza (F):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.002	0.001	0.261	0.786
Error	3	0.012	0.004		
Total corregido	5	0.014			

*Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$*

**Anexo 11. Análisis estadístico de pruebas fisicoquímicas (texturómetro-TPA).**

**Regresión de la variable MASTICABILIDAD:**

Estadísticos de bondad del ajuste (MASTICABILIDAD):

Observaciones	12.000
Suma de los pesos	12.000
GL	6.000
R <sup>2</sup>	0.956
R <sup>2</sup> ajustado	0.920
MEC	19.899
RMSE	4.461
MAPE	1.776
DW	2.436
Cp	6.000
AIC	39.570
SBC	42.480
PC	0.131

Análisis de varianza (MASTICABILIDAD):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	2609.771	521.954	26.230	<b>0.001</b>
Error	6	119.394	19.899		
Total corregido	11	2729.165			

*Calculado contra el modelo Y=Media(Y)*

**C1 / Fisher (LSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (MASTICABILIDAD):**

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
E vs D	38.400	8.608	2.447	<b>0.000</b>	Sí
E vs A	33.655	7.545	2.447	<b>0.000</b>	Sí
E vs F	13.225	2.965	2.447	<b>0.025</b>	Sí
E vs C	10.550	2.365	2.447	0.056	No
E vs B	1.910	0.428	2.447	0.683	No
B vs D	36.490	8.180	2.447	<b>0.000</b>	Sí
B vs A	31.745	7.116	2.447	<b>0.000</b>	Sí
B vs F	11.315	2.537	2.447	<b>0.044</b>	Sí
B vs C	8.640	1.937	2.447	0.101	No
C vs D	27.850	6.243	2.447	<b>0.001</b>	Sí
C vs A	23.105	5.180	2.447	<b>0.002</b>	Sí
C vs F	2.675	0.600	2.447	0.571	No
F vs D	25.175	5.644	2.447	<b>0.001</b>	Sí
F vs A	20.430	4.580	2.447	<b>0.004</b>	Sí
A vs D	4.745	1.064	2.447	0.328	No
LSD-valor:			10.915		

Categoría	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
E	143.850	3.154	136.132	151.568	A
B	141.940	3.154	134.222	149.658	A
C	133.300	3.154	125.582	141.018	A B
F	130.625	3.154	122.907	138.343	B
A	110.195	3.154	102.477	117.913	C
D	105.450	3.154	97.732	113.168	C

### Regresión de la variable ELASTICIDAD:

Estadísticos de bondad del ajuste (ELASTICIDAD):

Observaciones	12.000
Suma de los pesos	12.000
GL	6.000
R <sup>2</sup>	0.980
R <sup>2</sup> ajustado	0.964
MEC	0.009
RMSE	0.095
MAPE	1.633
DW	2.713
Cp	6.000
	-
AIC	52.701
	-
SBC	49.791
PC	0.059

Análisis de varianza (ELASTICIDAD):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	2.745	0.549	60.267	< <b>0.0001</b>
Error	6	0.055	0.009		
Total corregido	11	2.799			

*Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$*

**C1 / Fisher (LSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (ELASTICIDAD):**

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
F vs E	1.275	13.360	2.447	< <b>0.0001</b>	Sí
F vs B	1.140	11.945	2.447	< <b>0.0001</b>	Sí
F vs D	0.570	5.972	2.447	<b>0.001</b>	Sí
F vs A	0.480	5.029	2.447	<b>0.002</b>	Sí
F vs C	0.100	1.048	2.447	0.335	No
C vs E	1.175	12.312	2.447	< <b>0.0001</b>	Sí
C vs B	1.040	10.897	2.447	< <b>0.0001</b>	Sí
C vs D	0.470	4.925	2.447	<b>0.003</b>	Sí
C vs A	0.380	3.982	2.447	<b>0.007</b>	Sí
A vs E	0.795	8.330	2.447	<b>0.000</b>	Sí
A vs B	0.660	6.916	2.447	<b>0.000</b>	Sí
A vs D	0.090	0.943	2.447	0.382	No
D vs E	0.705	7.387	2.447	<b>0.000</b>	Sí
D vs B	0.570	5.972	2.447	<b>0.001</b>	Sí
B vs E	0.135	1.415	2.447	0.207	No
LSD-valor:			0.234		

Categoría	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
F	3.115	0.067	2.950	3.280	A
C	3.015	0.067	2.850	3.180	A
A	2.635	0.067	2.470	2.800	B
D	2.545	0.067	2.380	2.710	B
B	1.975	0.067	1.810	2.140	C
E	1.840	0.067	1.675	2.005	C

### Regresión de la variable COHESIVIDAD:

Estadísticos de bondad del ajuste (COHESIVIDAD):

Observaciones	12.000
Suma de los pesos	12.000
GL	6.000
R <sup>2</sup>	0.999
R <sup>2</sup> ajustado	0.999
MEC	0.001
RMSE	0.027
MAPE	4.520
DW	2.316
Cp	6.000
	-
AIC	83.070
	-
SBC	80.160
PC	0.002

Análisis de varianza (COHESIVIDAD):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	8.370	1.674	2308.949	< <b>0.0001</b>
Error	6	0.004	0.001		
Total corregido	11	8.374			

*Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$*

**C1 / Fisher (LSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (COHESIVIDAD):**

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
C vs F	2.325	86.348	2.447	<b>&lt; 0.0001</b>	Sí
C vs D	2.260	83.934	2.447	<b>&lt; 0.0001</b>	Sí
C vs A	2.240	83.192	2.447	<b>&lt; 0.0001</b>	Sí
C vs B	2.185	81.149	2.447	<b>&lt; 0.0001</b>	Sí
C vs E	2.175	80.777	2.447	<b>&lt; 0.0001</b>	Sí
E vs F	0.150	5.571	2.447	<b>0.001</b>	Sí
E vs D	0.085	3.157	2.447	<b>0.020</b>	Sí
E vs A	0.065	2.414	2.447	0.052	No
E vs B	0.010	0.371	2.447	0.723	No
B vs F	0.140	5.199	2.447	<b>0.002</b>	Sí
B vs D	0.075	2.785	2.447	<b>0.032</b>	Sí
B vs A	0.055	2.043	2.447	0.087	No
A vs F	0.085	3.157	2.447	<b>0.020</b>	Sí
A vs D	0.020	0.743	2.447	0.486	No
D vs F	0.065	2.414	2.447	0.052	No
LSD-valor:			0.066		

Categoría	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
C	2.520	0.019	2.473	2.567	A
E	0.345	0.019	0.298	0.392	B
B	0.335	0.019	0.288	0.382	B
A	0.280	0.019	0.233	0.327	B C
D	0.260	0.019	0.213	0.307	C D
F	0.195	0.019	0.148	0.242	D

**Regresión de la variable FRACTURABILIDAD:**

Estadísticos de bondad del ajuste (FRACTURABILIDAD):

---

Observaciones	12.000
Suma de los pesos	12.000
GL	6.000
R <sup>2</sup>	0.886
R <sup>2</sup> ajustado	0.791
MEC	4746666.333
RMSE	2178.685
MAPE	4.470
DW	2.971
Cp	6.000
AIC	188.158
SBC	191.067
PC	0.342

---

Análisis de varianza (FRACTURABILIDAD):

---

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	221081435.000	44216287.000	9.315	<b>0.009</b>
Error	6	28479998.000	4746666.333		
Total corregido	11	249561433.000			

---

*Calculado contra el modelo*

*Y=Media(Y)*

**C1 / Fisher (LSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (FRACTURABILIDAD):**

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
F vs B	10540.000	4.838	2.447	<b>0.003</b>	Sí
F vs E	10485.000	4.813	2.447	<b>0.003</b>	Sí
F vs A	5809.000	2.666	2.447	<b>0.037</b>	Sí
F vs D	4940.000	2.267	2.447	0.064	No
F vs C	35.000	0.016	2.447	0.988	No
C vs B	10505.000	4.822	2.447	<b>0.003</b>	Sí
C vs E	10450.000	4.796	2.447	<b>0.003</b>	Sí
C vs A	5774.000	2.650	2.447	<b>0.038</b>	Sí
C vs D	4905.000	2.251	2.447	0.065	No
D vs B	5600.000	2.570	2.447	<b>0.042</b>	Sí
D vs E	5545.000	2.545	2.447	<b>0.044</b>	Sí
D vs A	869.000	0.399	2.447	0.704	No
A vs B	4731.000	2.171	2.447	0.073	No
A vs E	4676.000	2.146	2.447	0.075	No
E vs B	55.000	0.025	2.447	0.981	No
LSD-valor:			5331		

Categoría	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
F	23265.000	1540.563	19495.379	27034.621	A
C	23230.000	1540.563	19460.379	26999.621	A
D	18325.000	1540.563	14555.379	22094.621	A B
A	17456.000	1540.563	13686.379	21225.621	B C
E	12780.000	1540.563	9010.379	16549.621	C
B	12725.000	1540.563	8955.379	16494.621	C

### Regresión de la variable ADHESIVIDAD:

Estadísticos de bondad del ajuste (ADHESIVIDAD):

Observaciones	12.000
Suma de los pesos	12.000
GL	6.000
R <sup>2</sup>	0.691
R <sup>2</sup> ajustado	0.434
MEC	0.044
RMSE	0.211
MAPE	25.834
DW	2.885
Cp	6.000
	-
AIC	33.681
	-
SBC	30.771
PC	0.927

Análisis de varianza (ADHESIVIDAD):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	0.596	0.119	2.684	0.131
Error	6	0.267	0.044		
Total corregido	11	0.863			

*Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$*

**C1 / Fisher (LSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (ADHESIVIDAD):**

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
-----------	------------	--------------------------	---------------	----------	---------------

E vs D	0.560	2.656	2.447	<b>0.038</b>	Sí
E vs A	0.535	2.538	2.447	<b>0.044</b>	Sí
E vs C	0.360	1.708	2.447	0.139	No
E vs F	0.360	1.708	2.447	0.139	No
E vs B	0.020	0.095	2.447	0.928	No
B vs D	0.540	2.562	2.447	<b>0.043</b>	Sí
B vs A	0.515	2.443	2.447	0.050	No
B vs C	0.340	1.613	2.447	0.158	No
B vs F	0.340	1.613	2.447	0.158	No
F vs D	0.200	0.949	2.447	0.379	No
F vs A	0.175	0.830	2.447	0.438	No
F vs C	0.000	0.000	2.447	1.000	No
C vs D	0.200	0.949	2.447	0.379	No
C vs A	0.175	0.830	2.447	0.438	No
A vs D	0.025	0.119	2.447	0.909	No
LSD-valor:			0.516		

Categoría	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
E	0.610	0.149	0.245	0.975	A
B	0.590	0.149	0.225	0.955	A B
C	0.250	0.149	-0.115	0.615	A B C
F	0.250	0.149	-0.115	0.615	A B C
A	0.075	0.149	-0.290	0.440	B C
D	0.050	0.149	-0.315	0.415	C

### Regresión de la variable DUREZA:

Estadísticos de bondad del ajuste (DUREZA):

Observaciones	12.000
Suma de los pesos	12.000
GL	6.000
R <sup>2</sup>	0.921
R <sup>2</sup> ajustado	0.855
MEC	4818616.333
RMSE	2195.135
MAPE	5.436
DW	2.949
Cp	6.000
AIC	188.338
SBC	191.248
PC	0.237

Análisis de varianza (DUREZA):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	5	336499612.000	67299922.400	13.967	<b>0.003</b>
Error	6	28911698.000	4818616.333		
Total corregido	11	365411310.000			

*Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$*

**C1 / Fisher (LSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95% (DUREZA):**

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
F vs B	12246.000	5.579	2.447	<b>0.001</b>	Sí
F vs E	12240.000	5.576	2.447	<b>0.001</b>	Sí
F vs A	10444.000	4.758	2.447	<b>0.003</b>	Sí
F vs D	9144.000	4.166	2.447	<b>0.006</b>	Sí
F vs C	32.000	0.015	2.447	0.989	No
C vs B	12214.000	5.564	2.447	<b>0.001</b>	Sí
C vs E	12208.000	5.561	2.447	<b>0.001</b>	Sí
C vs A	10412.000	4.743	2.447	<b>0.003</b>	Sí
C vs D	9112.000	4.151	2.447	<b>0.006</b>	Sí
D vs B	3102.000	1.413	2.447	0.207	No
D vs E	3096.000	1.410	2.447	0.208	No
D vs A	1300.000	0.592	2.447	0.575	No
A vs B	1802.000	0.821	2.447	0.443	No
A vs E	1796.000	0.818	2.447	0.445	No
E vs B	6.000	0.003	2.447	0.998	No
LSD-valor:			5371		

Categoría	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
F	23262.000	1552.195	19463.917	27060.083	A
C	23230.000	1552.195	19431.917	27028.083	A
D	14118.000	1552.195	10319.917	17916.083	B
A	12818.000	1552.195	9019.917	16616.083	B
E	11022.000	1552.195	7223.917	14820.083	B
B	11016.000	1552.195	7217.917	14814.083	B

**Tabla.** Pruebas de Perfil de textura de las seis formulaciones

	A	B	C	D	E	F
<b>Masticabilidad</b>	110.20±0.01	141.94±0.82	133.30±2.55	105.45±6.58	143.60±7.64	130.63±0.74
<b>Elasticidad</b>	3.02±0.02	2.64±0.01	1.98±0.04	3.12±0.22	2.52±0.03	1.84±0.03
<b>Cohesividad</b>	0.34±0.02	0.28±0.00	0.25±0.00	0.35±0.05	0.26±0.01	0.20±0.02
<b>Fracturabilidad</b>	12725±18.38	17456±113.14	23230±4287.90	12780±76.37	18325±816	23265±3067.43
<b>Adhesividad</b>	0.59 ±9006.70	0.08±12286.58	0.25±18570.04	0.61±9074.57	0.05±13365.66	0.25±17984.20
<b>Dureza</b>	11016± 272.94	12818±149.91	23230±4287.90	11022±446.89	14118±890.95	23262±3071.67