



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**

**“ANÁLISIS PROXIMAL, CONTENIDO CALÓRICO Y DE MINERALES EN PINOLES  
DE DIFERENTES REGIONES DE MÉXICO”**

**TESIS**

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

**PRESENTA**

**David Ismael Corona González**



**Ciudad de México**

**2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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:** Q.F.B. JUAN DIEGO ORTIZ PALMA PÉREZ  
**VOCAL:** Dra. Hilda Elizabeth Calderón Villagómez  
**SECRETARIO:** Q.A. Ana Lilia Zarate Martinez  
**1er. SUPLENTE:** Dra. Tania Gómez Sierra  
**2° SUPLENTE:** Q.A. Adriana Vega Pérez

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

SE DESARROLLÓ EN EL ANEXO DE LOS LABORATORIOS 4B Y 4C DEL EDIFICIO A. DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA, FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM.

**ASESOR DEL TEMA:** \_\_\_\_\_

**Q.A. ANA LILIA ZARATE MARTINEZ**

**SUPERVISOR TÉCNICO:** \_\_\_\_\_

**DR. ROBERT ARTHUR BYE BOETTLER**

**SUSTENTANTE:** \_\_\_\_\_

**DAVID ISMAEL CORONA GONZÁLEZ**

# INDICE

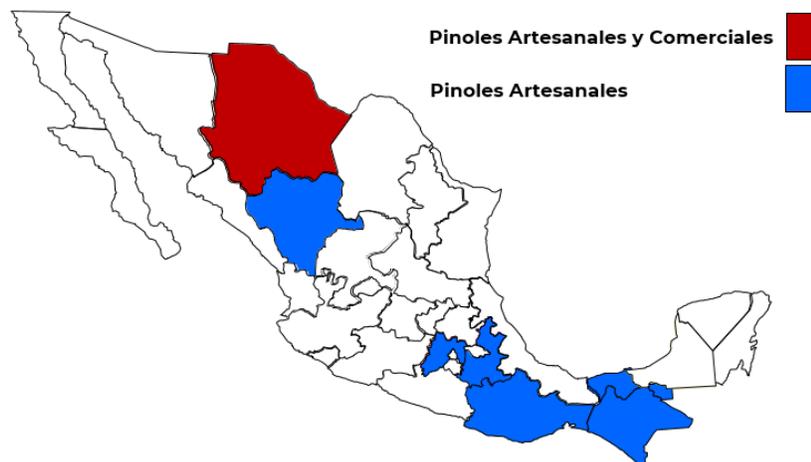
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos particulares.....	2
HIPOTESIS.....	2
1. GENERALIDADES.....	3
1.1 MAÍZ Y PINOLE.....	3
1.2 HUMEDAD.....	10
1.3 PROTEÍNA.....	10
1.4 GRASA.....	11
1.5 FIBRA CRUDA.....	11
1.6 CENIZAS.....	12
1.7 CARBOHIDRATOS.....	12
1.8 MINERALES.....	12
1.9 CALCIO.....	12
1.10 MAGNESIO.....	13
1.11 SODIO.....	13
1.12 POTASIO.....	14
1.13 HIERRO.....	14
1.14 MANGANESO.....	14
1.15 CONTENIDO ENERGÉTICO.....	15
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
2.1 HUMEDAD ANALÍTICA. AOAC.....	19
2.2 GRASA CRUDA. AOAC.....	20
2.3 FIBRA CRUDA. AOAC.....	21
2.4 PROTEÍNA CRUDA. AOAC.....	23
2.5 CENIZAS. AOAC.....	25
2.6 DENSIDAD CALÓRICA.....	27
2.7 MINERALES.....	28
2.8 CARBOHIDRATOS.....	29

2.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	30
3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS.....	31
3.1 HUMEDAD ANALÍTICA.....	31
3.2 GRASA CRUDA.....	33
3.4 PROTEÍNA CRUDA.....	39
3.5 CENIZAS.....	41
3.6 CARBOHIDRATOS.....	44
3.7 CONTENIDO ENERGÉTICO.....	46
3.8 MINERALES.....	50
3.9 SÍNTESIS.....	52
4. CONCLUSIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	56

## RESUMEN

México enfrenta graves problemas relacionados con la nutrición, dicha condición está directamente vinculada con la pobreza y afecta principalmente a zonas rurales. Una alternativa para solucionar este problema es buscar alternativas para apoyar a la población mexicana. Una excelente opción es el pinole, el cual es un alimento que se consume desde tiempos prehispánicos, actualmente es preparado en diferentes regiones de la República de manera artesanal en las cuales se suele preparar a base de distintos cereales o leguminosas. En este estudio se evaluó la composición bromatológica, contenido energético y de minerales; hierro, calcio, potasio, magnesio y sodio, de once pinoles originarios de los estados de Chihuahua, Durango, Estado de México, Puebla, Oaxaca, Tabasco y Chiapas. Con base en los resultados obtenidos, se destaca que la composición de ingredientes que posee cada pinole será determinante en el contenido final de sus macro y micro nutrientes. Asimismo, se observará que algunos de estos pinoles, pueden ser un excelente complemento para una dieta saludable.

En la **Figura 1** se señalan los estados de la República donde fueron colectados los pinoles que se usaron en esta investigación.



**Figura 1 (Mapa).** Ubicación geográfica de los pinoles

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realiza con el propósito de conocer las propiedades nutricionales del pinole, particularmente su contenido calórico, humedad, proteína cruda, grasa cruda, carbohidratos, cenizas y minerales como hierro, calcio, potasio, magnesio y sodio. Para elegir los pinoles que se caracterizaron en el presente trabajo se eligieron pinoles con una composición muy simple o tradicional hasta aquellos de composición más compleja, todos elaborados en estados de la república mexicana.

Históricamente la pobreza en el medio rural ha sido una constante en México, esta problemática se debe a distintos factores y como consecuencia, la alimentación de la población mexicana que pertenece a estas zonas se ve afectada debido a la dificultad de obtener alimentos de calidad proteica y calórica, situación que se ve agravada por la cantidad importante de energía que demandan los trabajos físicos que son usuales el día a día de estas regiones.

Para atender esta particular problemática se propone utilizar como complemento alimenticio el pinole, que por ser a base de maíz y de fácil acceso a la población mexicana representa una buena alternativa.

Para lo cual se escogieron once pinoles que se prepararon en distintas regiones del México, todos ellos de composición diferente que van desde lo más simple a lo más complejo. Todas estas muestras se les cuantificaron su aporte calórico, humedad, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, carbohidratos, cenizas y algunos minerales por métodos reconocidos por la AOAC a dichos resultados se les realizó un análisis de varianza con 95% de confiabilidad y una prueba tukey con 95% de confiabilidad.

Identificar el pinole con las mejores características nutricionales y de mayor aporte calórico es de gran importancia para esta investigación.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Comparar la composición bromatológica y su aporte energético de once variedades de pinoles, obtenidos en diferentes regiones de la República mexicana, por medio de un análisis estadístico, para saber si existen diferencias significativas entre ellos e identificar el de mayor aporte proteico y calórico.

### **Objetivos particulares**

- Realizar la caracterización fisicoquímica y comparar el contenido de proteína, grasa, humedad, cenizas, fibra cruda y carbohidratos entre los once pinoles para conocer el que tenga un mayor contenido de macronutriente.
- Cuantificar por medio de absorción atómica el contenido de calcio, hierro, potasio, magnesio y sodio de los once pinoles para conocer el pinole con mejor aporte de nutrimentos inorgánicos.
- Determinar por medio de bomba calorimétrica el aporte energético de los once pinoles y compararlos.

## **HIPOTESIS**

H0: No hay diferencias significativas en términos de proteína, grasa cruda, fibra cruda, ceniza, carbohidratos y contenido calórico entre los pinoles que presentan diversidad en su composición y los pinoles preparados de manera tradicional. La concentración de proteína, grasa cruda y contenido calórico, así como el perfil nutrimental, será similar en ambos tipos de pinoles

H1: Si los pinoles que presentan diversidad en su composición son valorados en términos de proteína, grasa cruda, fibra cruda, ceniza, carbohidratos y contenido calórico, y estos datos se comparan con los pinoles preparados de manera tradicional, entonces no se espera observar diferencias significativas en las características nutrimentales, con una probable mayor concentración de proteína,

grasa cruda y contenido calórico, y un perfil nutrimental más balanceado en los pinoles más diversos.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 MAÍZ Y PINOLE

El maíz es base de la dieta del mexicano, este cereal es muy versátil en su preparación, debido a su bajo costo es un alimento que complementa la alimentación de la población mexicana.

El maíz (*Zea mays*) es una planta que pertenece a la familia de las Poáceas o Gramíneas. Es un cultivo domesticado por los antiguos habitantes del continente americano y tiene su origen en la llamada región de Mesoamérica, más concretamente en México (ASERCA, 2018a). Aunque hay variaciones respecto al lugar exacto de procedencia (Wellhausen, *et al.*, 1951)<sup>1</sup>, se generaliza que en nuestro país se efectuó la domesticación del maíz a partir del teocinte, que se da de manera natural en la región, hace aproximadamente 10,000 años (CONABIO, 2020). Como parte de la familia de las gramíneas, el maíz está emparentado con otros cultivos importantes por su consumo a nivel global, como son: trigo, arroz, avena, sorgo, cebada y caña de azúcar (Conacyt, 2019). Existen dos hipótesis prevalentes sobre el origen del maíz: una unicéntrica, es decir, que sostiene que la domesticación tuvo lugar en una región específica y a partir de un número limitado de plantas, y otra, multicéntrica, que afirma que este proceso se dio en diferentes lugares y momentos (Kato, *et al.*, 2009). Se consideran el Valle de Tehuacán en Puebla, el Valle de Oaxaca y la Sierra de Tamaulipas como lugares de origen del maíz (Carrillo, 2009).

Como alimento, el maíz es fuente de energía. Las características del grano y la gran variedad de la especie influyen en la variabilidad de sus propiedades. Siendo un

---

<sup>1</sup> Se llega a mencionar Nuevo México como otro lugar de posible procedencia.

cereal, su principal componente es el almidón, que representa aproximadamente el 88% del peso seco total del endospermo. Las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón están relacionadas con la estructura y la morfología de los gránulos. Estos, además, contienen pequeñas cantidades de otros componentes menores, como proteínas, lípidos y minerales. Las proteínas son el segundo componente más abundante en el grano de maíz, y constituyen entre el 6% y el 12% de su peso seco. Distribuidas entre el germen (alta calidad) y el endospermo (mala calidad), las proteínas que forman el mayor porcentaje del contenido total de proteína en el grano son las del endospermo. El grano contiene fibra dietética en un 2%, que es mayor al contenido en el arroz o el trigo, pero menor al contenido en otros cereales como la avena o el sorgo. El contenido de lípidos se ve poco afectado por factores externos, sin embargo, su posición en la mazorca afecta su contenido, siendo los que están ubicados en la parte media de la espiga los que contienen un porcentaje mayor de aceite. El grano contiene dos vitaminas liposolubles, A y E, y vitaminas hidrosolubles como la tiamina (B<sub>1</sub>) y la piridoxina (B<sub>6</sub>). El contenido de minerales en el maíz oscila entre 1.0% y 1.3%. El fósforo es el mineral más abundante y proporciona casi el 85% del contenido mineral del grano (Mansilla, 2018).

El maíz, históricamente, ha estado ligado al desarrollo de la civilización. Varias de las antiguas culturas que florecieron en la región mesoamericana, que abarca desde la parte baja del norte de lo que actualmente es México hasta lo que actualmente es Costa Rica, le daban un lugar preponderante en sus respectivas sociedades. Esto se puede ver reflejado en las diversas representaciones que aún se conservan en códices y mitos. Un ejemplo sobresaliente es el mito de la creación del hombre a partir del maíz en el *Popol Vuh*. Considerando el mito como una representación alegórica del mundo y dada la evidencia que se posee, se ve claramente el carácter fundacional del maíz en las antiguas civilizaciones mesoamericanas. Esta relevancia perdura hasta el día de hoy. El maíz conserva un lugar central en la cultura mexicana; sus múltiples y diversas manifestaciones se hacen presentes en el día a día, de manera muy visible en la gastronomía, pero también se le da uso en la medicina y la industria, además, sirve como ornamento. La tortilla, de uso

cotidiano, hecha mediante el proceso de nixtamalización, es signo de la relevancia y familiaridad que tiene el maíz al interior de nuestra sociedad. Cabe mencionar que desde la época prehispánica se aprovecha la planta de manera integral. Todo esto sin mencionar que el maíz actualmente conserva su carácter simbólico (e incluso ritual, en algunas comunidades indígenas) (Kato, *et al.*, 2009).

De las 220 razas de maíz en el continente americano, se considera que México tiene entre 41 y 65 (Kato, *et al.*, 2009). El país tiene la mayor diversidad de maíces en el mundo. Entre los que se encuentran: blanco, azul, gordo, dulce, chiquito, bofo, vendeño, conejo, dulcillo del Noroeste, chapalote y amarillo (ASERCA, 2018a). Los principales estados productores son: Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Estado de México, Guanajuato y Chihuahua (ASERCA, 2020).

En el plano económico también se hace presente la importancia de este cereal. México, a nivel mundial, ocupa el 8º puesto en cuanto a producción de maíz, es el 10º exportador (ASERCA, 2018b) y el 2º importador (ASERCA, 2020). El maíz, a nivel mundial, es el cereal de mayor producción, seguido del trigo y el arroz (FAO, 2020).

El pinole es un alimento derivado del maíz. Tiene su origen en la Mesoamérica prehispánica. Se elabora a partir de harina de maíz y puede consumirse en ese estado o puede usarse para hacer bebidas. Antiguamente los indígenas llevaban el pinole, (que es maíz molido) consigo cuando emprendían viajes largos a pie y lo mezclaban con agua para tomarlo como una bebida refrescante y nutritiva, aunque no de muy agradable sabor. Cuando llegaron los españoles trajeron la caña de azúcar y se le agregó piloncillo (derivado de la caña) a la mezcla, sustituyéndolo eventualmente por azúcar. El pinole fue una de las principales fuentes de energía de los aztecas y podía ser almacenado como un alimento de emergencia por cuatro o cinco días (en comparación, el maíz seco dura usualmente un año). Está documentado que, durante la Conquista, indígenas compartieron pinole con españoles varados al borde de la inanición (Littaye, 2015).

A través del tiempo la forma de preparar y de consumir pinole ha ido modificándose y adaptándose a las necesidades y gusto de diferentes consumidores en diferentes

zonas del país. La forma tradicional de preparación de la bebida de pinole involucra cuatro ingredientes principales, que son: el grano de maíz, la canela, el azúcar y leche. Para prepararlo, se limpia el grano para eliminar impurezas, se tuesta el grano hasta lograr una textura crujiente y posteriormente se muele. De esta manera se obtiene la harina que constituye estrictamente el pinole. Luego, para producir la bebida, se mezcla con canela, azúcar y leche, posteriormente se homogeneiza a fuego lento. Se pueden producir diferentes mezclas agregando chocolate, avena, trigo, chía o incluso, edulcorante (Bernal, 2008).

De igual manera, el consumo del pinole se ha diversificado y varía de una región a otra del país y de nación a nación. En México, algunas de las formas de consumo son las siguientes: en Baja California se bebe diluido con agua y se prepara como galleta; en Colima se consume como golosina o se bebe como tejuino, una mezcla de pinole con agua, limón, sal y hielo picado; en Chiapas se mezcla con agua y se bebe como refresco; en Chihuahua, en la sierra tarahumara lo beben como tesguino, que se elabora con un proceso similar al del tejuino pero endulzado con piloncillo y puesto a fermentar para hacer cerveza de maíz; en el Estado de México se muele el maíz tostado con canela, azúcar, cáscaras de naranja secas y chocolate, a veces lleva anís; en Oaxaca lo usan para hacer agua fresca o se come en polvo; en Sonora se prepara con maíz cocido en agua, tostado y tallado para quitarle la cascarilla, molido con cáscaras de naranja, anís, piloncillo y jengibre, también elaboran un pinole con mezquite, al que llaman pinole de pechita; en Tabasco se prepara con maíz tostado, canela y avena, además, puede incluir chocolate; los mayas de Yucatán lo preparan con maíz tostado, cacao, achiote (para impartir color), pimienta gorda y otras especias, a esta variante se le llama pinole colorado; en Quintana Roo la mezcla del polvo contiene maíz seco tostado, canela, anís y, rara vez, pimienta gorda, se deslíe en agua para beberse frío o se hierve para tomarlo como un atole caliente, se endulza con azúcar o miel de abeja (Diccionario gastronómico, s.f.; Diario de Yucatán en línea, 2013)

Hay, por otro lado, otras mezclas conocidas como pinoles que no se elaboran con maíz, sino a partir de otros materiales, con similares procesos de producción, como

son: chíá, garbanzo, calabaza, etcho (frutos de cactácea), semillas de girasol o trigo (Diccionario gastronómico, s.f.).

A continuación, se presenta una cuantificación de los macro nutrientes del pinole tradicional al igual que algunos minerales.

**Tabla 1.** Valores nutrimentales del pinole (Chavez, 2014)

<b>Componente alimentario</b>	<b>En 100 g</b>
<b>Energía (kj)</b>	392
<b>Humedad (%)</b>	7.1
<b>Fibra dietética (g)</b>	1.8
<b>Carbohidratos (g)</b>	78.4
<b>Proteína (g)</b>	7.1
<b>Lípidos (g)</b>	3.78
<b>Cenizas (g)</b>	1.82
<b>Fe (mg)</b>	7.7
<b>Ca (mg)</b>	79
<b>K (mg)</b>	285
<b>Mg (mg)</b>	112
<b>Na (mg)</b>	3

En 2008 la revista “Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable” publicó el artículo “Pinole de alto valor nutricional obtenido a partir de cereales y leguminosas”. En este artículo se mencionan diferentes combinaciones de cereales-leguminosas, evaluando el aspecto sensorial y el contenido de aminoácidos esenciales, y determinaron que la adición de estos ingredientes incrementa su contenido de proteína, obteniendo así un mejor balance de aminoácidos (Bernal, 2008). En este sentido, es interesante explorar el aporte nutrimental que nos proporcionan todas las variedades de pinoles que existen en el país, encontrando aquellos que contribuyen a una dieta completa, suficiente y variada.

México, país de marcadas desigualdades, en el campo de la nutrición enfrenta serios problemas desde hace algunas décadas. Uno de los principales es la desnutrición, que afecta desproporcionadamente a las zonas rurales (Carrasco, *et al.*, 2016). 1 de cada 8 niñas y niños menores de 5 años padece desnutrición crónica. La desnutrición se presenta principalmente en los estados del sur de México y en las comunidades rurales más que en las urbanas; los más afectados son los hogares indígenas (UNICEF, s.f.b). Otra situación de importancia es la anemia en mujeres y niños. En 2018, afectaba a 1.2 millones de mujeres embarazadas y a 38.7 millones de mujeres no embarazadas en todo el país; así como a 4.2 millones de niños en edad preescolar (INSP, s.f.).

El asunto de la nutrición, aunque multifactorial, está ligado indiscutiblemente a la pobreza. Según CONEVAL, el 48.8% de la población es pobre, lo que representa 61.1 millones de personas; de igual manera, 16.8% de la población está en situación de pobreza extrema, lo que significa 21 millones de personas en esta condición (CONEVAL, s/f). La relación entre pobreza y una deficiente nutrición se ve reflejada en los altos niveles de inseguridad alimentaria que hay en los hogares mexicanos, entendiendo la seguridad alimentaria como la condición en la cual: todas las personas tienen acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias, y así poder llevar una vida activa y saludable (FAO, s/f). A nivel nacional, la prevalencia de inseguridad alimentaria fue de 55.5%; 32.8% en inseguridad leve, 14.1% en inseguridad moderada y 8.6% en inseguridad severa. Con una mayor prevalencia de inseguridad alimentaria en hogares en localidades rurales (69.7%), que, en zonas urbanas (51.1%) (Baeza, 2021).

El Informe de la Nutrición Mundial 2020 (Global Nutrition Report, 2020), evalúa a México en 10 aspectos, agrupados como metas mundiales de nutrición (global nutrition targets), calificando el cumplimiento de estas metas según tres criterios: en curso, algún progreso y sin progreso o empeoramiento. En tres puntos, México está avanzando hacia la resolución de la situación, en dos ha logrado cierto avance, pero en cinco no ha progresado o la situación ha empeorado. Los resultados se

presentan de la siguiente manera: En curso: sobrepeso en menores de 5 años, retardo en el crecimiento en menores de 5 años, desgaste (pérdida involuntaria de peso superior al 10%) en menores de 5 años

- Con algún progreso: anemia, amamantamiento exclusivo
- Sin progreso o empeoramiento: bajo peso al nacer, obesidad en mujeres adultas, obesidad en hombres adultos, diabetes en mujeres adultas, diabetes en hombres adultos

Algunos datos adicionales sobre la situación de México respecto a sus principales problemas de nutrición:

- De acuerdo con la OCDE 2020, México presenta la tasa más elevada de obesidad y sobrepeso entre los países de América Latina, alcanzando un 45% en hombres y un 43% en mujeres.
- Las enfermedades más habituales en el país son la hipertensión y la diabetes. Con una tasa de hospitalización por esta causa del doble respecto a Latinoamérica y el resto de los países de la OCDE.
- Primer lugar en la venta de productos procesados en América Latina
- Primer consumidor de refrescos en el mundo con un promedio de 163 litros por persona al año, según la Universidad de Yale (Gaceta UNAM, 2019)
- El 57.9% de la población de 18 y más años en México es inactiva físicamente (INEGI, 2020).

Siendo el maíz la base de la alimentación mexicana, explotar el producto derivado de este cereal puede ser de gran utilidad, ya que tiene un buen aporte calórico por su componente mayoritario, el almidón, y su contenido de minerales, como son: fósforo, magnesio, potasio y calcio.

El estudio bromatológico realizado consta de las determinaciones de humedad, lípidos, proteína, fibra cruda, cenizas y carbohidratos; así como la complementación: densidad calórica y la determinación de minerales como: hierro, calcio, potasio, magnesio y sodio. Se usaron como muestra once variedades de pinole que se producen en diferentes estados de la República como son: Chihuahua, Durango,

Estado de México, Puebla, Oaxaca, Chiapas y Tabasco cuyas particularidades se encuentran descritas en la Tabla 2.

## **1.2 HUMEDAD**

El agua se encuentra en los alimentos esencialmente en dos formas, como agua enlazada y como agua disponible o libre. El agua enlazada incluye moléculas de agua unidas en forma química, o a través de puentes de hidrógeno a grupos iónicos o polares; mientras que el agua libre es la que no está físicamente unida a la matriz del alimento y se puede congelar o perder con facilidad por evaporación o secado. Los alimentos secos generalmente no corren riesgo de deteriorarse debido al crecimiento de microorganismos (Sawyer, 1996).

## **1.3 PROTEÍNA**

Las proteínas son de gran importancia en el organismo, ya que cumplen con diversas funciones orgánicas. Son parte de los componentes estructurales (tejido conectivo), y a su vez, son facilitadores de la movilidad corporal (tejido muscular contráctil), actúan como transporte en el sistema sanguíneo (como la proteína transportadora de retinol), participan en la estructura de hormonas (tiroideas, insulina) y enzimas, son constituyentes esenciales de sustancias inmunoquímicas (anticuerpos), participan como reguladores manteniendo el equilibrio osmótico (fuerza oncótica) y el equilibrio ácido-base, aceptando o donando iones hidrógeno en los líquidos corporales (Iñárritu, 2010).

En términos generales, las proteínas de origen vegetal pueden carecer, o tener menor cantidad, de uno o varios aminoácidos indispensables, identificados como aminoácidos limitantes. Afortunadamente, la deficiencia de alguno de los aminoácidos esenciales en la proteína de un alimento suele tener poco significado, si esta forma parte de una dieta integrada por varios alimentos. En tal caso, la carencia o deficiencia de aminoácidos en una proteína se complementa con el excedente del aminoácido en las otras. Así, la deficiencia de metionina en la

proteína de las leguminosas, y de la lisina en la de los cereales, se complementan: el excedente del aminoácido que tiene una, con la insuficiente cantidad de este en la otra, de manera que mejora la calidad proteínica de ambas. Como se mencionó anteriormente, las diferentes preparaciones y la diversidad de ingredientes que se utilizan en las distintas regiones del país pueden llevar a esta complementación proteica, dando lugar a un pinole con un buen balance de aminoácidos.

#### **1.4 GRASA**

El contenido de grasa (algunas veces llamado extracto etéreo, grasa neutra o grasa cruda), puede ser considerado como el formado de constituyentes lípidos “libres”, que puede ser extraído por los disolventes menos polares, como fracciones ligeras del petróleo y éter etílico, mientras que los “lípidos enlazados” requieren disolventes más polares para su extracción. El contenido de lípidos libres, que básicamente consiste en grasas neutras (triglicéridos) y ácidos grasos libres, se determina sin mayor problema en los alimentos por extracción del material seco y molido con una fracción ligera de éter de petróleo, en un aparato de extracción continua Goldfish (Sawyer, 1996).

#### **1.5 FIBRA CRUDA**

La fibra cruda es el residuo inorgánico insoluble y comestible que queda después de tratar la muestra en las condiciones descritas a continuación. Las condiciones más comunes son tratamientos consecutivos con petróleo ligero, ebullición con ácido sulfúrico diluido, con ácido clorhídrico diluido con alcohol y con éter. Este tratamiento empírico proporciona una fibra cruda que consiste principalmente en celulosa y cierta proporción de lignina y hemicelulosa, contenidas en la muestra original. Las cantidades de estas sustancias en fibra cruda varían según las condiciones empleadas, de modo que, para obtener resultados congruentes, es preciso seguir en forma estricta un procedimiento estandarizado. Este método de la AOAC se basa en el método original de Weende, al igual que el ISO 5498 (Sawyer, 1996).

## **1.6 CENIZAS**

La ceniza de un producto alimentario es el residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica. La ceniza obtenida no tiene necesariamente la misma composición que la materia inorgánica original, ya que puede haber pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los componentes. El valor de cenizas se puede considerar como una medida general de calidad o grado, y a menudo es un criterio útil en la identificación de la autenticidad de un alimento (Sawyer, 1996).

## **1.7 CARBOHIDRATOS**

Los carbohidratos son compuestos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno en las proporciones 6:12:6. Durante el metabolismo se queman para producir energía y liberan dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O), estos constituyen la principal fuente de energía para casi todos los latinoamericanos y se pueden dividir en monosacáridos, disacáridos y polisacáridos (FAO, s.f.d).

## **1.8 MINERALES**

Los minerales intervienen en los fenómenos bioquímicos que caracterizan a los seres multicelulares. Hay un grupo de elementos minerales que son indispensables en numerosas funciones biológicas; a la vez que son parte integral de sus estructuras somáticas, participan en los tejidos y líquidos corporales, regulan el equilibrio electroquímico, activan reacciones bioquímicas, facilitan la transmisión nerviosa y controlan numerosos fenómenos fisiológicos indispensables para la vida (Iñárritu, 2010).

## **1.9 CALCIO**

Las funciones que cumple el calcio en el organismo dependen de la naturaleza de los tejidos. Además de su importancia como elemento principal en la estructura

ósea, participa en la coagulación de la sangre, en la contracción y relajación de las fibras musculares, en la transmisión de impulsos nerviosos, en la permeabilidad de las membranas celulares y en numerosas reacciones enzimáticas (Iñárritu, 2010).

### **1.10 MAGNESIO**

El magnesio, además de su papel como componente estructural del tejido óseo, actúa como estabilizador del adenosín-trifosfato (ATP) en las reacciones enzimáticas en que interviene. Por otro lado, participa como cofactor de numerosas enzimas que participan en el metabolismo y en procesos de síntesis de muchos compuestos. Junto con el calcio, participa en la transmisión nerviosa y en la actividad neuromuscular: actúa como relajante muscular, en tanto que el calcio estimula la contracción de los músculos. Asimismo, contribuye en la liberación de insulina por el páncreas (Iñárritu, 2010).

### **1.11 SODIO**

El sodio es el catión extracelular más abundante, participa en la transmisión de los impulsos nerviosos y contribuye a la regulación de los líquidos intracelulares y extracelulares. Los cambios en el volumen de agua intravascular modifican la concentración de sodio, lo que es detectado por los osmoreceptores, que, a su vez, excitan al hipotálamo para despertar la sensación de sed. También, asociado a los cationes cloro y bicarbonato, participa en el balance ácido-básico. Interviene en la “bomba de sodio-potasio”, que opera en las membranas celulares, para mantener el intercambio de estos iones del interior al exterior de las células, y viceversa. Este movimiento implica el gasto de energía almacenada en el ATP, logrando, de esta forma, un equilibrio osmótico que depende, principalmente, de la concentración del sodio y potasio intracelular ( $K^+ > Na^+$ ) con respecto a su concentración extracelular ( $Na^+ > K^+$ ) (Iñárritu, 2010).

## **1.12 POTASIO**

El potasio participa de manera significativa en el metabolismo de las células. Junto con el calcio y el sodio interviene en la regulación neuromuscular, en la transmisión electroquímica de los impulsos nerviosos y en la contracción de las fibras musculares, lo que tiene particular importancia para el corazón. Contribuye en el metabolismo de los hidratos de carbono y de las proteínas, al colaborar en el almacenamiento de glucógeno hepático y de nitrógeno muscular. Como es el mayor catión en el espacio intracelular mantiene con el sodio extracelular un balance mediante el cual conserva la presión osmótica y la integridad de los líquidos del interior de las células (Iñárritu, 2010).

## **1.13 HIERRO**

El hierro forma parte de la hemoglobina, de la mioglobina y de numerosas enzimas. Poco más de 20% del hierro se encuentra almacenado como ferritina y hemosiderina, principalmente en el bazo, el hígado y la médula ósea. Entre algunas de las funciones biológicas que cumple en el organismo, cabe destacar el transporte de oxígeno por la hemoglobina, el almacenamiento muscular de oxígeno por la mioglobina y el papel que desempeña en los citocromos de la cadena respiratoria para la producción oxidativa de energía química del ATP, en la mitocondria de las células. El hierro funciona como cofactor de enzimas involucradas en la síntesis de la colágena y de varios neurotransmisores, como serotonina, epinefrina, norepinefrina y dopamina. Participa también en la respuesta inmune, celular y humoral, y en el sistema citocromo P-450, involucrado en el proceso de detoxificación de drogas (Iñárritu, 2010).

## **1.14 MANGANESO**

El manganeso es un mineral involucrado en algunas reacciones metabólicas. Se estima como ingesta adecuada 2 a 5 mg/día. Se encuentra en granos, vegetales verdes y leguminosas, entre otros alimentos. En humanos se desconocen las

manifestaciones por carencia de este mineral, pero en animales se describen: retardo en el crecimiento, deformaciones congénitas y problemas reproductivos (Iñárritu, 2010).

### **1.15 CONTENIDO ENERGÉTICO**

De igual manera es importante el aporte energético que nos proporcionará el pinole, puesto que el cuerpo emplea energía para mantener gradientes electroquímicos, realizar el transporte molecular y los procesos de biosíntesis, producir el trabajo mecánico necesario para la respiración, la circulación sanguínea, y generar la contracción muscular (Bowman, 2003).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En colaboración con el Dr. Robert Arthur Bye Boettler, del Instituto de Biología de la UNAM, quien proporcionó las muestras de pinole de la Sierra Tarahumara y zonas cercanas para realizar esta investigación, se adquirieron muestras producidas de manera artesanal y comercial de distintas comunidades. Abarcando de norte a sur de la República mexicana, se hizo una selección de los pinoles, que van desde los que tienen una composición simple (únicamente maíz) hasta algunos más complejos, con adición de varias leguminosas. A continuación, en la Tabla 2 se muestran los pinoles que se utilizaron para este estudio:

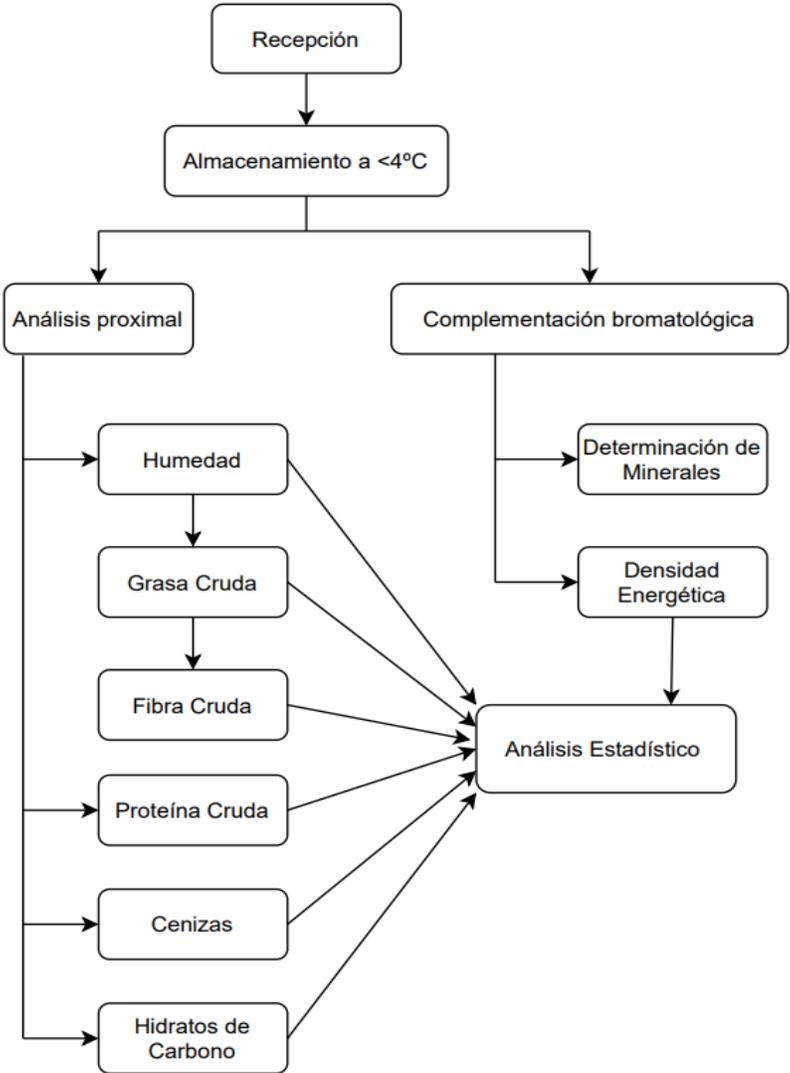
**Tabla 2.** Ubicación geográfica de los puntos de venta de los pinoles e ingredientes.

<b>Tipo de pinole</b>	<b>Año de colecta</b>	<b>Peso</b>	<b>Clave</b>	<b>Localidad</b>	<b>Ingredientes</b>
<b>Artesanal</b>	2016	700g	Chi	Guachochi, Chihuahua	Maíz cristalino
<b>Comercial</b>	2016	700g	Chi(2)	Guachochi, Chihuahua	Maíz cristalino
<b>Comercial</b>	2016	400g	Chi(3)	Guachochi, Chihuahua	Maíz, amaranto, avena, chícharo, frijol, soya, garbanzo, haba, lenteja y trigo
<b>Artesanal</b>	2016	700	Chi(4)	Wikorachi, Chihuahua	Maíz apachito, chícharo y amaranto
<b>Comercial</b>	2016	500g	Dur	Santiago Papasquiaro, Durango	Maíz, especias y azúcar
<b>Artesanal</b>	2017	1000g	Edm	Actopan, Estado de México	Maíz rojo, cacao, almendra, azúcar y canela

<b>Artesanal</b>	2016	700g	Pue	Puebla	Maíz rojo y azúcar
<b>Artesanal</b>	2016	700g	Oax	San Francisco Ixhuatán, Oaxaca.	Maíz y azúcar
<b>Artesanal</b>	2017	1000g	Oax(2)	San Andrés Huayapam, Oaxaca	Maíz amarillo, frijol, garbanzo, canela y azúcar
<b>Artesanal</b>	2016	700g	Tab	Tabasco	Maíz amarillo, cacao, canela y pimienta
<b>Artesanal</b>	2016	700g	Chis	San Cristóbal de las Casas, Chiapas	Maíz, cacao y canela

**Todos los maíces que se utilizaron para preparar los pinoles son endémicos de las zonas donde fueron producidos.**

Los pinoles artesanales llegaron al laboratorio en bolsas cerradas y los pinoles comerciales llegaron en sus empaques originales. Se depositaron en contenedores de plástico, se guardaron en refrigeración <math><4^{\circ}\text{C}</math>. Posteriormente, se hizo el análisis bromatológico, como se muestra en la **Figura 2**.



**Figura 2.** Esquema de trabajo.

## 2.1 HUMEDAD ANALÍTICA. AOAC<sup>934.01</sup>

### MATERIAL

- Estufa de vacío marca Lab-Line, mod Duo-VAC
- Balanza analítica marca Sartorius, mod Extend ( $\pm 0.0001$  g)
- Desecador de vidrio con cloruro de calcio anhidro
- Charolas de aluminio
- Espátula
- Pinole

### PROCEDIMIENTO

- El análisis se realiza por triplicado.
- Se emplean charolas de aluminio a peso constante (secadas y monitoreadas hasta alcanzar peso constante).
- Pesar de 3 a 4 g de muestra en las charolas de aluminio, procurando esparcir de manera homogénea toda la muestra, con la finalidad de aumentar su superficie de contacto y registrar su peso.
- Colocar las charolas con las muestras en la estufa (254 mm Hg/ 77 °C).
- Monitorear y registrar el peso de las muestras hasta alcanzar peso constante (para registrar el peso, las muestras una vez sacadas de la estufa se deben colocar en el desecador de vidrio hasta que estén a temperatura ambiente).

### CÁLCULOS

Una vez que se conoce el peso de la muestra y la muestra seca se determina la humedad analítica por medio de (Ecuación 1):

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_i - P_f}{m} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:  $P_i$  = es el peso en gramos de la charola y la muestra húmeda.

$P_f$  = es el peso en gramos de la charola y de la muestra después del secado.

$m$  = es el peso en gramos de la muestra.

## 2.2 GRASA CRUDA. AOAC <sup>920.39</sup>

### MATERIAL Y REACTIVOS

- Balanza analítica marca Sartorius, mod. Extend ( $\pm$  0.0001 g)
- Estufa de vacío marca Lab-line, mod. Duo vac
- Cartucho de celulosa de 22x80 mm
- Colector recuperador de disolvente
- Vasos de borde esmerilado LABCONCO
- Portadedales de vidrio
- Tubo recuperador de disolvente
- Bomba de recirculación marca Little Grant, mod. 1
- Aparato de extracción Goldfish marca Labconco, mod. 35001-00CV
- Éter de petróleo

### PROCEDIMIENTO

- El análisis se realiza por triplicado.
- Se emplean vasos de borde esmerilado a peso constante marca LABCONCO (secar y monitorear hasta alcanzar peso constante).
- Traspasar la muestra que se utilizó para la determinación de humedad analítica a un cartucho de celulosa.
- Colocar el cartucho en un portadedal de vidrio y este último en el aparato de extracción Goldfish.
- Añadir 50 mL de éter de petróleo en un vaso esmerilado y ajustar al equipo de extracción Goldfish procurando que no existan fugas.
- Adaptar la bomba de recirculación con agua fría y encender el equipo.
- Dejar en extracción 2 ½ horas.
- Para comprobar que la muestra ya ha sido totalmente desengrasada, se debe poner una gota del éter proveniente de la condensación en un trozo de papel, si este no muestra residuos grasos, la extracción habrá finalizado.

- Una vez finalizada la extracción recuperar el disolvente cambiando el portadetal de vidrio a un tubo recuperador de disolvente.
- Llevar a peso constante los vasos de borde esmerilado.

## **CÁLCULOS**

Una vez obtenido el peso del vaso esmerilado se determina la grasa cruda por medio de (Ecuación 2):

$$\% \text{ Grasa cruda base seca} = \frac{P_f - P_o}{m_s} \times 100 \quad \text{Ec. 2}$$

Donde: P<sub>f</sub> = peso en gramos del vaso esmerilado después de la extracción.

P<sub>o</sub> = peso en gramos del vaso esmerilado antes de la extracción.

m<sub>S</sub> = peso en gramos de la muestra seca.

### **2.3 FIBRA CRUDA. AOAC <sup>962.09</sup>**

En este análisis, se optó por cuantificar la cantidad de fibra cruda en los pinos en lugar de la fibra dietética. Esta elección se basa en la expectativa de que este alimento no contiene una cantidad sustancial de fibra, lo que significa que la contribución de este componente ya sea en forma de fibra dietética o cruda, no tendrá un impacto significativo en los objetivos de este estudio.

## **MATERIAL Y REACTIVOS**

- Crisol tipo Gooch
- Unidad de extracción en caliente marca Tecator, mod 1010 Fibertec System
- Unidad de extracción en frío marca Tecator, mod. 1011 Fibertec System
- Estufa de vacío marca Lab-line, mod. Duo vac

- Mufla marca Heraew
- Balanza analítica marca Sartorius mod Extend ( $\pm 0.0001$  g)
- Ácido sulfúrico 1.25%
- Hidróxido de sodio 1.25%
- Antiespumante
- Etanol
- Agua destilada

## **PROCEDIMIENTO**

Llenar respectivamente los contenedores de agua, ácido sulfúrico e hidróxido de sodio del equipo de extracción en caliente.

- El análisis se realiza por triplicado.
- Iniciar el calentamiento del agua destilada.
- Una vez que el agua se encuentre por arriba de 75 °C, iniciar la circulación en el equipo de extracción en caliente hasta que los reactivos alcancen 75 °C.
- Traspasar la muestra desengrasada a un crisol tipo Gooch.
- Añadir tres gotas de antiespumante y colocar el crisol en la unidad de extracción en caliente.
- Por medio del equipo, añadir 150 mL de ácido sulfúrico 1.25% e iniciar el calentamiento hasta ebullición, una vez en ebullición dejar digerir 30 minutos.
- Tras la primera digestión se filtra el remanente de ácido.
- Hacer cuatro lavados con agua destilada a 75 °C a la muestra y filtrar.
- Añadir 3 gotas de antiespumante al crisol.
- Por medio del equipo, añadir 150 mL de hidróxido de sodio 1.25% e iniciar el calentamiento hasta ebullición, una vez en ebullición dejar digerir 30 minutos.
- Tras la segunda digestión se filtra el remanente del hidróxido de sodio.
- Se hace un lavado a la muestra con 25 mL de ácido sulfúrico 1.25% y se filtra.
- Hacer tres lavados con agua destilada a 75 °C a la muestra y filtrar.
- Pasar el crisol a la unidad de extracción en frío y lavar con 25 mL de etanol.
- Llevar el crisol a peso constante y hacer el registro.

- Llevar a la mufla a 500 °C durante dos horas treinta minutos hasta obtener las cenizas. Pesar y hacer el registro.

## **CÁLCULOS**

Una vez obtenido el peso del crisol se determina la fibra cruda por medio de (Ecuación 3):

$$\% \text{ Fibra cruda base seca} = \frac{P_s - P_c}{m_s} \times 100 \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:  $P_s$  = peso en gramos del crisol después de haberlo llevado a peso constante.

$P_c$  = peso en gramos del crisol después de haber obtenido las cenizas.

$m_s$  = peso en gramos de la muestra seca.

## **2.4 PROTEÍNA CRUDA. AOAC <sup>976.05</sup>**

### **MATERIAL Y REACTIVOS**

- Digestor marca Tecator, mod. Ab-20/40
- Equipo de microdestilación marca Tecator, mod. Kjeltex 1030
- Tubo de digestión Tecator de 100 ml
- Balanza analítica marca Sartorius, mod: Extend ( $\pm$  0.0001 g)
- Peróxido de hidrógeno al 30%
- Sulfato de potasio.
- Hidróxido de sodio 40% m/v
- Ácido clorhídrico 0.01 N
- Sulfato de cobre pentahidratado
- Ácido ortofosfórico
- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido Bórico
- Verde de bromocresol
- Rojo de metilo
- Agua destilada

### **PROCEDIMIENTO DE MEZCLA DIGESTIVA**

- Se disuelven 3 g de sulfato de cobre pentahidratado en 20 mL de agua destilada.
- Se integran 50 mL de ácido ortofosfórico y homogeneizar.
- Añadir 430 mL de ácido sulfúrico concentrado y homogeneizar.

### **PROCEDIMIENTO DE MEZCLA DE ÁCIDO BÓRICO CON INDICADORES**

- Se disuelven 10 g de ácido bórico en 100 mL de agua destilada.
- Añadir 10 mL de verde de bromocresol al 0.1% en metanol.
- Añadir 7 mL de rojo de metilo al 0.1% en metanol.
- Ajustar color a un tono café rojizo con ácido o base según se requiera.

### **PROCEDIMIENTO**

- El análisis se realiza por triplicado.
- Colocar 100 mg de muestra en un tubo de digestión.
- Añadir 0.5 g de sulfato de potasio y 3 mL de mezcla digestiva.
- Adicionalmente, colocar un blanco de reactivos en un tubo.
- Ubicar los tubos digestivos en el digestor a 340 °C por 15 min.
- Trascurrido el tiempo, retirar del digestor, dejar enfriar y añadir 3 mL de peróxido de hidrógeno al 30%.
- Regresar el tubo al digestor a 370 °C y monitorear en intervalos de una hora hasta que la mezcla presente un color azul-verde y no se observen manchas o puntos negros, finalizada la digestión retirar el tubo del equipo y dejar enfriar.
- Realizar la destilación en el equipo de microdestilación marca Tecator, mod. Kjeltec 1030.
- Registrar el ácido clorhídrico gastado en la valoración.

## CÁLCULOS

Una vez obtenidos los valores de ácido clorhídrico se determina la proteína cruda por medio de (Ecuaciones 4 y 5):

$$\% N = \frac{(P-B) \times N \times meq \times 100}{mS} \quad \text{Ec. 4}$$

$$\% \text{ Proteína cruda base seca} = \%N \times F \quad \text{Ec. 5}$$

Donde: P = volumen en mL de la valoración de la muestra

B = volumen en mL de la valoración del blanco

N = normalidad de la solución de ácido clorhídrico

meq = miliequivalentes de nitrógeno

mS = peso en gramos de la muestra seca

F = factor de conversión de nitrógeno (6.25)

## **2.5 CENIZAS. AOAC <sup>942.05</sup>**

### MATERIALES

- Mufla eléctrica marca Heraew
- Balanza analítica marca Sartorius, mod analytic ( $\pm$  0.0001 g).
- Desecador de vidrio con cloruro de calcio anhidro
- Crisoles de porcelana
- Mechero Fisher
- Soporte metálico
- Anillo de hierro
- Triángulo de porcelana
- Campana de extracción

### PROCEDIMIENTO

- El análisis se realiza por triplicado.
- Utilizar crisoles a peso constante (secar y monitorear hasta alcanzar peso constante).
- Colocar de 2 a 3 g de muestra en los crisoles previamente pesados.

- En la campana de extracción, colocar el soporte metálico y con ayuda del anillo de hierro y el triángulo de porcelana ubicar el crisol encima de estos.
- Colocar el mechero Fisher por debajo del crisol y comenzar a carbonizar la muestra.
- Llevar el crisol a la mufla y empezar la calcinación llevando la mufla a 550 °C, una vez alcanzada la temperatura esta se debe mantener por tres horas.
- Para sacar el crisol, abrir la mufla y esperar a que la temperatura disminuya a 300 °C.
- Si al término de las tres horas las cenizas no son de color blanquecino, se espera a que el crisol baje su temperatura y se colocan dos gotas de agua desionizada para posteriormente continuar con la calcinación hasta alcanzar dicho color.
- Una vez calcinada la muestra, se abre la mufla hasta llegar a 300 °C, para pasar el crisol a un desecador esperando a que el crisol se atempera para hacer el registro de peso

## **CÁLCULOS**

Una vez obtenido el peso del crisol se determina la cenizas por medio de (Ecuación 6) :

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_f - P_o}{mS} \times 100 \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:  $P_f$  = peso en gramos del crisol con las cenizas

$P_o$  = peso en gramos del crisol a peso constante.

$mS$  = peso en gramos de la muestra seca.

## 2.6 DENSIDAD CALÓRICA

### MATERIAL Y REACTIVOS

- Desecador de vidrio
- Mango metálico compactador
- Crisol de acero inoxidable 25.4 mm de diámetro
- Balanza analítica marca Sartorius, mod. Extend
- Bomba calorimétrica balística marca Gallenkamp, mod CBB-010L
- Mecha de algodón
- Ácido benzoico

### PROCEDIMIENTO

- El análisis se realiza por triplicado.
- Se calcula la cantidad de muestra que se debe pesar para que la combustión libere aproximadamente 26.45 kJ, con la finalidad que entre en el intervalo de detección del instrumento.
- La muestra se coloca en un crisol previamente tarado junto con un trozo de mecha de algodón de 75 mm y con ayuda del mango metálico compactar la muestra y la mecha de tal forma que un extremo de la mecha quede dentro de la muestra y el otro extremo fuera del crisol.
- Con la ayuda de pinces se remueve de las paredes del crisol los restos de muestra.
- Se registra el peso del crisol con la muestra y la mecha en la balanza analítica.
- El crisol se coloca en la base superior del pilar central de la bomba calorimétrica colocando la mecha en el alambre de ignición
- Se cierra el sistema herméticamente con un cilindro metálico, en seguida se coloca el termopar en el cilindro.
- Se abre el cilindro del oxígeno dejando pasar el gas hacia el manómetro principal el cual debe indicar un mínimo de 50 bars.

- Se abre la válvula de paso hasta alcanzar una presión dentro de la bomba balística de 25 bars aproximadamente.
- Ajustar el indicador del galvanómetro en cero.
- Si las condiciones se mantienen 10 segundos, iniciar la ignición y registrar la máxima lectura del galvanómetro.

## **CÁLCULOS**

Para realizar los cálculos es necesario realizar una curva de calibración, tomando diferentes lecturas de la combustión del ácido benzoico, sabiendo que 1 g de ácido benzoico es igual a 26.45 Kj. Se grafica el contenido calórico en las abscisas contra la lectura del galvanómetro en las ordenadas. De esta manera, la densidad calórica se obtiene haciendo una interpolación de la lectura del galvanómetro resultado de la ignición de la muestra en la curva de ácido benzoico. Se debe procurar que a la mitad de la curva de calibración los kJ sean equivalentes a los pesados en la muestra.

La densidad calórica de la muestra se calcula con la ecuación 7:

$$\frac{\text{kJ}}{100} \text{ g de muestra} = \frac{\text{Lectura (kJ)}}{\text{peso de la muestra seca(g)}} \times 100 \quad \text{Ec. 7}$$

## **2.7 MINERALES**

### **MATERIALES Y REACTIVOS**

- Equipo de digestión con microondas Perkin Elmer modelo Titan MPS
- Espectrómetro de emisión atómica marca Perkin Elmer modelo 4300 DV
- Balanza analítica BADwag, mod, XAGO/220/X

- Cartuchos de digestión con tapón
- Campana de extracción
- Matraces aforados de 50 mL
- Ácido Fluorhídrico concentrado
- Ácido nítrico concentrado
- Peróxido de hidrógeno 40%

## **PROCEDIMIENTO**

- El análisis se realiza por duplicado.
- Colocar en el cartucho de digestión 0.1 g de muestra.
- Añadir 5 mL de ácido nítrico concentrado, 1 mL de peróxido de hidrógeno 40% y 0.2 mL e ácido fluorhídrico concentrado. Dejar reaccionar en la campana de extracción.
- Tapar el cartucho. Acto seguido, ponerlo en su camisa correspondiente.
- Digerir las muestras a una temperatura de 170-210 °C y 80 atm de presión por 30 minutos.
- Aforar el digerido en un matraz de 50 mL con agua desionizada.
- Leer en espectrómetro de emisión atómica marca Perkin Elmer modelo 4300 DV.

## **2.8 CARBOHIDRATOS**

Los carbohidratos se determinaron calculando la diferencia entre el 100% de la muestra de pinole y el porcentaje de humedad, grasa, fibra cruda, proteína y cenizas determinados, esta estimación considera los hidratos de carbono digeribles (Ecuación 8).

### **CÁLCULOS**

$$\% \text{Hidratos de carbono base seca} = 100\% - \%G - \%FC - \%P - \%Ce \quad \text{Ec. 8}$$

Dónde: %G = porcentaje de grasa cruda

%FC = porcentaje de fibra cruda

%P = porcentaje de proteína cruda

%Ce = porcentaje de cenizas

## **2.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

A los resultados obtenidos de humedad analítica, grasa cruda, fibra cruda, proteína, hidratos de carbono, cenizas y densidad calórica se les realizó un análisis de varianza con 95% de confiabilidad y una prueba tukey con 95% de confiabilidad.

### 3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

En seguida se presentan los resultados obtenidos del análisis proximal de las variantes de pinoles que se analizaron, así como una complementación que consta del contenido energético y de minerales.

#### 3.1 HUMEDAD ANALÍTICA

El contenido de humedad en los alimentos es un indicador de calidad en el procesamiento, control y conservación de los alimentos. Algunas operaciones se emplean con el objetivo de reducir el contenido de agua de un alimento, dado que altos contenidos de humedad aceleran procesos de degradación hidrolítica de los componentes alimenticios y propician el desarrollo de microorganismos. De ahí que el tiempo de almacenamiento de un producto, el procesamiento, condiciones de empaque y de conservación se vean influidas por el contenido de humedad de un producto (Zumbado, 2004).

En el caso de los pinoles, este valor será fundamental para evitar el apelmazamiento de estos, el desarrollo de microorganismos y proliferación de insectos.

En la **Tabla 3** se observan los resultados obtenidos de la determinación de humedad.

**Tabla 3.** Resultados del contenido de humedad en las muestras (g/100g).

Clave	% de humedad
Pue	6.98 ± 0.33 <sup>ab</sup>
Chi	6.74 ± 0.08 <sup>abc</sup>
Tab	6.63 ± 0.22 <sup>abc</sup>
Chi(4)	6.43 ± 0.03 <sup>bc</sup>
Oax	6.32 ± 0.08 <sup>bc</sup>
Chi(2)	5.56 ± 0.07

<b>Chis</b>	4.68 ± 0.03 <sup>d</sup>
<b>Edm</b>	4.61 ± 0.05 <sup>d</sup>
<b>Chi(3)</b>	3.89 ± 0.17 <sup>e</sup>
<b>Oax(2)</b>	3.83 ± 0.04 <sup>e</sup>
<b>Dur</b>	2.65 ± 0.09

\*Se presenta el valor promedio ± desviación estándar (n=3) y CV<5

De acuerdo con el análisis de varianza realizado se encontraron cinco grupos de pinoles en los que no existe una diferencia significativa. Los primeros dos grupos identificados como **a** y **b**, poseen los porcentajes más altos de humedad, el primero incluye a las muestras **Pue, Chi** y **Tab**. Posteriormente el grupo **b** contempla los anteriores pinoles y las muestras **Chi(4)** y **Oax**. Asimismo el grupo **c** cuenta con las muestras **Chi, Tab, Chi(4)** y **Oax**.

En cuanto al pinole **Chi(2)** producido únicamente con maíz, cuenta con un contenido de humedad de 5.56% presentando diferencias significativas con respecto a las demás muestras.

El grupo **d** está conformado por los pinoles **Chis** y **Edm**, dichas muestras fueron elaboradas con cacao, no obstante como se verá en análisis posteriores la muestra **Edm** no comparte características con aquellas muestras que también contienen cacao.

Respecto a las muestras **Chi(3)** y **Oax(2)** del grupo **e**, se destaca que ambas tienen los ingredientes frijol y garbanzo, además ambas muestras presentan bajos contenidos de humedad.

Finalmente el pinole **Dur** presenta diferencias significativas con las demás muestras, asimismo su porcentaje de humedad es el más bajo.

Por otra parte, es de señalar que todos los resultados de humedad de las muestras estudiadas se encuentran entre 2.65% y 6.98% mismos que están por debajo del contenido de humedad de una harina de maíz precocida, la cual es de 9.82% (Bianco, *Et al*, 2014). Estos porcentajes hacen sentido debido al proceso al que fueron tratados durante su producción, recordemos que antes de la molienda, el

maíz es sometido a un calentamiento que tiene por finalidad tostar el grano, esta operación permite la pérdida de agua libre, disminuyendo el contenido de humedad en el producto final, asimismo será importante señalar que durante la realización de este estudio, no se observó el apelmazamiento de ninguno de los pinoles que se analizaron.

El Codex Alimentarius recomienda como un factor de calidad un máximo de 15% de humedad en harinas de maíz. La Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, Harinas de Cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba, señala un máximo de 15% de humedad en la producción de los alimentos a base de harinas de cereales.

Con base en los resultados descritos, podemos decir que el contenido de humedad de los once pinoles, no representa una condición para propiciar la proliferación de microorganismos o insectos, así mismo, estos porcentajes no generan el defecto de calidad de apelmazamiento, sin embargo los grupos de pinoles con menor contenido de humedad tendrán una concentración mayor de otros macronutrientes que en el caso de los que tengan mayor contenido de proteínas y grasa tendrán una mayor relevancia para los fines de este estudio.

### **3.2 GRASA CRUDA**

Los lípidos desempeñan un papel importante en los alimentos, estos confieren características organolépticas tales como textura, color debido a los carotenoides y sabor gracias a las cetonas, aldehídos y derivados de carbonilos, es por ello, que estos nutrientes suelen repercutir en la calidad de los alimentos. Así mismo, son una fuente de energía y de ácidos grasos indispensables como el ácido linoleico, son vehículo de vitaminas liposolubles además de participar en diversos procesos de síntesis de biomoléculas (Badui, 2006).

De los pinoles estudiados, será importante destacar que aquellos que cuenten con un mayor contenido de estos nutrimentos serán los mayores beneficiados de las características mencionadas previamente.

En la **Tabla 4** se registran los resultados obtenidos de la determinación de grasa cruda.

**Tabla 4.** Resultados del contenido de grasa cruda en las muestras seca (g/100g).

Clave	% de grasa cruda base seca	% de grasa cruda base húmeda
<b>Tab</b>	12.27 ± 0.21	11.46 ± 0.19
<b>Chis</b>	11.72 ± 0.08	11.17 ± 0.07
<b>Chi(4)</b>	7.51 ± 0.13	7.03 ± 0.11
<b>Chi</b>	5.64 ± 0.09	5.26 ± 0.08
<b>Chi(3)</b>	4.81 ± 0.12 <sup>a</sup>	4.62 ± 0.11
<b>Oax</b>	4.77 ± 0.09 <sup>a</sup>	4.47 ± 0.08
<b>Chi(2)</b>	4.74 ± 0.04 <sup>a</sup>	4.48 ± 0.03
<b>Pue</b>	4.04 ± 0.19 <sup>b</sup>	3.76 ± 0.17
<b>Edm</b>	3.78 ± 0.13 <sup>b</sup>	3.60 ± 0.12
<b>Oax(2)</b>	3.73 ± 0.19 <sup>b</sup>	3.58 ± 0.17
<b>Dur</b>	3.12 ± 0.05	3.04 ± 0.05

\*Se presenta el valor promedio ± desviación estándar (n=3) y CV<5

Acorde con el análisis de varianza, se encontraron dos grupos en los que no existen diferencias significativas y cinco pinoles que tienen diferencias significativas con las demás muestras.

En primera instancia se pueden observar que los pinoles con un mayor contenido de grasa cruda fueron **Tab** y **Chis** respectivamente. Ambas muestras presentan diferencias significativas con los demás pinoles estudiados, asimismo se puede observar que tienen como ingrediente en común el cacao. Este componente por sí solo tiene un contenido de grasa de 49.3% (Chávez, 2014), por ello su adición, aunada a la de otros ingredientes, aumentó significativamente este macronutriente.

Posteriormente, el pinole **Chi(4)** que fue adicionado con chía y amaranto también mostro diferencias significativas con las demás muestras. Esta muestra tuvo un aumento en su contenido graso con respecto a aquellos con formulación de origen. La chía tiene un contenido lipídico de 27.9% (Paula, 2013), por lo que su adición, junto con la del amaranto, incrementó de manera significativa el porcentaje de este macronutriente.

Siguiendo con el análisis, se encuentra la muestra **Chi** que muestra diferencias significativas y cuyo único ingrediente es el maíz, pese ello, tuvo un contenido graso de 5.64%, este resultado se encuentra muy por encima del valor de grasa de pinole reportado en la literatura mostrado en la **tabla 1**, esto puede deberse a la variedad de maíz que fue utilizado para su preparación, no obstante, el contenido graso de la muestra **Chi** se encuentra cercano al contenido lipídico del maíz.

Por otra parte, el grupo **a** donde se encuentran los pinoles **Chi(3)**, **Chi(2)** y **Oax**, se puede destacar que el pinole **Chi(3)** a pesar de haber sido adicionado con algunas legumbres, su contenido graso no fue lejano al del pinole convencional, es decir, aquel que está compuesto únicamente de maíz y azúcar, como lo son los pinoles **Chi(2)** y **Oax**.

Posteriormente el grupo **b** conformado por los pinoles **Pue**, **Edm** y **Oax(2)** contienen los porcentajes más bajos de grasa junto con la muestra **Dur**. A su vez, resulta notable distinguir que el pinole **Edm** al que le fue incorporado cacao, obtuvo un contenido graso muy por debajo de los pinoles **Tab** y **Chis** que, si contienen este ingrediente, este particular resultado puede ser consecuencia de una pobre incorporación de cacao y la adición de otros ingredientes. En cuanto al pinole **Oax(2)** observamos que la adición de frijol y garbanzo no representó un incremento significativo en la grasa cruda del producto final.

Finalmente, el pinole con menor contenido de grasa cruda fue **Dur** teniendo diferencias significativas con todas las demás muestras y cuyos ingredientes; especias y azúcar no aportaron en gran manera material lipídico.

De acuerdo con los resultados discutidos podemos resaltar que las muestras **Tab** y **Chis** son las que poseen el mayor contenido de grasa cruda, ambos incorporados con cacao por lo que este ingrediente modifica significativamente el contenido de la grasa cruda en el producto final. Por lo tanto, en relación a este macronutriente, la hipótesis nula debe ser rechazada. Asimismo, es importante señalar que el contenido de este macronutriente en los pinoles será relevante para encontrar el pinole con mayor contenido energético.

### 3.3 FIBRA CRUDA

Si bien, la fibra es la parte no digerible de los alimentos, esta tiene efectos benéficos para la salud, como acelerar el tránsito intestinal, favorecer el crecimiento de ciertas bacterias del colon, disminuye los niveles de glucosa y colesterol en sangre, además nos ayuda a reducir problemas como estreñimiento así como evitar el riesgo de padecer obesidad. Por lo cual, el aporte de este elemento será beneficioso para la salud.

A continuación se muestran los resultados de la determinación de fibra cruda.

**Tabla 5.** Resultados del contenido de fibra cruda en las muestras secas (g/100g).

Clave	% de fibra cruda base seca	% de fibra cruda base húmeda
<b>Chi(4)</b>	3.89 ± 0.14	3.64 ± 0.13
<b>Chi(3)</b>	3.00 ± 0.14 <sup>abc</sup>	2.89 ± 0.13
<b>Oax</b>	2.96 ± 0.11 <sup>abcd</sup>	2.77 ± 0.10
<b>Pue</b>	2.83 ± 0.08 <sup>abcde</sup>	2.63 ± 0.06
<b>Tab</b>	2.78 ± 0.13 <sup>abcde</sup>	2.59 ± 0.11
<b>Chis</b>	2.77 ± 0.13 <sup>abcde</sup>	2.64 ± 0.12
<b>Chi(2)</b>	2.69 ± 0.04 <sup>bcde</sup>	2.54 ± 0.03
<b>Chi</b>	2.60 ± 0.02 <sup>cdef</sup>	2.42 ± 0.02
<b>Edm</b>	2.31 ± 0.10 <sup>fg</sup>	2.20 ± 0.10
<b>Oax(2)</b>	2.24 ± 0.10 <sup>fg</sup>	2.15 ± 0.09
<b>Dur</b>	1.76 ± 0.05	1.72 ± 0.04

\*Se presenta el valor promedio ± desviación estándar (n=3) y CV<5

Siguiendo el análisis de varianza se encontraron 2 pinoles y siete grupos en los que muestran diferencias estadísticamente significativas. El primer pinole que posee el mayor contenido de fibra cruda es **Chi(4)**, pudiendo destacar que dicha muestra fue producida con chía y amaranto. De acuerdo con la literatura, el amaranto tiene un contenido de fibra entre 2.2% y 5.8% (Mapes Sánchez, 2015). En cuanto a la chía, su contenido de fibra es de 33% (Jiménez P. *et al.*, 2013). Teniendo en consideración los valores mencionados de amaranto y particularmente el alto contenido de fibra de la chía, podemos sugerir que estos ingredientes aumentaron de manera significativa el contenido de fibra cruda de la muestra **Chi(4)**, distinguiéndose de las demás muestras.

Más adelante se encuentra el grupo **c** que se compone del mayor número de muestras; **Chi(3)**, **Oax**, **Pue**, **Tab**, **Chis**, **Chi(2)** y **Chi**, resaltando que el contenido de fibra que poseen va de 3% a 2.6%. Entre estas muestras es importante señalar que el contenido de fibra cruda de los pinoles **Chi(2)** y **Chi**, que fueron elaborados únicamente con maíz, no mostraron diferencias significativas con el contenido de fibra cruda de los pinoles **Chi(3)**, **Chis** y **Tab**, estos tres últimos elaborados con distintos ingredientes, entre ellos algunas cacao y canela, destacando que a pesar de que la muestra **Chi(3)** contiene amaranto al igual que la muestra **Chi(4)**, no obstante este ingrediente no incremento de manera significativa el contenido de fibra cruda en este pinole.

Posteriormente, en el grupo **a** están los pinoles **Chi(3)**, **Oax**, **Pue**, **Tab** y **Chis**, que a diferencia del grupo anteriormente analizado podemos observar que estas muestras presentaron diferencias significativas con los pinoles que tienen una composición tradicional, no obstante las muestras que contienen azúcar; **Oax** y **Pue**, se mantuvieron sin mostrar diferencias.

En cuanto al grupo **b**, se puede percibir que de manera similar al primer conjunto de pinoles analizados, se conforma de pinoles de composición diversa y no muestran diferencias significativas entre ellos.

El grupo **d** constituidos de las muestras **Oax**, **Pue**, **Tab**, **Chis**, **Chi(2)** y **Chi**, destacando los pinoles elaborados a partir de maíz, azúcar y cacao no muestran

diferencias significativas entre ellos, excluyendo al pinole **Edm** que si bien tiene la incorporación de cacao en su formulación no se ha visto reflejada en los resultados obtenidos. Por su parte, el grupo **e** comparte un comportamiento similar al grupo **d**, pero con la distinción de que el pinole **Oax** presenta diferencias significativas en comparación con este grupo.

Respecto al grupo **f** conformado por los pinoles **Chi**, **Edm** y **Oax(2)**, se destaca que cada uno de estos tiene una composición particular, aún con ello, estos pinoles no muestran diferencias significativas entre sí y se distinguen de los demás grupos que también comparten pinoles con diversos ingredientes, pese a ello, tienen los porcentajes más bajos de las muestras analizadas. Por parte del grupo **g**, formado por los pinoles **Edm** y **Oax(2)**, se puede observar que los contenidos de fibra cruda no son muy diferentes a pesar de que fueron preparados con distintos ingredientes.

Finalmente, la muestra **Dur** mostro diferencias significativas con los demás pinoles, obteniendo el contenido más bajo de todas las muestras analizadas, con un porcentaje de 1.76% de fibra cruda.

Conforme a lo revisado anteriormente, se destaca que la muestra **Chi(4)** tiene el mayor contenido de fibra cruda, haciendo énfasis en la chía, ingrediente que aumentó de manera significativa este carbohidrato, rechazando la hipótesis nula. Asimismo, es importante señalar que los porcentajes de fibra cruda de las muestras analizadas son bajos, lo anterior a pesar de los ingredientes que las componen. Por tanto, como se comentó al principio de este estudio, ninguno de estos pinoles tendrá un beneficio importante derivado del aporte de la fibra cruda.

### 3.4 PROTEÍNA CRUDA

El maíz es el componente principal de lo que hoy en día conocemos como pinole. Este cereal posee una proteína que es deficiente en lisina y triptófano; la relación de concentraciones de leucina/isoleucina es muy elevada. Estos factores, aunados a su estructura terciaria rígida, hacen que su calidad nutricional sea reducida (Badui, 2006). No obstante, combinar el pinole con algunas legumbres, como el frijol, (deficiente en metionina, pero rico en lisina) permite la complementación de ambos productos.

En la **Tabla 6** se observan los resultados obtenidos de la determinación de proteína.

**Tabla 6.** Resultados del contenido de proteína en las muestras secas (g/100g).

Clave	% de proteína base seca	% de proteína base húmeda
<b>Chi(3)</b>	12.80 ± 0.63	12.30 ± 0.61
<b>Oax(2)</b>	11.64 ± 0.35	11.20 ± 0.33
<b>Oax</b>	10.48 ± 0.13 <sup>a</sup>	9.82 ± 0.11
<b>Chis</b>	10.06 ± 0.22 <sup>a</sup>	9.58 ± 0.20
<b>Tab</b>	8.69 ± 0.19 <sup>bc</sup>	8.11 ± 0.18
<b>Chi(2)</b>	8.65 ± 0.09 <sup>bc</sup>	8.17 ± 0.08
<b>Chi</b>	8.38 ± 0.18 <sup>bcd</sup>	7.81 ± 0.16
<b>Chi(4)</b>	7.77 ± 0.14 <sup>cd</sup>	7.27 ± 0.13
<b>Pue</b>	6.35 ± 0.12	5.29 ± 0.10
<b>Edm</b>	5.41 ± 0.08 <sup>e</sup>	5.16 ± 0.08
<b>Dur</b>	4.72 ± 0.08 <sup>e</sup>	4.59 ± 0.07

\*Se presenta el valor promedio ± desviación estándar (n=3) y CV<5

De acuerdo con el análisis de varianza, el pinole con el porcentaje más alto de proteína es **Chi(3)** con diferencias estadísticamente significativas con las demás muestras analizadas. Como se puede observar en la Tabla 2, este pinole es el que contiene una mayor cantidad de ingredientes incorporados, de los que podemos destacar al frijol y garbanzo, legumbres cuyo contenido proteínico es de 21.68% y

19.1% respectivamente (Aguirre, 2010) (Chávez, 2014). Particularmente, estas legumbres y la suma del resto de los ingredientes pudieron aumentar significativamente este macronutriente.

En seguida se encuentra la muestra **Oax(2)** con un porcentaje de 11.64%, este alto contenido de proteína puede ser resultado de la incorporación de frijol y garbanzo, ingredientes que también podemos encontrarlos en la muestra **Chi(3)**, sin embargo, ambas muestras tienen diferencias significativas entre sí y con el resto de las muestras analizadas.

Seguido se encuentra el grupo **a** de las muestras **Oax** y **Chis**, con un contenido de proteína de 10.48% y 10.6% respectivamente, en este grupo se puede percibir que los porcentajes de proteína son altos a pesar de que el pinole **Oax** tiene una composición muy simple y el pinole **Chis** presenta cacao y canela, no obstante, estas muestras tienen diferencias significativas con los grupos **b** y **c** en donde se encuentran los pinoles **Tab**, **Chi(2)**, **Chi** y **Chi(4)**. Con forme a lo anterior, resulta interesante señalar que los grupos **a**, **b** y **c** están formados con pinoles de características similares, en otras palabras, cada grupo cuenta con un pinole elaborado con cacao y canela, y por lo menos con un pinole de formulación simple, pese a ello, estas muestras se encuentran en distintos grupos mostrando diferencias significativas. Este particular resultado puede deberse a el maíz que se produce en cada región, dado que cada variedad de maíz exhibe diferencias en su contenido proteico (Fuentes, 2012).

Por otra parte, el grupo **d** formado por los pinoles **Chi** y **Chi(4)**, poseen un porcentaje de 8.38% y 7.77 respectivamente. El pinole **Chi(4)**, a pesar de tener chíá y amaranto, no presenta diferencias significativas con la muestra **Chi**, asimismo el contenido de proteína de este pinole está por debajo de la mayoría de los pinoles examinados y del reportado por Chávez, de manera que la incorporación de estos ingredientes no aumentaron de manera significativa el contenido de proteína en esta muestra.

Posteriormente, el pinole **Pue** con un porcentaje de 6.35% de proteína, tiene diferencias significativas con las demás muestras analizadas, a pesar de que los

ingredientes con los que fue elaborado no difieren en gran medida con los de otras muestras como con **Oax** y **Dur**. Igualmente, este pinole fue producido con maíz rojo, como se mencionó anteriormente, cada maíz tiene diferencias en su contenido proteico

Finalmente, el grupo **e** se conforma de los pinoles **Edm** y **Dur** con los contenidos más bajos de proteína. Cabe resaltar que la muestra **Edm**, tiene ingredientes similares a los pinoles **Tab** y **Chis**, a pesar de eso, la muestra **Edm** tiene diferencias significativas, este resultado podría estar relacionado con la incorporación de ingredientes que no aportan proteínas, como lo es el azúcar.

Tras el análisis de varianza y el estudio de contenido proteico de las muestras estudiadas podemos observar que aquellas a las que se les incorporó alguna legumbre como frijol y garbanzo como es el caso de los pinoles **Chi(3)** y **Oax(2)**, tuvieron porcentajes más altos de este nutriente presentando diferencias significativas con las demás muestras, así mismo, las muestras que se elaboraron con cacao no se diferenciaron en gran medida de las de composición más simple por lo que en lo que respecta a la proteína la hipótesis nula es rechazada. Por otra parte, es importante señalar que, para conocer más de la calidad proteica de estas muestras, sería necesario estudiar más sobre la disponibilidad de las proteínas que poseen así como su balance de aminoácidos.

### 3.5 CENIZAS

Las cenizas serán una parte importante para el análisis de las muestras estudiadas. El contenido de cenizas nos dará información de la materia inorgánica presente en los pinoles como son los minerales y con la caracterización de estos, conocer su aporte de minerales esenciales.

En la Tabla 7 se observan los resultados obtenidos de la determinación de cenizas.

**Tabla 7.** Resultados del contenido de cenizas en las muestras secas (g/100g).

Clave	% de cenizas base seca	% de cenizas base húmeda
<b>Chi(4)</b>	2.24 ± 0.03	2.10 ± 0.02

<b>Chi</b>	2.13 ± 0.00 <sup>ab</sup>	1.99 ± 0.00
<b>Chi(3)</b>	2.09 ± 0.02 <sup>abc</sup>	2.01 ± 0.01
<b>Oax(2)</b>	2.02 ± 0.06 <sup>bc</sup>	1.94 ± 0.05
<b>Tab</b>	1.79 ± 0.02 <sup>d</sup>	1.67 ± 0.01
<b>Chis</b>	1.74 ± 0.10 <sup>d</sup>	1.66 ± 0.09
<b>Oax</b>	1.68 ± 0.00 <sup>d</sup>	1.58 ± 0.00
<b>Chi(2)</b>	1.34 ± 0.00 <sup>e</sup>	1.26 ± 0.00
<b>Pue</b>	1.32 ± 0.02 <sup>e</sup>	1.23 ± 0.02
<b>Edm</b>	1.19 ± 0.01	1.13 ± 0.01
<b>Dur</b>	0.87 ± 0.00	0.84 ± 0.00

\*Se presenta el valor promedio ± desviación estándar (n=3) y CV<5

A partir del análisis de varianza, se aprecia que el pinole **Chi(4)** tiene el contenido más alto de cenizas, ostentando diferencias significativas con las demás muestras, este resultado se destaca debido a que fue producida con chía y amaranto, ingredientes que cuentan con 4.5 y 4.4% de cenizas respectivamente, dichos componentes pudieron incrementar el contenido de cenizas del producto final.

El grupo **a** incluye las muestras **Chi** y **Chi(3)**, dichas muestras tienen la particularidad de tener contenidos altos de cenizas, y de haber sido elaborados en el estado de Chihuahua, destacando que a la muestra **Chi** no le fue adicionada ningún ingrediente complementario, aun con ello, no tuvo diferencias significativas con el pinole **Chi(3)** que exhibe mayor variedad de ingredientes. Este singular resultado puede deberse a su elaboración, recordemos que la muestra **Chi** fue preparada de manera artesanal y el contenido de cenizas pudo haber incrementado si la molienda para producirlo se realizó un mortero de piedra (metate) o por el propio maíz de la región. También es relevante destacar que aunque la muestra **Chi(3)** comparte el amaranto como ingrediente con la muestra **Chi(4)**, se observan diferencias significativas en ambos pinoles. En este caso, una pobre incorporación de amaranto al pinole **Chi(3)** provocó diferencias significativas en este nutriente.

En cuanto al grupo **b**, consta de los pinoles **Chi Chi(3)** y **Oax(2)**, donde se destaca que a pesar de que la muestra **Chi(3)** cuenta con la mayor variedad de ingredientes

de todos los pinoles estudiados, esta no tuvo diferencias significativas con los pinoles **Chi** y **Oax(2)**.

Luego, dentro del grupo **c**, están presentes los pinoles **Chi(3)** y **Oax(2)**, el cual se distingue por tener muestras que fueron preparadas con algunas legumbres, esta condición pudo haber dado como resultado pinoles con alto contenido de cenizas.

Por otra parte, el grupo **d** que consta de los pinoles **Chis**, **Tab** y **Oax**, se destaca por no tener diferencias significativas entre sí, pese a que las muestras **Chis** y **Tab** fueron producidas con cacao y la muestra **Oax** únicamente con maíz y azúcar. Dado lo anterior y de acuerdo con el análisis de varianza realizado, la adición del cacao no incrementó en mayor medida el contenido de cenizas.

Seguido, se encuentra el grupo **e** con los pinoles **Chi(2)** y **Pue**, estas muestras tienen características similares con la diferencia de que la muestra **Pue** le fue adicionada azúcar, no obstante existen diferencias significativas entre estas dos muestras, la consistencia en esto se justifica por el hecho de que el azúcar o sacarosa aporta al producto final exclusivamente carbohidratos.

Por último, las muestras **Edm** y **Dur** tienen los porcentajes más bajos de todas las muestras analizadas y ambas muestras presentan diferencias significativas con todos los demás pinoles. Asimismo se puede observar que como se analizó anteriormente la muestra **Edm** a pesar de que sus componentes diversos, los minerales no se vieron beneficiados. Por parte de la muestra **Dur**, su porcentaje de cenizas es más bajo que el de un pinole tradicional como los son las muestra **Chi** y **Chi(2)**, por lo que los ingredientes que lo componen principalmente el azúcar mermaron de una manera importante el contenido de minerales.

De acuerdo con los resultados presentados, el pinole **Chi(4)** es el más alto en contenido de cenizas, particularmente la chía y el amaranto aumentaron de manera significativa este nutriente por lo que se rechaza la hipótesis nula. Asimismo es importante resaltar que los pinoles que provienen de la región de Chihuahua **Chi(4)**, **Chi(3)** y **Chi** presentaron contenidos altos en contenido de cenizas, estos particulares resultados pueden ser debido al maíz de esta región.

### 3.6 CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos, constituyen más del 90% de la materia seca de los vegetales, son abundantes, de fácil disponibilidad, baratos y son un componente común en los alimentos, bien como componentes naturales o como ingredientes añadidos. Son fuente de energía y representan el 70-80% de las calorías de la dieta como promedio en el mundo. (Fennema y Tannenbaum, s.f.).

En la Tabla 8 se observan los resultados obtenidos de la determinación de carbohidratos.

**Tabla 8.** Resultados del contenido de carbohidratos en las muestras secas (g/100g).

Clave	% carbohidratos base seca	% carbohidratos base húmeda
<b>Dur</b>	89.53 ± 0.10	87.15 ± 0.03
<b>Edm</b>	87.31 ± 0.23	83.28 ± 0.28
<b>Pue</b>	85.45 ± 0.24	79.48 ± 0.47
<b>Chi(2)</b>	82.58 ± 0.07	77.98 ± 0.03
<b>Chi</b>	81.25 ± 0.21 <sup>ab</sup>	75.77 ± 0.01
<b>Oax(2)</b>	80.37 ± 0.43 <sup>abc</sup>	77.28 ± 0.18
<b>Oax</b>	80.10 ± 0.11 <sup>bc</sup>	75.06 ± 0.22
<b>Chi(4)</b>	78.58 ± 0.36	73.53 ± 0.19
<b>Chi(3)</b>	77.29 ± 0.64	74.28 ± 0.03
<b>Tab</b>	74.46 ± 0.29 <sup>d</sup>	69.52 ± 0.09
<b>Chis</b>	73.71 ± 0.30 <sup>d</sup>	70.26 ± 0.01

\*Se presenta el valor promedio ± desviación estándar (n=3) y CV<5.

De acuerdo con el análisis de varianza se encontró que el pinole **Dur** presenta diferencias significativas con las demás muestras, a su vez, posee el contenido más alto en carbohidratos. Este resultado hace sentido considerando que los ingredientes con los que fue preparado fueron azúcar y especias. El azúcar o sacarosa, es un disacárido y al utilizarlo como un ingrediente, solamente incorporará carbohidratos a la composición final del pinole, mermando las proteínas, lípidos, fibra cruda, etc. Las especias son generalmente materia seca de origen

vegetal y se utilizan en menores porciones en la preparación de los alimentos, por esta razón su incorporación no se vio reflejada en los carbohidratos de este pinole.

El pinole **Edm** es la segunda muestra con más carbohidratos e igualmente presenta diferencias significativas con las demás muestras. Como se vio en análisis previos, a esta muestra le fue incorporado cacao y almendra, aún con ello, no tuvo un alto porcentaje de otros nutrientes como por ejemplo si se pudo observar en el apartado de grasa cruda y con los pinoles **Tab** y **Chis**. De acuerdo con lo que se presentó en dicho apartado, el cacao influyó en el contenido final de grasa cruda de estos dos últimos pinoles, mermando de esta forma los demás macronutrientes y no así en la muestra **Edm**, la cual resultó como una de las muestra con mayor contenido de carbohidratos, por lo anterior podemos inferir que el origen de estos carbohidratos vinieron de una abundante adición de azúcar y una pobre incorporación de cacao y almendra.

En lo que respecta a la muestra **Pue**, se pueden observar diferencias significativas con los demás pinoles, asimismo se encuentra en la parte más alta de la tabla, y así como en los pinoles **Dur** y **Edm**, a este pinole fue preparado con azúcar.

Posteriormente, el pinole **Chi(2)** que conserva un composición tradicional exhibe diferencias significativas con otros pinoles, como lo es la muestra **Chi**, que se compone de los mismos ingredientes, además de haber sido producidos en la misma región. No obstante los valores de ambos pinoles, 82.58% y 81.25% respectivamente, se mantienen cercanos entre sí.

En cuanto a los grupos que mostraron diferencias significativas, está el grupo **a** integrado por las muestras **Chi** y **Oax(2)**, donde se puede evidenciar que los ingredientes del pinole **Oax(2)**, no aumentaron de manera significativa el contenido de carbohidratos en este pinole en comparación con un pinole elaborado únicamente con maíz.

El grupo **b** incluye tanto los pinoles del grupo **a** como el pinole **Oax**, enfatizando que este último pinole fue preparado con maíz y azúcar, por lo que, en este caso, la adición de la azúcar no fue un factor para incrementar el contenido de carbohidratos.

Respecto al grupo **c** que se encuentra conformado por los pinoles **Oax(2)** y **Oax**, tienen en común el estado en el que fueron producidos y, a pesar de su composición diferente no exhiben diferencias significativas.

Las muestras **Chi(3)** y **Chi(4)** que fueron producidos con varios ingredientes, en cuanto a carbohidratos presentan diferencias estadísticamente significativas con los demás pinoles, asimismo tienen resultados más deficientes. En lo que respecta a la muestra **Chi(3)**, como se observó en otros apartados, los ingredientes que incrementan la proteína en el pinole, disminuyen el contenido de otros nutrientes en el producto final y en este caso el de carbohidratos. Por su parte, la muestra **Chi(4)**, exhibe un comportamiento semejante al pinole **Chi(3)** que a pesar de no tener un contenido alto de proteína, fue el que presentó mayor fibra cruda y cenizas, además, está dentro de los tres pinoles con más grasa cruda, de tal forma que el alto contenido de estos nutrientes disminuyeron los carbohidratos en esta muestra.

Por último, se encuentra el grupo **d** con las muestras **Tab** y **Chis** que, como ya se ha mencionado, su alto valor de grasa cruda, disminuyeron de manera importante a los carbohidratos, dando como resultado los pinoles con menos porcentaje de este nutriente.

De acuerdo con el análisis realizado de este apartado, podemos observar que por la naturaleza del producto y por su composición, es decir, por su componente primordial el maíz, no es sorprendente que tenga un alto contenido de carbohidratos, no obstante, la adición de ingredientes, como el azúcar, que es un fuente principal de carbohidratos, modificarán el porcentaje de este nutriente los pinoles, por lo anterior se rechaza la hipótesis nula.

### **3.7 CONTENIDO ENERGÉTICO**

Para obtener el contenido energético teórico total de cada pinole se multiplicó el porcentaje de cada macronutriente por su aporte energético teórico. Siendo que, la proteína otorga 24.9 kJ por gramo, fibra y carbohidratos 17.5 kJ por gramo y grasa

39 kJ por gramo, se hizo la conversión a kcal utilizando el valor de 1 kJ = 0.239006 kcal.

En la Tabla 9 se observan los resultados del contenido energético teórico y experimental.

**Tabla 9.** Contenido energético teórico y experimental en 100g de muestra seca.

Clave	Experimental kcal/100 g base seca	Teórico kcal/100 g base seca
<b>Chis</b>	497.95 ± 2.13	488.96 ± 0.34
<b>Tab</b>	492.67 ± 8.21	489.21 ± 1.50
<b>Chi</b>	469.04 ± 3.74	453.17 ± 0.78
<b>Chi(4)</b>	467.83 ± 4.13	461.24 ± 1.45
<b>Oax</b>	465.91 ± 2.50	454.27 ± 1.32
<b>Chi(2)</b>	464.84 ± 4.92	452.35 ± 0.33
<b>Chi(3)</b>	462.23 ± 4.33	456.85 ± 0.54
<b>Pue</b>	459.67 ± 1.02	444.74 ± 1.99
<b>Edm</b>	450.60 ± 12.11	442.28 ± 1.48
<b>Oax(2)</b>	449.91 ± 2.48	449.56 ± 1.80
<b>Dur</b>	445.57 ± 9.91	439.03 ± 0.46

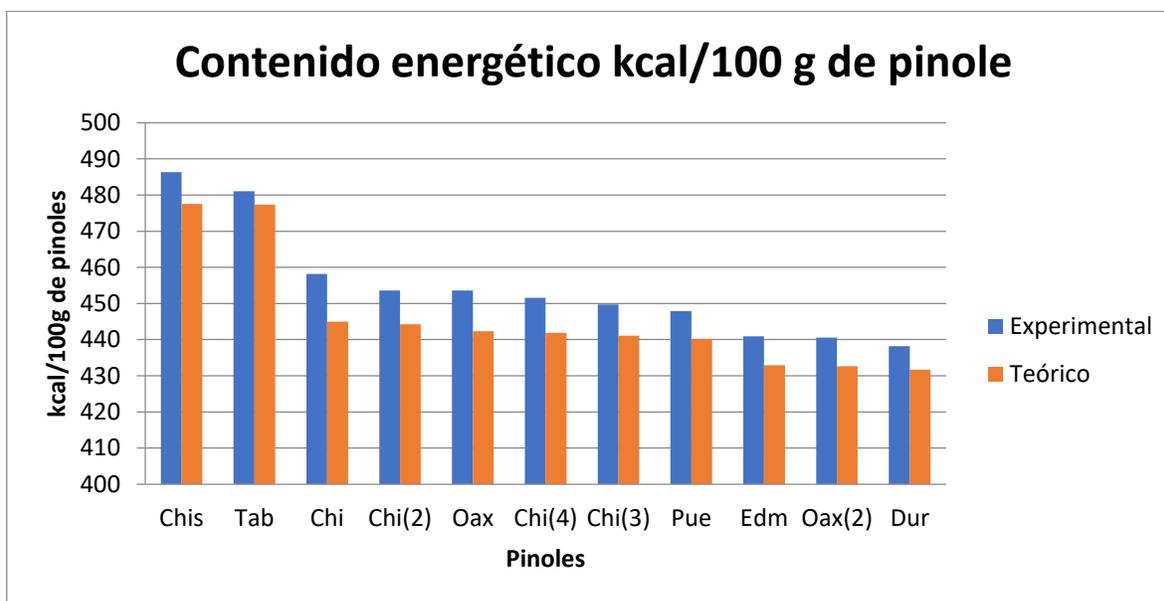
\*Se presenta el valor promedio ± desviación estándar (n=3) y CV<5.

Los anteriores resultados se presentaron considerando el contenido de fibra cruda, esto último debido a que la bomba calorimétrica hace una ignición de toda la materia orgánica y cuantifica este carbohidrato. Pero como se ha mencionado previamente, la fibra no es asimilable por el cuerpo humano, de manera que, para tener una cifra más adecuada a lo digerible por organismo humano se restó el promedio del contenido energético teórico aportado por la fibra cruda al contenido energético experimental de las muestras analizadas. En la **Tabla 10** se presentan dichos valores.

**Tabla 10.** Promedio de contenido energético teórico y experimental en Humanos en 100g muestra seca.

Clave	Experimental KJ/100 g base seca	Teórico KJ/100 g base seca
<b>Chis</b>	486.37 ± 2.24 <sup>a</sup>	477.38 ± 0.34
<b>Tab</b>	481.04 ± 8.80 <sup>a</sup>	477.57 ± 1.50
<b>Chi</b>	458.16 ± 4.01 <sup>bc</sup>	442.29 ± 0.78
<b>Chi(2)</b>	453.59 ± 5.21 <sup>bcd</sup>	441.09 ± 0.33
<b>Oax</b>	453.55 ± 2.67 <sup>bcd</sup>	441.91 ± 1.32
<b>Chi(4)</b>	451.57 ± 4.41 <sup>bcd</sup>	444.97 ± 1.45
<b>Chi(3)</b>	449.72 ± 4.50 <sup>bcd</sup>	444.29 ± 0.54
<b>Pue</b>	447.84 ± 1.10 <sup>bcd</sup>	432.91 ± 2.00
<b>Edm</b>	440.95 ± 12.69 <sup>bcd</sup>	432.63 ± 1.48
<b>Oax(2)</b>	440.54 ± 2.57 <sup>bcd</sup>	440.18 ± 1.80
<b>Dur</b>	438.20 ± 10.19 <sup>cd</sup>	431.65 ± 0.46

\*Se presenta el valor promedio ± desviación estándar (n=3) y CV<5



**Figura 3 (Gráfica de barras).** Promedio del contenido energético teórico y experimental en humanos.

En la siguiente etapa del análisis de varianza, se encontraron 4 grupos de pinoles. El primer grupo con diferencias significativas se encuentran las muestras **Chis** y **Tab**, la cuales tiene el mayor aporte calórico, resaltando que ambas tienen un alto contenido graso, y como se describió al comienzo del análisis, este macronutriente proporciona la mayor cantidad de energía y por tanto estas muestras presentan los contenidos energéticos de más altos.

Posteriormente, se encuentra el grupo más grande identificado con la letra **c**, que consta de nueve muestras; **Chi**, **Chi(2)**, **Oax**, **Chi(4)**, **Chi(3)**, **Pue**, **Edm**, **Oax(2)** y **Dur**, en el cual podemos notar que se encuentran pinoles como **Chi(3)** y **Oax(2)** que poseen una diversa composición y que reflejan no tener diferencias significativas en el contenido energético con los demás pinoles, incluso aquellos que contienen elementos más básicos como lo son **Chi** y **Chi(2)**. La causa de este resultado se atribuye a la proporción de los macronutrientes que suministran energía en estos pinoles; los de carbohidratos aportados principalmente por el maíz proporciona una cantidad de energía similar al de las proteínas, asimismo las grasas tiene valor energético superior, por tanto, los pinoles que contengan distintas proporciones de carbohidratos y proteínas, así como un bajo contenido graso no tendrán un contenido sustancial de energía.

Respecto a los grupos **b** y **d**, presentan un comportamiento similar a **c**, ambos grupos exhiben ocho muestras de características diversas y simples, en donde no se observan diferencias significativas pese a su heterogeneidad.

Tras analizar estos resultados, se destacan a los pinoles **Chis** y **Tab** que presentan diferencias significativas en el contenido energético, mostrándose como los más altos en este aspecto, resaltando que el cacao en estos pinoles incrementó su contenido graso y como consecuencia el aporte energético, de manera que se rechaza la hipótesis nula.

### 3.8 MINERALES

Las determinaciones que se realizaron para cuantificar el contenido de minerales se obtuvieron por duplicado y se presentan los resultados en la **Tabla 11**.

**Tabla 11.** Contenido promedio de minerales en mg/100g de muestra seca

Clave	Fe	Ca	K	Mg	Na
<b>Pue</b>	36±8.48	42±6.36	265±4.24	93.5±2.83	20±2.83
<b>Oax</b>	35±0	88±13.43	358.5±3.53	149±6.34	18±2.83
<b>Chi(4)</b>	34±1.41	34.5±5.66	301±24.04	123±9.19	16.5±0.70
<b>Chi(3)</b>	33.5±2.12	71.5±2.83	508±19.80	124.5±2.83	24±1.41
<b>Chis</b>	32±1.41	48±3.53	385±1.41	132.5±1.41	17.5±2.12
<b>Chi</b>	30±2.83	43.5±1.42	319±7.78	111±0.71	16.5±0.70
<b>Chi(2)</b>	27.5±9.19	31±4.95	261±5.66	89.5±5.66	17±4.24
<b>Oax(2)</b>	6.6±0.19	47.6±1.65	405±4.17	63.60±0.54	19.8±1.35
<b>Edm</b>	3.4±0.87	34.9±1.63	222.9±14.28	42±0.79	18.2±2.23
<b>Dur</b>	3.4±2.89	6.0±0.38	199.8±4.95	37.9±2.10	20.7±1.28
<b>Tab</b>	2.0±0.92	36.6±3.05	345±3.04	79.3±0.71	15.2±0.92

Como se puede observar en la tabla 11 la mayoría de los pinoles analizados poseen un contenido similar de hierro salvo las muestras **Oax(2)**, **Edm**, **Dur** y **Tab**, cuyo contenido es muy bajo. Respecto a este nutriente no se logra observar alguna tendencia en la composición de las muestras y el contenido de hierro, en el caso la muestra **Pue** cuya composición es simple tiene el mayor contenido de hierro y muestras como **Chi(3)** no difieren en gran medida

Referente al calcio, la muestra **Oax** y **Chi(3)** sobresalen por ser los de mayor contenido de este mineral. Por el contrario, el pinole **Dur** resultó ser el más bajo en contenido de calcio.

La muestra con mayor contenido de potasio fue el pinole **Chi(3)**, seguida de **Oax(2)**, estas dos últimas con el frijol y garbanzo como ingredientes en común, por lo que su adición pudo reflejarse en el contenido final de estos pinoles. Nuevamente el pinole **Dur** tuvo un contenido más bajo de este mineral.

Posteriormente, observamos que la muestra **Oax** fue la más alta en contenido de magnesio. Las muestras de provenientes del estado de Chihuahua **Chi**, **Chi(3)** y **Chi(4)** tienen un contenido similar de este mineral, lo que puede ser derivado del maíz que se comercializa en esa región. La muestra **Dur** tiene el menor contenido de este micronutriente.

En cuanto al sodio, la muestra **Chi(3)** presenta una concentración alta de este mineral, asimismo el pinole **Tab** presenta el nivel más bajo de sodio, no obstante se observa que en general las muestras analizadas tienen resultados similares en sodio.

Haciendo un análisis del contenido de minerales en todas las muestras estudiadas, podemos destacar a dos; **Oax**, cuyo contenido de elementos sobrepasa a un pinole tradicional mostrado en la **tabla 1** y por otro lado, la muestra **Chi(3)**, que también sobrepasa el contenido de minerales de este mismo pinole, exceptuando al calcio, que lo encontramos apenas unas unidades por debajo. Es de señalar que el pinole **Chi(3)** de igual forma cuenta con los valores más altos de potasio y sodio, destacando que el contenido de hierro, calcio y magnesio se encuentran entre los más altos.

Finalmente, se enfatiza que el contenido de nutrimentos inorgánicos está sujeto al tipo y cosecha del propio maíz, así como al contenido de minerales de la tierra donde fueron cultivados o de los distintos ingredientes que fueron utilizados en la preparación de los pinoles.

### 3.9 SÍNTESIS

En la **Tabla 12** se puede observar la caracterización fisicoquímica de los pinoles estudiados. Como se ha mencionado, la proteína es un factor importante para conocer el pinole con un mayor aporte nutrimental. Los más altos en este macronutriente son **Chi(3)** y **Oax(2)**, ambos con la particularidad de que les fue añadido frijol y garbanzo, no obstante el pinole **Chi(3)** de Chihuahua, tuvo de igual manera, uno de los mejores contenidos de nutrimentos inorgánicos estudiados.

A pesar de su simplicidad en la composición, la muestra **Oax** exhibió uno de los niveles más altos de proteína, sin embargo, su contenido energético no sobresale.

Por otra parte, se destaca al pinole **Chis**, que posee gran contenido de grasa cruda, contenido energético y proteico.

La muestra **Tab**, si bien posee un contenido de grasa cruda y energético destacable, su concentración de proteína es muy bajo, así mismo sus nutrimentos inorgánicos no sobresalen entre los demás pinoles, por el contrario, presenta el contenido más bajo de hierro y sodio, por lo anterior, su balance de nutrimentos es deficiente.

En lo que concierne a las muestras **Chi**, **Chi(2)** y **Chi(4)** de Chihuahua, no exhiben un contenido de energía o proteína particularmente elevado, por lo que no son las opciones ideales para seleccionar el pinole con el mejor perfil nutricional.

Las muestras con los resultados más deficientes fueron los pinoles **Dur**, **Edm** y **Pue**, que si bien presentan altos valores carbohidratos, su bajo balance contenido proteico y de minerales no los hacen la mejor opción.

**Tabla 12.** Resultados de la caracterización fisicoquímica en g/100g muestra seca.

Clave	Proteína	Grasa cruda	Carbohidratos	Fibra cruda	Cenizas
<b>Chi(3)</b>	12.80	4.81	77.29	3.00	2.09
<b>Oax(2)</b>	11.64	3.73	80.37	2.24	2.02
<b>Oax</b>	10.48	4.77	80.10	2.96	1.68
<b>Chis</b>	10.06	11.72	73.71	2.77	1.74
<b>Tab</b>	8.69	12.27	74.46	2.78	1.79
<b>Chi(2)</b>	8.65	4.75	82.58	2.69	1.34

<b>Chi</b>	8.38	5.64	81.25	2.60	2.13
<b>Chi(4)</b>	7.77	7.51	78.58	3.89	2.24
<b>Pue</b>	6.36	4.04	85.45	2.83	1.32
<b>Edm</b>	5.41	3.78	87.31	2.31	1.19
<b>Dur</b>	4.72	3.12	89.53	1.76	0.87

Finalmente, se destacan los pinoles **Chi(3)** que posee el contenido más alto de proteína, presentando diferencias significativas con las demás muestras, así mismo su contenido de hierro calcio y potasio fueron de los más altos, Asimismo se resalta a la muestra **Chis** que obtuvo uno de los contenidos energéticos más altos, mostrando diferencias significativas con los demás, igualmente su concentración de proteínas y de grasa cruda fueron de los más altos.

Por lo anterior, podemos decir que, de todas los pinoles analizados, las muestras **Chi(3)** y **Chis** son las que presentan mejor balance de nutrimentos.

A manera de ilustración y con el fin de comprender mejor los aportes de nutrientes en la muestra **Chi(3)**, es esencial conocer las recomendaciones de ingesta dietética (RDA). Estos valores dependerán del sexo, edad, estado fisiológico (como puede ser el embarazo, enfermedad, actividad física), entre otros. Si un hombre de entre 19 y 30 años, con 61.4 kg de peso y 1.67 m de altura consume 10 g del pinole **Chi(3)** (una cucharada), esta le proporcionará 2.2% de proteínas, 41.25% de hierro, 0.71% de calcio del consumo dietético recomendado y 1.56% de la estimación del requerimiento de energía, es importante señalar que si bien este alimento no cubren el consumo dietético recomendando pueden ser un complemento en la dieta, preparándose como una bebida, golosina o como más lo prefiera el consumidor.

#### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que:

- Todas las muestras estudiadas tienen un contenido de humedad menor a 6.98%, siendo la muestra de Puebla la que tiene un mayor porcentaje.
- El contenido de humedad de los once pinoles, no representa una condición para propiciar la proliferación de microorganismos, así mismo, no generan un defecto de calidad del alimento.
- Las muestras **Tab** y **Chis** son las que poseen el mayor contenido de grasa cruda, ambos incorporados con cacao por lo que este ingrediente modifica el contenido de la grasa cruda en el producto final. En relación la grasa cruda, la hipótesis nula debe ser rechazada.
- El pinole con mayor contenido de fibra cruda fue el de **Chi(4)** que contiene chía y amaranto, seguido de la muestra **Chi(3)**, ambos con el ingrediente amaranto.
- La muestra **Chi(4)** tiene el mayor contenido de fibra cruda, la chía, aumentó de manera significativa este carbohidrato, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.
- Los porcentajes de fibra cruda de las once muestras no son particularmente altos.
- Los pinoles **Chi(3)** y **Oax(2)**, tuvieron porcentajes más altos de proteína, ambos adicionados con frijol y garbanzo, presentando diferencias significativas con las demás muestras. Respecto a la proteína la hipótesis nula es rechazada.
- Para conocer más de la calidad proteica de estas muestras, sería necesario estudiar más sobre la disponibilidad de estas, así como su balance de aminoácidos.
- El pinole **Chi(4)** es el más alto en contenido de cenizas, particularmente la chía y el amaranto aumentaron de manera significativa este nutriente por lo que se rechaza la hipótesis nula.

- Los pinoles de **Dur**, **Edm** y **Pue** tuvieron el mayor porcentaje de carbohidratos, a todos ellos les fue adicionado azúcar, componente que vio aumentado significativamente los carbohidratos, por lo anterior se rechaza la hipótesis nula.
- Los pinoles con mayor contenido energético fueron los de **Chis** y **Tab**, estas dos muestras tuvieron un alto porcentaje de grasa cruda por la adición de cacao, lo que se ve reflejado en el aporte energético del pinole, de manera que se rechaza la hipótesis nula.
- El pinole de **Chi(3)** fue el que obtuvo un mayor contenido de potasio, adicionalmente, el contenido de hierro, calcio, magnesio y sodio fueron de los más altos, por tanto se considera que este pinole presenta el mejor balance de nutrimentos inorgánicos.
- Las muestras **Chi(3)** y **Chis** presentan los mejores balances de nutrimentos, Particularmente la muestra **Chi(3)** por su alto contenido en proteína, en el que mostro diferencias significativas, adicionalmente, obtuvo altos valores de nutrimentos inorgánicos. En el caso de la muestra **Chis**, se observaron notables diferencias en su contenido energético y de grasa cruda, destacándose por ser uno de los más altos. Asimismo, su contenido proteico también fue significativamente elevado en comparación con las demás muestras.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. (enero de 2020). *Reporte del mercado de maíz*. Recuperado de:  
[https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/cadena/2020/Reporte\\_mercado\\_maiz\\_200120.pdf](https://www.cima.aserca.gob.mx/work/models/cima/pdf/cadena/2020/Reporte_mercado_maiz_200120.pdf).
2. Aguirre Santos, Gómez-Aldapa. (2010). *Evaluación de las características fisicoquímicas en la especie de frijol Phaseolus Vulgaris de las variedades; pinto saltillo, bayo victoria y negro*. San Luis. XII Congreso Nacional de Ciencia y tecnología de alimentos. Consultado el 1 de febrero 2021 en:  
[https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI\\_FisicAlim/Carlos\\_Aldapa/4.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI_FisicAlim/Carlos_Aldapa/4.pdf)
3. Alvarado Casillas, Sergio; González Bernal, Víctor Manuel; Ibarra Sánchez, Lidia Susana; Viveros Ibarra, Lidia Susana. *Propiedades del pinole, alimento tradicional elaborado de maíz y su relación en la seguridad alimentaria en México*. Edúcate con ciencia, vol. 12.
4. Aserca. (19 de enero de 2018a). *¿Conoces el origen del maíz?*  
<https://www.gob.mx/aserca/articulos/conoces-el-origen-del-maiz?idiom=es>.
5. Aserca. (23 de agosto de 2018b). *Maíz grano cultivo representativo de México*.  
<https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es>.
6. Asturias, Miguel Ángel. (2004). *Maíz de alimento sagrado a negocio de hambre*. Consultado el 13 de junio del 2019 en:  
[http://www.rallt.org/PUBLICACIONES/maiz\\_alimento%20sagrado.pdf](http://www.rallt.org/PUBLICACIONES/maiz_alimento%20sagrado.pdf).
7. Badui Dergal. Salvador. (2006). *Química de los alimentos*. México. Pearson. p. 229.
8. Baeza, M.L. (2021). Seguridad Alimentaria. Consultado el 3 de octubre del 2021 en: <https://nutriologosdejalisco.org.mx/category/uncategorized/>
9. Barberena Rioseco, Cristina; Camacho Prudente, José Ángel; Hernández Franco, Daniel; Vera Llamas, Hadid. *Desnutrición infantil y pobreza en México [versión electrónica]*. Cuadernos de desarrollo Humano, 2003.

10. Bernal, Irma; Jacinto, Carmen; Lozano, Olaydes; Rebolledo, Hugo; Solórzano, Esteban. (mayo-agosto, 2008). *“Pinole” de alto valor nutricional obtenido a partir de cereales y leguminosas*. Ra Ximhai, vol. 4, no. 2, pp. 283-294.
11. Bianco, Hugo; Capote, Tarcisio; et al. (2014). *Determinación de humedad en harina precocida de maíz blanco utilizando un horno de microondas doméstico*. Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel Sitio. Consultado el 1 de febrero de 2021 en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-04772014000200004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772014000200004).
12. Bowman, Barbara A.; Russell, Robert M. *Conocimientos Actuales de nutrición*. Washington D.C. 8<sup>va</sup> ed., 2003, pp. 3-34.
13. Bye Boettler, Robert A.; Kato, Takeo; Mapes, Cristina, Mera Obando, Luz Ma.; Serratos Hernández, José A. (2009). *Origen y diversificación del maíz. Una mirada analítica*. México. UNAM.
14. Carrasco, María del Refugio; Chávez, Adolfo; Ortiz, Luis; Roldán, José Antonio. (22 de febrero de 2016). *Desnutrición y desarrollo cognitivo en infantes de zonas rurales marginadas de México*. Gaceta Sanitaria. Consultado en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S021391111600011X?token=9866DD20FB1DB48BD9CBD87743EE978D0CF84AD9CB46EA01DD55B3C3B2E18850E9271976F5413C4B0105E615DC7E9ABD>.
15. Carrillo, César. (octubre-marzo, 2009). *El origen del maíz, naturaleza y cultura en Mesoamérica*. Ciencias, 92-93, pp. 4-13.
16. Chávez, A.; Mendoza, E.; Castro, M.; Sanchez, C. (2014). *Tablas de uso práctico de los alimentos de mayor consumo*. Editorial Mc Graw Hill.
17. Conabio. (2020). *Maíces*. Consultado el 26 de enero de 2021 en <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices>.
18. Conacyt. (2019). *Maíz*. Consultado el 26 de enero de 2021 en <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/maiz>
19. CONEVAL. (s/f). *Medición de la pobreza*. Consultado el 26 de enero de 2021 en: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobrezalncio.aspx>.

20. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (s.f.). *Medición de la pobreza*. Consultado el 27 de enero de 2021 en: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezalInicio.aspx>.
21. Delgado, Sandra. (28 de octubre de 2019). *México, primer consumidor de refrescos en el mundo*. Gaceta UNAM. Consultado el 27 de enero de 2021 en: <https://www.gaceta.unam.mx/mexico-primer-consumidor/#:~:text=De%20acuerdo%20con%20datos,segundo%20lugar%20con%20118%20litros>.
22. Diario de Yucatán. (27 de octubre de 2013). *Del pinole a una sabrosa bebida de maíz*. Consultado en: <https://web.archive.org/web/20140820133515/http://yucatan.com.mx/mexico/del-pinole-a-una-sabrosa-bebida-de-maiz>.
23. Diccionario gastronómico. *Pinole*. Consultado el 27 de enero de 2021 en: [laroussecocina.mx](http://laroussecocina.mx).
24. Egan, Harold; Kirk, Ronald S.; Sawyer, Ronald. (1996). *Composición y análisis de alimentos*. México. Pearson. 2ª ed., pp. 9-53.
25. FAO. (s/fa) *El maíz en la nutrición humana*. Departamento de Agricultura. Consultado el 26 de enero del 2019 en: <http://www.fao.org/docrep/t0395s/t0395s03.htm>.
26. FAO. (s/fb). *Estadísticas sobre seguridad alimentaria*. Consultado el 27 de enero de 2021 en: <http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/es/>.
27. FAO. (s/fc). *Macronutrientes: carbohidratos, grasas y proteínas*. Consultado en: <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0d.htm>.
28. FAO. (s/fd). *Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe*. 2013. Consultado el 26 de enero del 2019 en: <http://www.fao.org/docrep/019/i3520s/i3520s.pdf>.
29. FAO. (3 de diciembre de 2020). *Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales*. Consultado en: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>.
30. FAO, GISAMAC, Instituto Nacional de Salud Pública, OPS, UNICEF. (s.f.). *Prevención de mala nutrición en niñas y niños en México ante la pandemia de*

- COVID-19. Consultado el 27 de enero de 2021 en: [https://www.insp.mx/resources/images/stories/2020/docs/200721\\_posicionamiento\\_conjunto\\_nutricion\\_covid19\\_1.pdf](https://www.insp.mx/resources/images/stories/2020/docs/200721_posicionamiento_conjunto_nutricion_covid19_1.pdf).
31. Fennema, Owen; Tannenbaum, Steven. (s.f.). *Química de los alimentos*. Consultado en: <https://sceqa.files.wordpress.com/2014/05/quc3admica-de-los-alimentos-fennema.pdf>.
  32. FIRA. *Panorama agroalimentario*. 2016. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama\\_Agroalimentario\\_Ma\\_z\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf).
  33. Fuentes López, Luis. (2012). *Comparación de Cualidades Nutricionales de Once Variedades de Maíz*. Tesis de ingeniería. Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ciencia Animal.
  34. García Méndez, Susana. (2004). *Estudio nutricional y evaluación biológica de tortillas de maíz elaboradas por diferentes métodos de procesamiento*. Tesis de maestría. Querétaro. Instituto Politécnico Nacional.
  35. Global Nutrition Report. (2020). *Mexico*. Consultado el 27 de enero de 2021 en: <https://globalnutritionreport.org/resources/nutrition-profiles/latin-america-and-caribbean/central-america/mexico/>.
  36. Guerrero, María Itzel. *Hijos del maíz cultivo de antaño, herencia cultural*. Disponible en: <https://www.sepi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/hijos-del-maiz-web.pdf>.
  37. Györi, Z. (2010). *Corn: characteristics and quality requirements*. Hungría. University of Debrecen Center for Agricultural and Applied Economic Sciences.
  38. Hajieva, F.S.; Hajiev, K.; Ignat'yev, V.L.; Kerimov, K. *Advances in experimental thermochemistry. A modern bomb calorimeter*. The Journal of Chemical Thermodynamics, 12, pp. 509-519.
  39. Hernández X., E.; Roberts, L.M.; Wellhausen, E.J.; Mangelsdorf, P.C. (1951). *Razas de maíz en México, su origen, características y distribución*. México. Secretaría de agricultura y ganadería de México.

40. Instituto Nacional de Estadística y Geografía; Instituto Nacional de Salud; Secretaría de Salud. (2020). *Encuesta Nacional de Salud 2018-19. Resultados nacionales* (Ensanut). México: Instituto Nacional de Salud Pública.
41. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (27 de enero de 2020). *Resultados del módulo de práctica deportiva y ejercicio físico 2019*. [Comunicado de prensa]. Consultado el 27 de enero de 2021 en: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/EstSociodem/mopradef2020.pdf>.
42. Instituto Nacional de Salud Pública. (2018). *La obesidad en México. Estado de la política pública y recomendaciones para su prevención y control*. México: Instituto Nacional de Salud Pública.
43. Iñárritu, M.C.; Vega, L. (2010). *Fundamentos de nutrición y dietética*. Editorial Pearson.
44. Jiménez, Paula; Masson S., Lilia; Quitral R., Vilma. (2013). *Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega*. *Revista Chilena de Nutrición*, vol. 40, no. 2, junio de 2013. Consultado el 1 de febrero de 2021 en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v40n2/art10.pdf>.
45. Littaye, Alexandra. (27 de octubre de 2015). *The role of the Ark of Taste in promoting pinole, a Mexican heritage food*. *Journal of Rural Studies*. Consultado en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0743016715300309>.
46. Mansilla, Pablo. (2018). *Evaluación del valor nutricional de maíces especiales (Zea mays L.): selección para calidad agroalimentaria*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Córdoba.
47. Mapes Sánchez, Emma Cristina. (julio-septiembre 2015). El amaranto. *Ciencia*. 9-15. Consultado en: [http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66\\_3/PDF/Amaranto.pdf](http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Amaranto.pdf).
48. Robles S. *¿Qué es la fibra dietética?* Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Instituto Nacional de Salud. Consultado en:

[https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/834/BOLETIN-2001-ene-oct-13-](https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/834/BOLETIN-2001-ene-oct-13-14.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20concepto%20actual%20es%20el,completa%20en%20el%20intestino%20grueso.)

[14.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20concepto%20actual%20es%20el,completa%20en%20el%20intestino%20grueso.](https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/834/BOLETIN-2001-ene-oct-13-14.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20concepto%20actual%20es%20el,completa%20en%20el%20intestino%20grueso.)

49. Romero, Guadalupe. (28 de enero de 2020). *Obesos y sedentarios más de la mitad de los mexicanos*. Diario ContraRéplica. Consultado el 27 de enero en: <https://www.contrareplica.mx/nota-Obesos-y-sedentarios-mas-de-la-mitad-de-los-mexicanos202027111>.
50. Saldaña Figueroa, María Irene. *La producción de maíz en México con énfasis en el estado de Guanajuato*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria. 2012.
51. Sánchez-Herrera, Marissa. (2014). *Comparative study on the nutritional and antioxidant properties of two Mexican corn (Zea mays) based meals versus processed cereals*. Centro Universitario de los Lagos (Universidad de Guadalajara). Jalisco, México. Consultado el 1 de febrero de 2021 en: <http://ve.scielo.org/pdf/alan/v64n2/art06.pdf>.
52. Sawyer, R.; Kirk, S.R.; Egan, H. (1996). *Composición y Análisis de Alimentos de Pearson*. Editorial Continental.
53. Secretaría de Salud. (2008). NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. Ciudad de México, México.
54. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Consultado el 29 de enero del 2019 en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
55. Shamah-Levy, Teresa; Amaya Castellanos, Maritza Alejandra; et al. (2015). *Desnutrición y obesidad: doble carga en México* [versión electrónica]. Revista digital universitaria.

56. Téllez, José. (noviembre de 2019). *Revalorización de un alimento tradicional prehispánico (pinole) de una comunidad de la región mazahua, Estado de México*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.
57. UNICEF México. (s/fa). #RemontemosElMarcador a Favor de la Infancia. Consultado el 27 de enero de 2021 en: <https://www.unicef.org/mexico/remontemoselmarcador-favor-de-la-infancia#:~:text=La%20ni%C3%B1ez%20y%20adolescencia%20en%20M%C3%A9xico&text=Nutrici%C3%B3n%3A%20M%C3%A9xico%20ocupa%20el%20primer,5%20a%C3%B1os%20padecen%20desnutrici%C3%B3n%20cr%C3%B3nica>.
58. UNICEF México. (s/fb). *Desnutrición infantil*. Consultado el 27 de enero de 2021 en: <https://www.unicef.org/mexico/desnutrici%C3%B3n-infantil>.
59. UNICEF México. (s/fc). *Salud y nutrición*. Consultado el 27 de enero de 2021 en: <https://www.unicef.org/mexico/salud-y-nutrici%C3%B3n>.
60. Vargas, Rosa. (30 de marzo de 2020). *Predominan sobrepeso y mala alimentación en 70% de adultos*. La Jornada, p. 7.
61. Vega, Franco Leopoldo; Iñárritu Pérez, María del Carmen. (2010). *Fundamentos de nutrición y dieta*. México. 1ª ed., pp. 26-27, p.65-87.
62. Vélez Ochoa, Martha Patricia. (1989). *Composición química y valor nutritivo calórico de diversos alimentos a base de maíz*. Tesis de licenciatura. UNAM.
63. Villanueva, Dora. (16 de junio de 2020). *México, el país con mayor obesidad de AL: OCDE*. La Jornada. Consultado el 27 de enero de 2021 en: <https://www.jornada.com.mx/ultimas/economia/2020/06/16/mexico-el-pais-con-mayor-obesidad-de-al-ocde-4377.html>.
64. Zumbado Fernández. (2004), *Análisis Químico de los Alimentos Métodos Clásicos*. Instituto de Farmacia y Alimentos Universidad de la Habana.