



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**“CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS PARA CONSUMO  
ANIMAL EN EL VALLE DE CUAUTITLÁN-TEXCOCO”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**PRESENTA**

**ITZEL ANGÉLICA JIMÉNEZ BASILIO**



**CDMX.**

**AÑO 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** Profesor: MARIA AMANDA GÁLVEZ MARISCAL  
**VOCAL:** Profesor: ARMANDO CONCA TORRES  
**SECRETARIO:** Profesor: CAMACHO MORFÍN DENE B  
**1er. SUPLENTE:** Profesor: ADRIANA VEGA PEREZ  
**2° SUPLENTE:** Profesor: MIGUEL ANGEL HERNANDEZ VALDEPEÑA

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:** LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA,  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN CAMPO 4, UNAM.

### **ASESOR DEL TEMA:**

Dra. DENE B CAMACHO MORFÍN

### **SUPERVISOR TÉCNICO:**

Q.B. LILIAN MORFÍN LOYDEN

### **SUSTENTANTE:**

ITZEL ANGÉLICA JIMÉNEZ BASILIO

## INDICE.

1. INTRODUCCIÓN.	1
1.2 Hipótesis	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
2. MARCO TEÓRICO.	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1 Estrategia experimental	
3.2 Recolección de muestras	
3.3 Identificación y clasificación de materias primas	
3.4 Composición química	
3.4.1 Humedad total	
3.4.2 Cenizas totales	
3.4.3 Proteína cruda	
3.4.4 Extracto etéreo	
3.4.5 Fibra cruda	
3.5 Características microscópicas	
3.6 Pruebas microquímicas	
3.7 Peso específico	
3.8 Análisis estadístico	
4. RESULTADOS	19
5. DISCUSIÓN	45

5. CONCLUSIONES	53
6. BIBLIOGRAFÍA	54

## 1. INTRODUCCIÓN.

En el Valle Cuautitlán-Texcoco persiste producción pecuaria sobre todo de pequeños productores, en la cual se requieren alimentos para su buen funcionamiento. En este sentido, es importante señalar que por concepto de alimentación los gastos varían desde un 60 % hasta un 90 % de los costos de producción (Shimada, 2017), por lo que cualquier cambio en los alimentos repercutirá en los costos de producción, de ahí que la calidad de los alimentos es fundamental (Derner, et al., 2017). Asimismo, la información sobre las características de los alimentos en la zona es pobre y los pocos estudios que existen en este sentido son escasos y datan de hace más de treinta años (Maynard, 1981), de ahí que esta investigación contribuiría a identificar las materias primas que están disponibles y describir su calidad.

### 1.2 HIPÓTESIS.

Si las materias primas utilizadas en la alimentación animal provienen de diferentes zonas geográficas, variedades, especies y prácticas en su comercialización, entonces difieren en sus características nutricionales ya que estos factores afectan sus características.

### 1.3 OBJETIVOS.

#### 1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Evaluar las características químicas y microscópicas de materias primas para consumo de monogástricos y rumiantes en el Valle de Cuautitlán- Texcoco, con el fin de contar con información actualizada sobre la calidad de dichas materias.

#### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Identificar las materias primas para consumo de monogástricos y rumiantes comercializadas en el Valle Cuautitlán Texcoco.
- Clasificar las materias primas identificadas de acuerdo con la clasificación NRC (Nacional Research Council).
- Determinar las características químicas de las materias primas para consumo de monogástricos y rumiantes de la zona mediante el análisis químico proximal.
- Describir las características microscópicas de las materias primas localizadas en la zona, en términos de partes morfológicas y anatómicas, así como de otros elementos que las conformen.

## 2. MARCO TEÓRICO.

### 2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS PARA CONSUMO ANIMAL.

Los alimentos para consumo animal se pueden clasificar de diferentes formas; sin embargo, por la función que pudieran tener en el contexto de una ración balanceada es conveniente agrupar a los alimentos de acuerdo a su potencial. En este sentido la clasificación NRC (Nacional Research Council) (cuadro 2.1) es una alternativa, ya que los alimentos se pueden agrupar con base en sus características químicas, en general, lo que permite tener una idea de su potencial (Caravaca, 2005).

### 2.2 EVALUACIÓN DE LOS ALIMENTOS PARA CONSUMO ANIMAL.

La calidad de los alimentos para consumo animal, abarca las características organolépticas, microscópicas y químicas (Rivera, 2017). En el caso de la primera, es fundamental porque de ella depende la aceptación o rechazo de dicha materia prima, las últimas definen más específicamente la calidad del alimento

#### 2.2.1 ANÁLISIS QUÍMICO.

La calidad de los alimentos depende de su contenido nutricional y un estándar de calidad que se emplea es el análisis químico proximal, el cual consta de seis fracciones: humedad total, ceniza, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno (Merizalde & Brito, 2005).

Cuadro 2.1 Clasificación NRC.

Código	Clase	Características	Alimentos típicos Ejemplos
1	Forrajes secos	Más de 18% de Fibra cruda y bajo contenido de humedad.	Pajas, cascarillas y henos.
2	Forrajes húmedos	Más de 18% de Fibra cruda y alto contenido de humedad.	Plantas y pastizales.
3	Ensilados	-	Ensilados de gramíneas.
4	Alimentos energéticos	Menos del 20% de proteína cruda, menos del 18% de fibra cruda, alto contenido de extracto libre de nitrógeno y/o extracto etéreo.	Granos de cereales, subproductos de la molienda seca de los granos de cereales, frutos y sus subproductos, raíces y tubérculos, melazas, semillas, sebos y aceites.

Cuadro 2.1 Clasificación NRC (continuación).

5	Suplementos proteicos	Contienen más de 20% de proteína cruda, sin límite de fibra cruda.	Suplementos proteicos de origen animal, suplementos proteicos de origen vegetal, suplementos proteicos de origen unicelular, nitrógeno no proteico, excretas (pollinazas, pavazas, cerdaza, etc.), no convencionales (insectos, moluscos, etc.).
6	Suplementos minerales		Sulfato de cobre, carbonato de calcio, cloruro de sodio
7	Suplementos vitamínicos		Sustancias naturales o puras.
8	Aditivos		Antibióticos, pigmentos, edulcorantes, saborizantes, prebióticos, probióticos, hormonas, medicamentos, entre otros.

---

Fuente: Crampton y Harris (1978).

Las ventajas de este esquema de análisis es que permite conocer en forma global las características químicas de los alimentos, es barato y rápido en comparación a un análisis detallado de un alimento (Nájera, 2015).

Sin embargo, este esquema presenta las siguientes limitantes:

- En la determinación de humedad, además de agua también se pierden todas las sustancias volátiles, como los ácidos grasos volátiles, lo cual tiende a incrementar el valor del contenido de agua perdida.
- La determinación de cenizas, no permite identificar los diversos minerales. tampoco es indicativa de la biodisponibilidad de los minerales.
- La determinación de proteína cruda no identifica si se trata de nitrógeno proveniente de proteína o de nitrógeno no proteico, como urea. Por lo tanto, introducirá un error mayor en el valor de proteína verdadera, conforme aumente el porcentaje de nitrógeno no proteico. Además, no todas las proteínas tienen 16 g de nitrógeno por cada 100 g de proteína, por lo que el factor 6.25 tiene, limitaciones.
- El extracto etéreo, que es la estimación de lípidos, en el caso de alimentación animal los compuestos más importantes por la energía en el organismo son las grasas, las cuales son altamente disponibles para los animales; sin embargo, también en esta fracción también están presentes ceras y pigmentos (clorofila y carotenos), los cuales no se aprovechan para energía. De ahí que se sobrestime éste parámetro.
- La fibra cruda se subestima, debido a que la hemicelulosa, la celulosa y la lignina se descomponen parcialmente en la digestión ácida y alcalina; por un

lado y por otro, estos compuestos tienen diferente grado de aprovechamiento en los rumiantes.

- El extracto libre de nitrógeno indica el contenido de azúcares y almidones, se calcula por diferencia, por lo cual acumula las limitantes de los otros métodos (McDonald, 2013; Cuesta, 2014).

Desde el punto de vista nutricional, la información que da el análisis químico proximal ayuda en la formulación de dietas como fuente de proteína o energía. Así también es utilizada como un control para verificar que los alimentos cumplen con los contenidos que se esperaría de ellos y con los cuales se formularían las (Fonseca, et al., 2018).

### 2.2.2 ANÁLISIS MICROSCÓPICO.

Dentro de los tipos de análisis que se aplican a los alimentos se encuentra el análisis físico, dentro del cual está comprendido el análisis microscópico, el cual puede llevarse a cabo con microscopio compuesto o con microscopio estereoscópico; en el primer caso se pueden identificar las células típicas de los ingredientes (alimentos) de una ración balanceada; en el segundo se identifican partículas, partes anatómicas, partes morfológicas, de los ingredientes (alimentos) ya sea de una ración o de un alimento individual (Fernández, 2009). En general, cuando se habla del análisis microscópico de un alimento se refiere a una determinación cualitativa, donde se va a observar que el alimento posea las partículas propias que conforman el alimento, y su utilidad radica en la identificación de partículas extrañas, las cuales indique adulteración del mismo (Fernández, 2009).

La microscopia constituye un medio rápido y efectivo para evaluar la calidad de los alimentos, además proporciona información que complementa al análisis químico. (Roser & Barroeta, 2016).

### 2.3 SUBPRODUCTOS INDUSTRIALES EN ALIMENTACIÓN ANIMAL.

La alimentación es el factor que mayor impacto ejerce sobre los costos de producción y el precio de las materias primas está sometido a cambios continuos, que no se pueden controlar o prever; por ello los productores buscan alternativas para reducir el costo de alimentación sin disminuir los rendimientos productivos (Núñez, 2017).

Entre las alternativas que existen es la utilización de subproductos y residuos procedentes de la industria alimentaria para humanos.

#### 2.3.1 RESIDUOS DE GALLETERÍA Y PANADERIA.

Son subproductos de la industria que proceden del reciclado de productos para la alimentación humana. Su componente base es la harina de trigo y son considerados fuentes de energía dado su contenido de carbohidratos y grasa (San Martín, et al., 2016). Su composición y valor nutricional es variable ya que depende del tipo de galletas o pan y las condiciones del proceso.

Los residuos de la industria galletera y de panificación pueden provenir, ya sea material rechazado por el sistema de control de calidad de la industria o bien de productos próximos a caducar, en el caso de los últimos al ser material empacado, la envoltura se separa por métodos manuales (FEDNA, 2019).

### 2.3.2 RESIDUOS DE FRITURA DE MAÍZ.

Al igual que el residuo de galletería es un subproducto de la industria alimentaria, su componente base es el maíz, y se considera un alimento energético por su contenido de carbohidratos y un elevado contenido de grasas absorbidas durante su elaboración (Hase & Linares, 2018).

### 2.3.3 PERICARPIO DE MAÍZ.

El pericarpio de maíz es la parte estructural externa del grano que lo recubre y ocupa aproximadamente 25% de este (Pérez, 2016).

El pericarpio como subproducto industrial puede provenir por dos vías: la primera de la industria de elaboración de harina para tortillas y es obtenido después del lavado del nixtamal (Yáñez, 2015). La segunda, como un subproducto de la molienda seca para obtención de almidón de maíz, proceso que comprende de procesos físicos destinados al desprendimiento, separación y rotura de las partes del grano: endospermo, germen y pericarpio. La molienda seca comienza con la limpieza del grano, que una vez limpio pasa a través del molino y se elimina el pericarpio (Loy & Lundy, 2019)

Las características químicas del subproducto llamado pericarpio son distintas, según la vía de la cual provenga.

### 2.4.4 SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL.

Los subproductos de origen animal están constituidos por los cuerpos enteros o partes de animales o productos de origen animal no destinados al consumo humano, que pasan a consumo animal una vez que son tratados, ya que poseen

una composición importante donde destaca su valor nutritivo, estos son utilizados en presentación de harinas como son: harina de sangre, harina de pescado y harinas de carne, ya sea de res o de pollo.

El proceso de obtención de harina de sangre comienza con un tamizado de la sangre líquida para eliminar impurezas (pelos, arena, etc.), y pasa un depósito precedente de la zona de sacrificio, mediante un sistema de bombeo pasa a un coagulador con inyección de vapor para conseguir una coagulación a 90°C, la sangre coagulada pasa a un decantador centrifugo donde se separan dos fases: sangre deshidratada y suero sanguíneo.

El suero pasa a un depósito antiespumante para su posterior tratamiento. La sangre pasa a un secador para convertirse en harina (Fajardo & Alonso, 2016).

El proceso de obtención de harina de pescado y harina de carne, comienza con la recepción de pescado o carne no aptos para el consumo humano y/o desperdicio, la materia prima entra en una fase de cocción, que principalmente se calienta con vapor, luego es trasladado a unos coladores donde se separa el líquido de la parte sólida para pasar a una fase de deshidratación y prensado del pescado o carne. En el prensado se recupera el aceite, la masa que se forma durante el prensado se transporta un secador continuo donde se retienen por un lapso de 6 a 8 minutos con una temperatura cercana a los 90°C. Luego de este proceso se pasa al molino, donde se trituran todas las espinas, huesos y pedazos grandes para obtener una harina con una granulometría homogénea (Cruz, 2016).

### 2.3.5 PASTA DE SOYA Y PASTA DE CANOLA.

Son subproductos del proceso para la obtención de aceite, este se puede obtener por prensado, por extracción con solventes o la combinación de ambos (Fornasari, et al., 2017).

En el caso específico tanto de la semilla de canola como la de soya lo común es que se sometan a prensado y posteriormente a extracción con solvente, para separar el aceite de la pasta. Este proceso comienza con la remoción de las impurezas, la semilla limpia se acondiciona a una temperatura de 35°C para prevenir la ruptura en el descamado, el objetivo del descamado es romper las paredes celulares sin dañar el aceite, este proceso se realiza con rodillos ajustados para romper la cáscara de la semilla. Las hojuelas se acondicionan pasándolas por una serie de rodillos calentados a vapor, la cocción sirve para disminuir la viscosidad del aceite, la semilla cocida se prensa en una serie de prensas de tornillos, el objetivo del prensado es remover de 50-60% del contenido de aceite de la semilla, se utiliza una extracción por solvente para extraer el resto del aceite. Por último, el solvente se filtra a través de la pasta y se remueve inyectando vapor a la pasta, proceso conocido como tostado, la pasta se enfría, se seca para llevarla a una humedad de aproximadamente 12% y se muele para tener una consistencia uniforme (Bauza, et al., 2018).

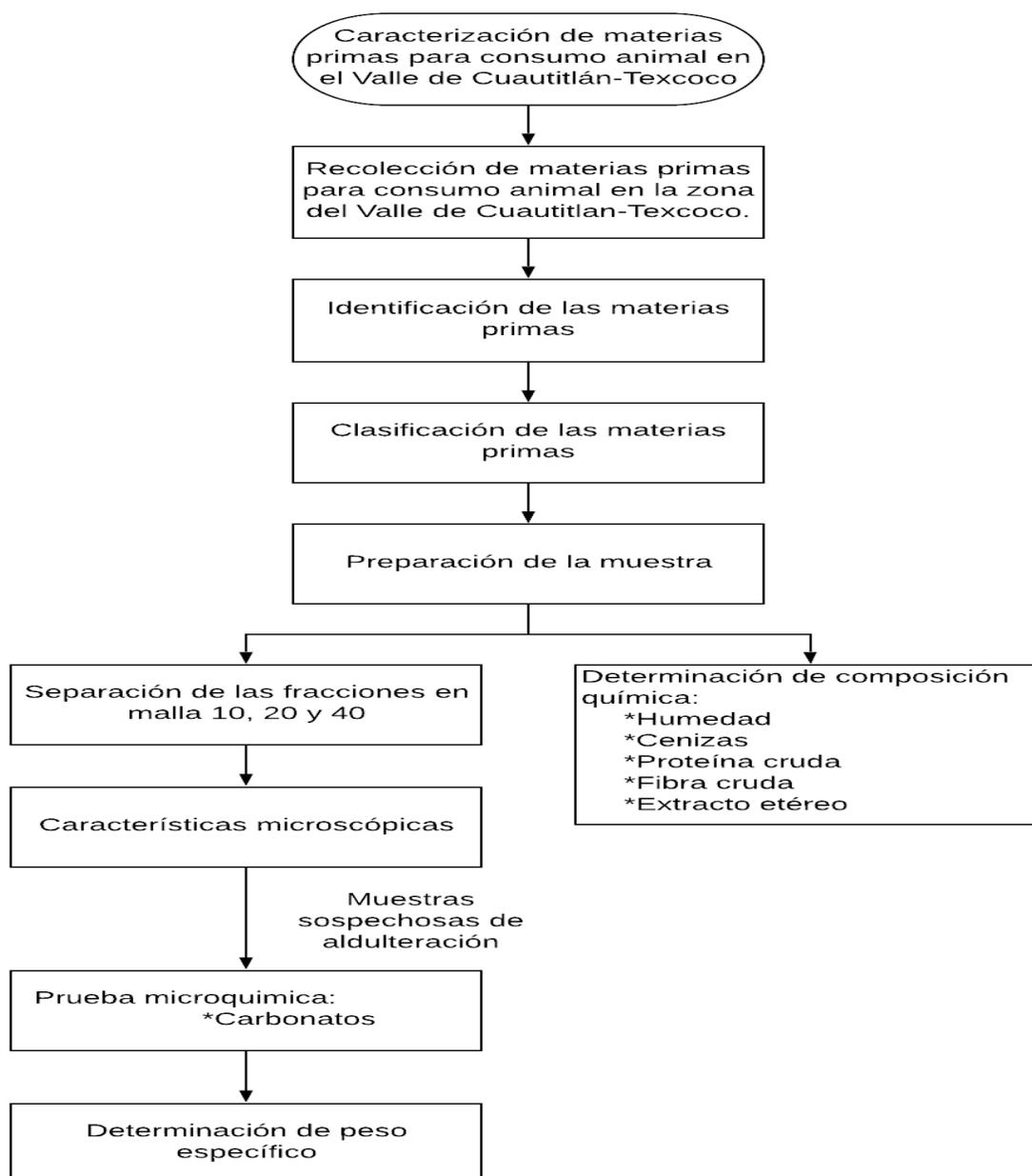
Las pastas son subproductos altos principalmente en proteína, aunque poseen un contenido relativamente alto en carbohidratos. La pasta de soya contiene alrededor de un 45% de proteína y la pasta de canola cerca del 35% (Barboza, 2016).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1 ESTRATEGIA EXPERIMENTAL.

La figura 3.1 muestra la estrategia experimental que se empleó en la caracterización de materias primas en el Valle de Cuautitlán-Texcoco.

Figura 3.1 Estrategia experimental empleada en la caracterización de materias primas en el Valle de Cuautitlán-Texcoco.



### 3.2 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.

La recolección de muestras se realizó en el periodo comprendido de enero 2018 a marzo del 2019; para lo cual se ubicaron puntos de venta en los municipios de Cuautitlán, Hidalgo, Naucalpan, Teoloyucan, Teotihuacán, Tequixquiac y Zumpango en la zona del Valle de Cuautitlán-Texcoco. En cada uno de dichos sitios se obtuvieron materias primas disponibles en la zona y de cada una de ellas se recolectaron entre 1.5-2.0 Kg. Las muestras se llevaron al Laboratorio de Bromatología de la FES-Cuautitlán UNAM, para su posterior análisis. Cada muestra se dividió en dos submuestras, la primera de éstas últimas se molió en un molino de Wiley a 1 mm para su análisis químico y se almacenaron en bolsas plástico (Morfín, 2019), la segunda se destinó para el análisis microscópico.

### 3.3 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS.

Las muestras recolectadas se identificaron con el nombre que el productor proporcionó, así como el lugar donde fueron adquiridas y la fecha de muestreo.

Las muestras se clasificaron de acuerdo con la clasificación NRC (Molina, et al., 2011).

### 3.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA.

Se determinó la composición química de las muestras conforme al esquema del análisis químico proximal, mediante las metodologías propuestas por la AOAC (AOAC, 2005). Cada determinación se analizó por triplicado.

#### 3.4.1 HUMEDAD TOTAL (925.09 AOAC).

A cada muestra se le determinó humedad total. Para ello se pesaron de 2 a 3 g de muestra en una caja de aluminio con tapa (previamente pesada después de tenerlo a peso constante durante 2h a  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ). Se secó la muestra en la estufa durante 2h a  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Se retiró de la estufa, se dejó enfriar en el desecador y se pesó. El porcentaje de humedad total se calculó a partir de la siguiente ecuación.

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{g de humedad}}{\text{g de muestra}} * 100$$

#### 3.4.2 CENIZAS TOTALES (AOAC 923.03).

A cada muestra se le determinó el contenido de cenizas totales. Se pesó aproximadamente 1g de la muestra en un crisol de porcelana (previamente pesado después de tenerlo a peso constante 2h a  $550 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ). Se calcinó la muestra con un mechero en la campana hasta que no se desprendían humos y posteriormente se metió a la mufla durante 2h a  $550 \pm 5^{\circ}\text{C}$  procurando que no rebasara dicha temperatura, por último, se retiró de la mufla, se enfrió en desecador y se pesó. El porcentaje de cenizas totales se calculó a partir de la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Cenizas totales} = \frac{\text{g de cenizas}}{\text{g de muestra}} * 100$$

### 3.4.3 PROTEÍNA CRUDA (954.01 AOAC).

A cada muestra se le determinó proteína cruda por método de Kjeldahl. Se pesó de 1 a 1.5 g de la muestra, y se colocó en un matraz Kjeldahl de 800mL, se adicionaron 10 g de mezcla catalizadora y 25mL de ácido sulfúrico. Se colocó el matraz en la parrilla del digestor para digerir durante 1h, una vez que la solución se tornó en una coloración verdosa se suspendió el calentamiento y se dejó enfriar. Se adicionaron lentamente por las paredes del matraz 250mL de agua destilada. Por otro lado, se colocaron 65mL de ácido bórico con dos gotas de solución indicadora en un matraz Erlenmeyer de 500mL y se colocó bajo el refrigerante del destilador con el tubo colector sumergido dentro de la solución de ácido bórico.

Al matraz Kjeldahl se adicionaron aproximadamente 10 a 15 piedras de ebullición previamente tratadas con NaOH, inmediatamente se adicionaron lentamente y por las paredes del matraz de Kjeldahl 110mL de NaOH al 40% de tal manera que se formen dos capas. Se conectó el matraz al destilador e inició el calentamiento. Se destilo hasta que se recolectaron aproximadamente 250mL en el matraz Erlenmeyer y se tituló el amoníaco recolectado con una solución de HCL 0.0993N. El porcentaje de proteína cruda se calculó a partir de la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Nitrógeno total} = \frac{\text{mL de HCl} * \text{N de HCl} * \text{Miliequivalentes de nitrógeno}}{\text{g de muestra}} * 100$$

% Proteína cruda= % de nitrógeno \* factor de proteína (6.25)

#### 3.4.4 EXTRACTO ETÉREO (AOAC 920.39).

A cada muestra se le determinó el contenido de extracto etéreo por método de Soxhlet. De la muestra seca utilizada para determinar humedad total, se pesó en un cartucho de celulosa (previamente pesado y secado durante 4 h a  $100 \pm 5^\circ\text{C}$ ). Se colocó el cartucho dentro del extractor del aparato y se añadió suficiente hexano para humedecer el cartucho. Se inició el calentamiento hasta tener un goteo continuo, la extracción se realizó durante 4 h. Una vez terminada la extracción se detuvo el calentamiento y se enfrió.

Se retiró el cartucho del equipo por medio de pinzas y se secó a temperatura ambiente entre 15 a 20 minutos, para después llevarlo a la estufa a  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  para secar hasta peso constante. Posteriormente el cartucho se retiró de la estufa, se dejó enfriar en desecador y se pesó. El porcentaje de extracto etéreo se calculó a partir de la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{(C + Mi) - (C - Mg)}{(C + Mi) - C} * 100$$

Donde:

C= Peso de cartucho.

C+ Mg= Peso del cartucho con la muestra desengrasada

C+ Mi= Peso del cartucho con la muestra sin desengrasar (inicial).

#### 3.4.5 FIBRA CRUDA (989.03 AOAC).

A cada muestra se le determinó fibra cruda por método de Weende. Se pesó de 1 a 1.5 g del residuo de la determinación de extracto etéreo y se transfirió a un vaso de Berzelius de 600mL adicionando 200mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hirviendo al 1.25% (0.255 N), se realizó un calentamiento con reflujo durante 30 min agitando de vez en cuando. Transcurridos los 30 min se retiró el vaso y se filtró el contenido a través de lino sobre un embudo Büchner y se lavó con agua hirviendo al menos 3 veces. La muestra se desprendió del lino con 200mL de NaOH al 1.25% (0.313 N) con ayuda de una pizeta transfiriéndola al vaso original, se hirvió por reflujo 30 min y se filtró en un papel seco previamente pesado, se lavó con agua hirviendo hasta que el papel filtro estuviera limpio y se secó en la estufa a 100 ± 5 °C por 2 h. Se enfrió en desecador y se pesó; la muestra pesada se incineró a 550°C ± 5°C durante 2h, se enfrió en un desecador y se pesó. El porcentaje de fibra cruda se calculó a partir de la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{\text{g de fibra}}{\text{g de muestra}} * 100$$

#### 3.5 CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS.

Se tomaron submuestras de 100 g de cada alimento, se separaron en tamices de mallas 10, 20 y 40, lo anterior con el fin de facilitar su observación. Las fracciones de cada submuestra de alimento se colocaron en una caja Petri, y se observaron en un microscopio estereoscópico entre 10-20 aumentos. El orden de observación fue

de mayor a menor tamaño. Durante la observación, se identificaron las partículas que integraron la muestra (Morfín, 2019).

### 3.6 PRUEBAS MICROQUÍMICAS.

A las muestras sospechosas de adulteración por carbonatos, por su alto contenido de cenizas (cuando el valor no correspondía al tipo de muestra) y la presencia de partículas que no correspondían al tipo de alimento, se les determinó en forma cualitativa la presencia de carbonatos. Para lo cual, se tomó aproximadamente 1g de la muestra, se colocó en un vidrio de reloj y se le adicionaron 3 gotas de HCl al 10%, la efervescencia se consideró como positivo a carbonatos (Morfín 2019).

### 3.7 PESO ESPECÍFICO.

A las muestras sospechosas de adulteración por carbonatos, por las características antes mencionadas, se les determinó el peso específico. Se utilizó un recipiente de 1 L exacto (previamente pesado) y se dejó caer libremente la muestra desde una altura de 30cm hasta su desborde. Se rasó el recipiente con una reglilla haciendo tres movimientos en zigzag y se pesó. Se calculó el peso en Kg correspondiente a 1hL (100 L). El valor se reportó con un decimal (SECOFI, 2006).

Por último, se determinó el coeficiente de correlación de peso específico y cenizas.

### 3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Los resultados obtenidos en cada análisis químico fueron sometidos a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey (Daniel, 2007).

#### 4. RESULTADOS.

##### 4.1 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS.

El cuadro 4.1 muestra los alimentos que se identificaron en la zona de estudio, resalta que 64% correspondió a alimentos energéticos y 26% a suplementos proteicos, el resto correspondió a forrajes secos, forrajes húmedos y ensilados.

Cuadro 4.1 Alimentos para consumo animal identificados en el Valle de Cuautitlán- Texcoco.

Numeración	Materia prima	Procedencia	Clasificación NRC <sup>£</sup>
1	Harina de coco	Zumpango	1
2	Bagazo de caña	Zumpango	1
3	Bagazo de caña	Hidalgo	1
4	Verduras	Zumpango	2
5	Ensilado de maíz	Cuautitlán	3
6	Maíz amarillo (grano)	Teotihuacán	4
7	Maíz amarillo (harina)	Teotihuacán	4
8	Maíz amarillo (molido)	Teotihuacán	4
9	Maíz blanco (quebrado)	Teoloyucan	4
10	Maíz blanco (molido)	Tequixquiac	4

Cuadro 4.1 Alimentos para consumo animal identificados en el Valle de Cuautitlán-  
Texcoco (continuación).

11	Maíz amarillo (rolado)	Teotihuacán	4
12	Maíz amarillo (rolado)	Teoloyucan	4
13	Maíz amarillo (rolado)	Teoloyucan	4
14	Maíz amarillo (rolado)	Hidalgo	4
15	Sorgo (molido)	Tequixquiac	4
16	Pericarpio de maíz	Zumpango	4
17	Pericarpio de maíz	Hidalgo	4
18	Pericarpio de maíz	Teotihuacán	4
19	Granza de maíz	Teoloyucan	4
20	Fritura	Teoloyucan	4
21	Fritura	Teoloyucan	4
22	Fritura	Teoloyucan	4
23	Fritura	Teotihuacán	4
24	Galleta	Naucalpan	4
25	Galleta	Teoloyucan	4

Cuadro 4.1 Alimentos para consumo animal identificados en el Valle de Cuautitlán-  
Texcoco (continuación).

26	Galleta	Teoloyucan	4
27	Galleta	Zumpango	4
28	Galleta	Teoloyucan	4
29	Galleta	Teoloyucan	4
30	Galleta	Teotihuacán	4
31	Pan	Naucalpan	4
32	Pan	Teotihuacán	4
33	Pan	Teoloyucan	4
34	Fruta de desecho	Naucalpan	4
35	Naranja molida	Teoloyucan	4
36	Masilla de soya	Teoloyucan	4
37	Cacahuete con cáscara	Teoloyucan	4
38	Harina de pescado	Hidalgo	5
39	Harina de pescado	Zumpango	5
40	Harina de sangre	Hidalgo	5
41	Harina de sangre	Zumpango	5

Cuadro 4.1 Alimentos para consumo animal identificados en el Valle de Cuautitlán-  
Texcoco (continuación).

42	Harina de pollo	Hidalgo	5
43	Harina de pollo	Zumpango	5
44	Concentrado de pollo	Zumpango	5
45	Canola (pasta)	Teoloyucan	5
46	Canola (pasta)	Teotihuacán	5
47	Canola (pasta)	Teotihuacán	5
48	Canola (pasta)	Teoloyucan	5
49	Pasta de soya	Tequixquiac	5
50	Pasta de soya	Teoloyucan	5

---

£ 1: Forraje seco, 2: Forraje húmedo, 3: Ensilados, 4: Alimentos energéticos, 5:

Suplementos proteicos 6: Suplementos minerales, 7: Suplementos vitamínicos y 8:

Aditivos

## 4.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA.

Para organizar los resultados se siguieron los siguientes criterios: clasificación NRC del alimento, alimentos representativos de los grupos, granos de cereales con y sin tratamiento, subproductos de granos de cereales y subproductos de la industria.

### 4.2.1 FORRAJES.

El cuadro 5.1 muestra la composición química de los forrajes localizados en la zona; las verduras se consideraron dentro de este grupo debido a que este alimento estaba constituido por hojas verdes. Los forrajes localizados presentaron una composición química variable en todos los componentes de cada determinación (fracción). Sin embargo, destaca el contenido de fibra cruda mayor al 20%, incluso el bagazo de coco es una materia prima pobre en nutrientes y con alto contenido de fibra, más del 70% de fibra.

### 4.2.2 ALIMENTOS ENERGÉTICOS.

La composición química de los alimentos energéticos encontrados, se muestran del cuadro 5.2 al 5.5. Los cuadros 5.2 y 5.3 muestran las características químicas de los granos de cereales. Destaca que el cereal con mayor comercialización es el maíz en sus diferentes presentaciones, tanto grano entero como molido, quebrado y rolado; el maíz rolado predominó. Asimismo, hay variación tanto del extracto etéreo como de proteína cruda, el primero de 3 hasta 9% y la segunda de 6 a 11%. El sorgo molido presentó características químicas similares al maíz blanco quebrado.

El cuadro 5.4 muestra la composición química de subproductos de granos de cereales. En el periodo de estudio solo se encontraron dos tipos de subproductos: pericarpio de maíz y granza de maíz. El pericarpio mostró amplia variación en su composición química donde destaca el contenido de fibra del pericarpio de Hidalgo (28% fibra cruda). Asimismo, el contenido de proteína del pericarpio procedente de Zumpango es menor a las otras procedencias (5% de proteína cruda). Al comparar pericarpio con la granza de maíz, la última presentó mayor contenido de proteína y extracto libre de nitrógeno, así como un menor contenido de fibra.

Como subproductos industriales de granos de cereales se encontró: fritura de maíz, residuo de galletería y residuo de panadería. El cuadro 5.5 muestra la composición química de la fritura de maíz. Resalta la amplia variación en el extracto etéreo, cenizas y proteína.

El cuadro 5.6 muestra la composición química de los residuos de galletería, donde resalta que la composición química de este tipo de residuos es muy variable. Las muestras de Teoloyucan II y Teotihuacán tuvieron un alto contenido de cenizas, 29.8% y 50%, así también un bajo contenido de extracto libre de nitrógeno.

El cuadro 5.7 muestra la composición química de los residuos de panadería. Al igual que los otros subproductos industriales tienen composición química variable. Resalta su contenido de humedad, mayor al 17 %, y una amplia variación sobre todo del extracto etéreo.

El cuadro 5.8 muestra la composición química de los residuos de la industria no procedentes de cereales. Al igual que los anteriores, presentaron una composición química variable. La fruta de desecho y la masilla de soya tuvieron un contenido de humedad, 81% y 90%; por otro lado, la masilla de soya y el cacahuate con cáscara fueron altos en fibra, 27% y 32%, sin embargo, el cacahuate con cáscara tuvo un contenido de extracto etéreo mayor al 20 % y proteína cruda del 17%.

#### 4.2.3 SUPLEMENTOS PROTEICOS

Los cuadros 5.9 y 5.10 muestran la composición química de los suplementos proteicos recolectados en el periodo de estudio, resalta una mayor frecuencia de los suplementos proteicos de origen animal como: harina pescado, harina de sangre, harina de pollo y concentrado de pollo, con composición química variable. Por otro lado, en cuanto a los suplementos proteicos de origen vegetal, pese a que existen muchas materias primas potenciales, resalta que solamente hubo dos tipos: canola (pasta) y pasta de soya, aunque la primera es la más disponible en la zona.

En cuanto a los suplementos proteicos de origen animal, sobresale que la harina de pescado y harina de pollo presentaron alto contenido de fibra cruda, mayor al 12%; asimismo, la harina de pescado tuvo un contenido de cenizas del 21%. Por último, la harina de sangre tuvo un contenido de humedad del 12%.

En los suplementos proteicos de origen vegetal destaca que la canola tuvo una composición química estable en comparación con la pasta de soya que tiene un

contenido de extracto etéreo y cenizas variable, sin embargo, la pasta de soya tiene mayor contenido de proteína en comparación a la canola.

#### 4.3 CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS.

##### 4.3.1 ALIMENTOS ENERGETICOS

Los cuadros 6.1 y 6.2 muestra las características microscópicas de granos de cereales y los subproductos de granos de cereales, destaca en este grupo de alimentos que están constituidos por las partes propias de dichos alimentos.

El cuadro 6.3 muestra las características microscópicas de las frituras, destaca que presentan una amplia variedad de componentes. Las muestras de Teoloyucan II y Teoloyucan III tienen cacahuate, a diferencia del resto de frituras. En la muestra de Teoloyucan I se identificaron, además, cristales blancos definidos, mientras en la muestra de Teotihuacán se observó una mayor proporción de fritura extrusionada en comparación a las demás muestras.

El cuadro 6.4 muestra las características microscópicas observadas en residuo de galletería. Así como en el alimento anterior, existe una amplia variedad de partículas que la componen. Destaca que, en las muestras de Naucalpan, Teoloyucan I, Teoloyucan II, Zumpango, Teoloyucan III y Teotihuacán se observó la presencia de cristales blancos en diferentes proporciones. Por otro lado, en la muestra de Teoloyucan II se identificaron partículas no propias de alimento para consumo humano como es sulfato de cobre y cascarilla de arroz.

Cuadro 5.1 Composición química de forrajes identificados para la alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco, en base seca.

Nombre del alimento		Verduras para consumo animal	Harina de coco	Bagazo de caña	Bagazo de caña	Ensilado de maíz
Sitio de muestreo		Zumpango	Zumpango	Zumpango	Hidalgo	Cuautitlán
Materia seca	%	7,79 ± 0,97	90,01 ± 0,09	95,24 ± 0,12	97,71 ± 0,29	39,46 ± 0,00
Humedad total	%	92,21 ± 0,22	9,99 ± 0,09	4,76 ± 0,12	2,29 ± 0,29	60,54 ± 0,00
Extracto etéreo	%	3,23 ± 0,24	2,3 ± 0,13	3,11 ± 0,20	1,83 ± 0,04	6,1 ± 1,15
Cenizas	%	11,95 ± 0,00	1,85 ± 0,13	7,08 ± 0,16	4,41 ± 0,15	5,96 ± 0,02
Proteína cruda	%	17,81 ± 0,02	1,95 ± 0,00	1,87 ± 0,10	2,09 ± 0,01	8,49 ± 0,31
Fibra cruda	%	26,62 ± 0,29	71,6 ± 1,77	47,7 ± 4,96	48,84 ± 0,32	23,43 ± 0,51
ELN	%	40,38	22,29	40,25	42,83	56,02

ELN: Extracto libre de nitrógeno

Cuadro 5.2 Composición química de granos de cereales identificados para la alimentación animal en el Valle de Cuautitlán- Texcoco, en base seca.

Nombre del alimento		Maíz amarillo (grano)	Maíz amarillo (harina)	Maíz amarillo (molido)	Maíz blanco (molido)	Maíz blanco (quebrado)
Sitio de muestreo		Teotihuacán	Teotihuacán	Teotihuacán	Teoloyucan	Tequixquiac
Materia seca	%	87,34 ± 0,10	88,87 ± 0,22	87,15 ± 0,04	87,79 ± 0,15	88,44 ± 0,17
Humedad total	%	12,66 ± 0,10	11,13 ± 0,22	12,85 ± 0,04	12,21 ± 0,15	11,56 ± 0,17
Extracto etéreo	%	3,50 ± 0,03	7,85 ± 0,18	5,78 ± 0,07	6,83 ± 0,15	9,14 ± 0,05
Cenizas	%	1,46 ± 0,09	1,01 ± 0,02	1,33 ± 0,13	0,82 ± 0,08	1,59 ± 0,06
Proteína cruda	%	7,08 ± 0,20	6,32 ± 0,13	7,67 ± 0,15	11,21 ± 1,15	6,33 ± 0,23
Fibra cruda	%	0,28 ± 0,11	0,58 ± 0,01	2,53 ± 2,27	0,39 ± 0,00	1,92 ± 0,13
ELN	%	87,68	84,24	82,69	80,76	81,02

ELN: Extracto libre de nitrógeno

Cuadro 5.3 Composición química de granos de cereales identificados para la alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco, en base seca.

Nombre del alimento		Maíz rolado	Maíz rolado	Maíz rolado	Maíz rolado	Sorgo molido
Sitio de muestreo		Teotihuacán	Teoloyucan I	Teoloyucan II	Hidalgo	Tequixquiac
Materia seca	%	87,87 ± 0,11	97,48 ± 0,07	88,43 ± 0,10	88,67 ± 0,02	87,94 ± 0,03
Humedad total	%	12,13 ± 0,11	2,52 ± 0,07	12,54 ± 0,10	11,33 ± 0,02	12,06 ± 0,03
Extracto etéreo	%	7,3 a ± 0,22	3,1b ± 1,04	7,5a ± 0,05	3,6b ± 0,08	8,10 ± 0,21
Cenizas	%	1,2d ± 0,03	0,8c ± 0,07	1,3b ± 0,19	2,3a ± 0,07	1,55 ± 0,05
Proteína cruda	%	8,2b ± 0,24	7,4c ± 0,32	8,5b ± 0,32	10,4 a ± 0,30	9,24 ± 0,07
Fibra cruda	%	0,3c ± 0,01	1,5b ± 0,10	0,3c ± 0,00	3,5a ± 0,18	2,29 ± 0,24
ELN	%	82,08	86,95	82,24	79,98	78,82

ELN: Extracto libre de nitrógeno

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas con  $\alpha=0.05$ .

Cuadro 5.4 Composición química de subproductos de granos de cereales identificados para la alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco, en base seca.

Nombre del alimento		Pericarpio maíz	Pericarpio maíz	Pericarpio maíz	Granza
Sitio de muestreo		Zumpango	Hidalgo	Teotihuacán	Teoloyucan
Materia seca	%	92,96 ± 0,22	97,68 ± 0,12	87,87 ± 0,08	88,95 ± 0,11
Humedad total	%	7,04 ± 0,22	2,32 ± 0,12	12,13 ± 0,08	11,05 ± 0,11
Extracto etéreo	%	6,9 a ± 0,10	4,0b ± 0,07	4,3b ± 0,24	4,39 ± 0,45
Cenizas	%	2,4 a ± 0,01	2,4a ± 0,16	2,2a ± 0,07	1,67 ± 0,08
Proteína cruda	%	5,3b ± 0,07	6,3a ± 0,26	6,6a ± 0,26	8,02 ± 0,05
Fibra cruda	%	15,4b ± 0,31	28,5a ± 0,38	15,0b ± 0,20	3,19 ± 0,03
ELN	%	69,80	58,52	71,73	82,73

ELN: Extracto libre de nitrógeno

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas con  $\alpha=0.05$

Cuadro 5.5 Composición química de fritura de maíz para la alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco, en base seca.

Sitio de muestreo		Teoloyucan I	Teoloyucan II	Teoloyucan III	Teotihuacán
Materia seca	%	94,54 ± 0,32	97,66 ± 0,11	97,60 ± 0,02	91,60 ± 0,18
Humedad total	%	5,46 ± 0,32	2,34 ± 0,11	2,40 ± 0,02	8,40 ± 0,18
Extracto etéreo	%	10,3c ± 0,05	27,2a ± 1,19	24,9b ± 0,17	5,8d ± 0,14
Cenizas	%	25,3a ± 0,05	3,2c ± 0,01	4,0b ± 0,09	1,7d ± 0,15
Proteína cruda	%	4,6c ± 0,10	8,8b ± 0,10	12,3a ± 0,02	8,1b ± 0,01
Fibra cruda	%	2,3a ± 0,06	2,0a ± 0,22	1,3b ± 0,39	0.2c ± 0,03
ELN	%	57,28	58,61	57,19	83,95

ELN: Extracto libre de nitrógeno

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas con  $\alpha=0.05$

Cuadro 5.6 Composición química de residuos de galletería para alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco, en base seca.

Sitio de muestreo	Naucalpan	Teoloyucan I	Teoloyucan II	Zumpango	Teoloyucan III	Teoloyucan IV	Teotihuacán
Materia seca	% 98,46 ± 0,18	89,48 ± 0,22	91,56 ± 0,11	94,43 ± 0,34	92,15 ± 0,08	95,99 ± 0,01	93,77 ± 0,19
Humedad total	% 1,54 ± 0,18	10,52 ± 0,22	8,44 ± 0,11	5,57 ± 0,34	7,85 ± 0,08	4,01 ± 0,01	6,23 ± 0,19
Extracto etéreo	% 11,1c ± 0,30	16,4a ± 0,97	6,0d ± 0,18	13,8b ± 0,65	9,9c ± 0,05	11,0c ± 0,04	7,1d ± 0,06
Cenizas	% 17,2c ± 0,17	9,8e ± 0,12	50,2a ± 0,16	19,9c ± 0,19	14,3d ± 1,13	1,2f ± 1,23	28,6b ± 0,31
Proteína cruda	% 9,3a ± 0,07	7,9b ± 0,11	4,4c ± 0,05	5,9c ± 0,29	6,9b ± 0,56	6,2b ± 0,30	5,2c ± 0,15
Fibra cruda	% 2,1c ± 0,20	2,5c ± 0,36	2,2c ± 0,13	2,7c ± 0,82	3,3b ± 1,03	0,4d ± 0,09	10,5a ± 1,70
ELN	% 60,17	63,29	37,09	57,48	65,41	81,14	48,42

ELN: Extracto libre de nitrógeno

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas con  $\alpha=0.05$ .

Cuadro 5.7 Composición química de residuos de panadería para alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco, en base seca.

Sitio de muestreo		Naucalpan	Teotihuacán	Teoloyucan
Materia seca	%	82,54 ± 0,05	81,46 ± 0,04	97,85 ± 0,04
Humedad total	%	17,46 ± 0,00	18,54 ± 0,04	2,15 ± 0,04
Extracto etéreo	%	14,9c ± 0,35	17,5b ± 0,11	30,7a ± 2,81
Cenizas	%	2,6b ± 0,01	6,3 a ± 0,04	1,4c ± 0,01
Proteína cruda	%	10,2 a ± 0,00	7,4b ± 0,04	7,3b ± 0,01
Fibra cruda	%	0,1b ± 0,12	2,5 a ± 0,02	0,3b ± 0,06
ELN	%	72,02	66,09	60,16

ELN: Extracto libre de nitrógeno

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas con  $\alpha=0.05$ .

Cuadro 5.8 Composición química de residuos de la industria no perteneciente a granos de cereales para alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco, en base seca.

Nombre del alimento		Frutas de desecho	Naranja molida	Masilla de soya	Cacahuete con cascara
Sitio de muestreo		Naucalpan	Teoloyucan	Teoloyucan	Teoloyucan
Materia seca	%	18,35 ± 0,97	91,61 ± 0,13	10,87 ± 0,00	95,85 ± 0,01
Humedad total	%	81,65 ± 0,22	8,39 ± 0,13	90,13 ± 0,00	4,15 ± 0,01
Extracto etéreo	%	1,18 ± 0,24	4,15 ± 0,04	6,57 ± 0,02	22,46 ± 0,21
Cenizas	%	4,45 ± 0,00	4,79 ± 0,12	5,79 ± 0,03	7,00 ± 0,03
Proteína cruda	%	5,82 ± 0,02	5,67 ± 0,13	4,94 ± 0,06	17,31 ± 0,93
Fibra cruda	%	8,16 ± 0,29	13,87 ± 0,51	27,65 ± 1,56	32,46 ± 12,76
ELN	%	80,4	71,52	55,04	20,77

ELN: Extracto libre de nitrógeno

Cuadro 5.9 Composición química de suplementos proteicos de origen animal para la alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco, en base seca.

Nombre del alimento		Harina de pescado	Harina de pescado	Harina de sangre	Harina de sangre	Harina de pollo	Harina de pollo	Concentrado de pollo
Sitio de muestreo		Hidalgo	Zumpango	Hidalgo	Zumpango	Hidalgo	Zumpango	Zumpango
Materia seca	%	94,08 ± 0,14	93,21 ± 0,07	81,95 ± 0,21	77,22 ± 0,01	91,15 ± 0,14	87,32 ± 0,10	98,41 ± 0,16
Humedad total	%	5,92 ± 0,14	6,79 ± 0,07	18,05 ± 0,21	22,78 ± 0,01	8,85 ± 0,14	12,68 ± 0,10	1,59 ± 0,16
Extracto etéreo	%	19,34 ± 0,19	15,78 ± 0,20	1,31 ± 0,01	2,32 ± 0,28	30,93 ± 0,20	27,23 ± 0,35	16,24 ± 0,09
Cenizas	%	21,26 ± 0,29	21,94 ± 0,23	5,77 ± 0,00	6,17 ± 0,12	9,60 ± 0,29	10,22 ± 0,20	3,94 ± 0,01
Proteína cruda	%	31,83 ± 0,00	37,89 ± 0,31	83,21 ± 2,00	85,56 ± 0,91	45,29 ± 0,00	55,95 ± 0,15	33,94 ± 0,46
Fibra cruda	%	16,89 ± 3,64	13,57 ± 0,69	1,65 ± 0,37	2,39 ± 0,29	12,05 ± 0,50	2,56 ± 0,02	1,05 ± 0,91
ELN	%	10,68	10,83	8,07	8,27	2,12	4,04	44,83

ELN: Extracto libre de nitrógeno

Cuadro 5.10 Composición química de concentrados proteicos de origen vegetal para la alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco, en base seca.

Nombre del alimento		Canola.	Canola.	Canola.	Canola.	Pasta de soya.	Pasta de soya.
Sitio de muestreo		Teoloyucan I	Teotihuacán I	Teotihuacán II	Teoloyucan II	Tequixquiac	Teoloyucan
Materia seca	%	91,37 ± 0,02	90,08 ± 0,10	91,48 ± 0,01	93,15 ± 0,15	88.98 ± 0.05	90.29 ± 0,21
Humedad total	%	8,63a ± 0,02	9,92b ± 0,10	8,52 a ± 0,01	6,85c ± 0,15	11.02 ± 0.05	9.71 ± 0,21
Extracto etéreo	%	5,0a ± 0,14	4,4a ± 0,03	5,8 a ± 0,66	2,9b ± 0,05	3.25 ± 0.14	1.56 ± 0,06
Cenizas	%	6,8a ± 0,00	8,0a ± 0,07	6,9 a ± 0,95	6,7 a ± 0,04	1.54 ± 0.07	6.96 ± 0,02
Proteína cruda	%	36,4b ± 0,07	37,2b ± 0,81	38,8b ± 0,15	40,0 a ± 0,01	47.69 ± 0.19	47.61 ± 0,94
Fibra cruda	%	10,5b ± 0,03	17,0a ± 1,44	16,0 a ± 0,57	14,5 a ± 0,54	3.74 ± 0.98	3.62 ± 0,26
ELN	%	41,21	33,11	32,26	35,72	43.78	40.24

ELN: Extracto libre de nitrógeno

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas con  $\alpha=0.05$

Cuadro 6.1 Partículas observadas al microscopio de granos de cereales para alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco.

Sitio de muestreo								
Teotihuacán	Teotihuacán	Teotihuacán	Teoloyucan	Tequixquiac	Teotihuacán	Teoloyucan I	Teoloyucan II	Hidalgo
Maíz amarillo (Grano)	Maíz amarillo (harina)	Maíz amarillo (molido)	Maíz blanco (quebrado)	Maíz blanco (molido)			Maíz rolado	
<p>-Grano con forma dentada y aplanado por ambas caras y color amarillo</p> <p>-Estructuras membranosa s de color rojizo (glumas)</p> <p>-Partículas amarillas rocosas</p> <p>-Partículas blancas y opacas correspondientes al endospermo harinoso</p> <p>-Laminas semitransparentes con ligeros surcos verticales (salvado)</p> <p>-Laminas delgadas de color rojizo (glumas)</p> <p>- Láminas de maíz amarillas</p> <p>- Fragmentos de color rojizo ligero pertenecientes a las glumas</p>								

Cuadro 6.2 Partículas observadas al microscopio de subproductos de granos de cereales para alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco.

Sitio de muestreo			
	Pericarpio		Granza
Zumpango	Hidalgo	Teotihuacán	Teoloyucan
-Laminas con ligeros surcos verticales colora marrillo	-Laminas con ligeros surcos verticales color amarrillo	-Fragmentos grandes de endospermo harinoso adheridos a láminas amarillas con surcos verticales.	- Laminas con surco verticales color amarillo - Estructuras membranosas color rojizo - Tallos de color café
-Fragmentos grandes de endospermo adheridos la laminas	- Pequeños fragmentos de endospermo adheridos la laminas	- Fragmentos de endospermo harinoso	

Cuadro 6.3 Partículas observadas al microscopio de fritura de maíz para alimentación animal en el Valle de Cuautitlán- Texcoco.

Sitio de muestreo			
Teoloyucan I	Teoloyucan II	Teoloyucan III	Teotihuacán
- Fragmentos de fritura de maíz.	-Fragmentos grandes de fritura de maíz.		
-Fragmentos pequeños de fritura extrusionada (cheetos)	-Cacahuates japoneses		
-Palomitas de maíz	-Fragmentos de fritura extrusionada (cheetos)		- Fragmentos de fritura extrusionada (cheetos)
-Cascarilla de color amarillo brillante y lisa correspondiente a la cascarilla de maíz palomero	-Cascarilla de color amarillo brillante y lisa correspondiente a la cascarilla de maíz palomero		-Palomitas de maíz
	-Palomitas de maíz		- Harina de fritura
	-Harina de fritura		
-Cristales blancos definidos			
- Harina de fritura			

Cuadro 6.4 Partículas observadas al microscopio de residuos de galletería para alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco.

Sitio de muestreo						
Naucalpan	Teoloyucan I	Teoloyucan II	Zumpango	Teoloyucan III	Teoloyucan IV	Teotihuacán
	-Partículas de maíz molido	-Partículas blancas opacas correspondientes a endospermo harinoso de maíz				
-Harina de galleta	-Partículas pericarpio de maíz	-Partículas laminares semitransparentes correspondientes al pericarpio de maíz				
-Partículas de maíz molido	-Cascarilla de color amarillo de apariencia reticulada y correspondiente a la cascarilla de arroz				-Fragmentos grandes de galleta y malvavisco	-Harina de galleta
-Cristales blancos y opacos.			-Harina de galleta			-Cristales blancos y opacos
-Salvado de trigo	-Cristales azules de sulfato de cobre	-Salvado de trigo y harina de galleta	-Cristales blancos y opacos		-Harina de galleta	
	-Harina de galleta	-Harina de galleta				
	-Salvado de trigo	-Cristales blancos opacos				

Cuadro 6.5 Partículas observadas al microscopio de harina de pescado para alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco.

Sitio de muestro	
Hidalgo	Zumpango
-Escamas de color marrón	-Escamas de color marrón
-Espinass	-Espinass
-Cascarilla de arroz	-Cascarilla de arroz
	-Plumas
	-Uñas de pollo
	-Fibra de coco

Cuadro 6.6 Partículas observadas al microscopio de suplementos proteicos de origen vegetal para alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco.

Sitio de muestreo				
Teotihuacán I	Teotihuacán II	Teoloyucan	Tequixquiac	Teoloyucan
Canola		Pasta de Soya		
-Fragmentos de semilla color amarillo verdoso			-Fragmentos de semilla de forma irregular color amarillo marfil con apariencia lisa de bodes redondeados	
-Cascarilla color verdoso				
-Fragmentos cafés pertenecientes a los cotiledones			-Fragmentos de color pardo pertenecientes a los cotiledones	

#### 4.3.2 SUPLEMENTOS PROTEICOS.

El cuadro 6.5 muestra las características microscópicas de harina de pescado, destaca en las muestras, altas cantidades de cascarilla de arroz; por otro lado, en la muestra de Zumpango además de lo anterior se encontraron plumas, uñas y fibra de coco, las cuales no son propias de las harinas de pescado.

El cuadro 6.6 muestra las características microscópicas de suplementos proteicos de origen vegetal, los cuales tuvieron características anatómicas propias del alimento.

#### 4.4 PRUEBAS MICROQUIMICAS.

Del conjunto de las muestras analizadas, se ubicó como sospechosas a muestras de residuo de galletería tanto como por su alto contenido de cenizas como por la presencia de componentes atribuibles a carbonatos, por lo cual se determinaron carbonatos y peso específico a estas muestras.

El cuadro 7.1 muestra la presencia de carbonatos en los residuos de galletería, destaca la presencia de este compuesto casi todas las muestras, a excepción de la muestra de Teoloyucan IV.

#### 4.7 PESO ESPECÍFICO Y CORRELACIÓN DE CENIZAS.

La figura 8.1 muestra que existe un coeficiente de correlación de 0.88 entre el peso específico y el contenido de cenizas, lo que significa que el contenido de ceniza afectó el peso específico.

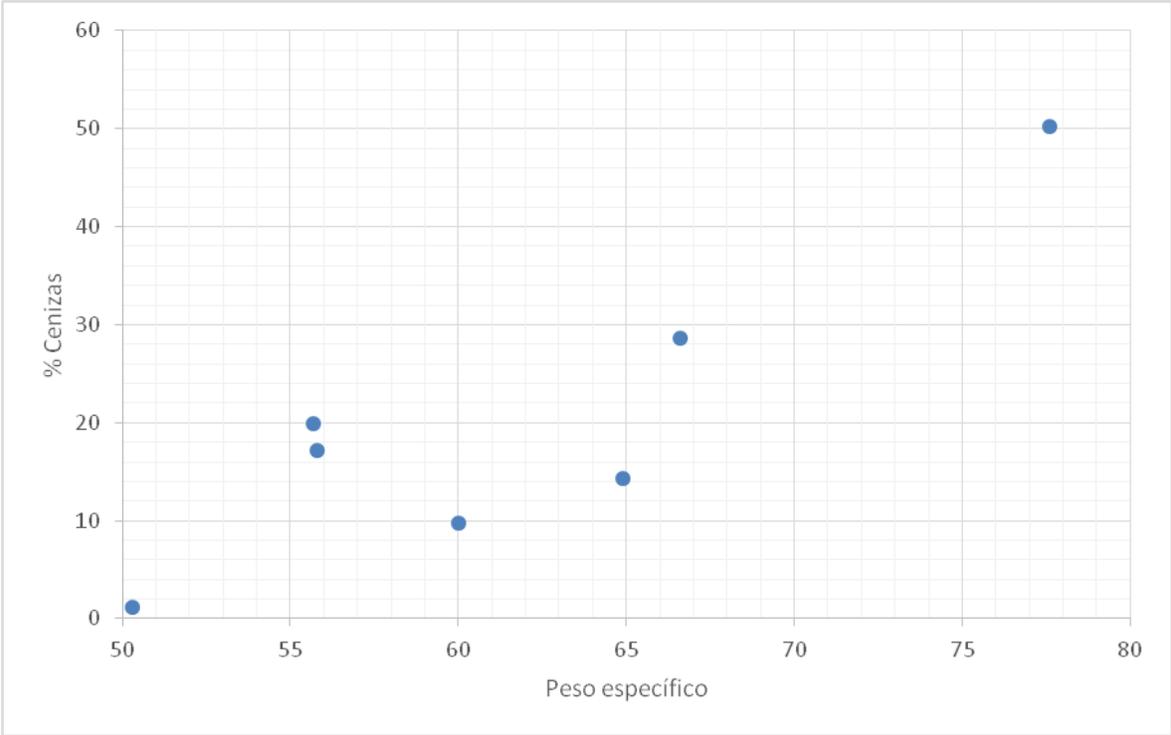
Cuadro 7.1 Prueba de presencia de carbonatos en residuos de galletería para alimentación animal en el Valle de Cuautitlán- Texcoco.

Sitio de muestreo	Naucalpan	Teoloyucan I	Teoloyucan II	Zumpango	Teoloyucan III	Teoloyucan IV	Teotihuacán
Carbonatos	+	+	+	+	+	-	+

Cuadro 8.1 Peso específico de residuos de galletería para alimentación animal en el Valle de Cuautitlán-Texcoco.

Sitio de muestreo	Naucalpan	Teoloyucan I	Teoloyucan II	Zumpango	Teoloyucan III	Teoloyucan IV	Teotihuacán
Peso específico Kg/hL	55.8 ±0.20	60.0 ±0.40	77.6 ±0.70	55.7 ±0.30	64.9 ±0.70	50.3 ±0.33	66.6 ±0.65

Figura 8.1 Correlación de peso específico y cenizas en residuo de galletería para la alimentación animal en el valle de Cuautitlán-Texcoco.



Coefficiente de correlación 0,88

## 5. DISCUSIÓN.

Debido a que los rumiantes (borregos, ganado lechero y ganado de carne) son las especies que se encuentran en mayor cantidad en la zona (INAFED, 2014) se esperaría una mayor representación de forrajes comercializados, sin embargo, la poca presencia de forrajes se pudiera atribuir a que la mayor parte de los productores pecuarios aún siembran sus propios forrajes, o bien compran las pasturas en altos volúmenes directamente con los productores agrícolas ya sea en la zona o fuera de ella.

Pese a que se comercializan verduras como forraje en la zona su uso como alimento para animales podría presentar inconvenientes que pueden limitar su viabilidad, como es el alto contenido de humedad, lo cual dificultaría su manejo y puede acelerar la contaminación microbiana, lo que significaría que requiere de un proceso de secado para su conservación. (San Martín, et al., 2016).

Por otro lado, el bajo contenido de nutrientes en harina de coco y bagazo de caña se puede atribuir al alto contenido de fibra que presenta, lo cual coincide con los datos que reporta Villa (2010), cabe mencionar que el papel de dichos alimentos en el contexto de una dieta es como fibra no forrajera.

El bagazo de caña difiere en su composición química en cenizas y fibra cruda, debido a que este alimento se caracteriza por su elevada heterogeneidad desde el punto de vista morfológico y desde el punto de vista de la presencia de materia extraña debido a las condiciones del procesamiento agrícola (Lemus, 2012).

La composición química del ensilado de maíz localizado coincide con la que han obtenido otros autores y cabe mencionar que, en relación con otros forrajes, este alimento contribuiría con energía dentro de una ración (Gómez, 2015),

Entre los alimentos energéticos localizados sobresale el maíz, ya sea en grano, rolado o en harina, dicho alimento cabe mencionar se considera como patrón de los alimentos energéticos por su contenido de energía (Machi, 2018).

El maíz es un grano cereal con alto valor energético, dicha característica la presentaron todas las muestras de maíz, debido a su alto contenido de extracto libre de nitrógeno y extracto etéreo, así como su bajo contenido de fibra cruda y proteína cruda, lo cual coincide con los términos de calidad nutricional reportados por Lardy & Anderson (2010).

La variación en el contenido de extracto etéreo y proteína cruda del maíz se atribuye principalmente a las diferentes variedades que se comercializan en la zona (Rausch & Eckhoff, 2016), sin embargo, es importante mencionar que la calidad nutricional de los granos se ve afectada por las condiciones de cultivo, el desarrollo del mismo y el tratamiento que recibe la semilla hasta su almacenaje (Gumienna, et al., 2016)

El maíz de Tequixquiac presentó alto contenido de extracto etéreo, lo cual se puede atribuir a que es una variedad de maíz con alto contenido de aceite (González, et al., 2011).

Aunque el precio del maíz rolado por kilogramo (Kg) es ligeramente mayor al grano de maíz, \$4.60MXN y \$4.05 MNX (SNIIM, 2019), la predominancia del maíz rolado puede deberse a que el proceso de rolado mejora las características de manejo de

la materia prima, mejora el aroma, mejora la palatabilidad y también mejora el aprovechamiento de energético del maíz (Ramos, 2016). El rolado es un proceso que inicia con el cocimiento a vapor del grano de maíz a una temperatura de 85-90 °C, gelatinizando el almidón, lo cual permite incrementar la digestibilidad. La operación de rolado se lleva a cabo inmediatamente después del tratamiento al vapor, alimentando al grano en una roladora en donde es aplanado por dos tornillos lo que resulta en una hojuela (Ríos, 2017).

En comparación al maíz el sorgo se produce en cantidades mucho más pequeñas (INFOSSIAP, 2019), lo anterior se ve reflejado en la disponibilidad de dicho grano en la zona. Aunque el precio por Kilogramo (Kg) del sorgo es de \$3.60 MXN comparado con el maíz \$4.05 MXN (SNIIM, 2019), y el perfil nutricional del sorgo es muy semejante al del maíz que se comercializa en la zona, es difícil que el grano de sorgo pueda sustituir al maíz debido a que el valor nutritivo del sorgo se ve afectado por su concentración de taninos que afecta el aprovechamiento de la proteína (Montiel & Elizalde, 2011).

La industria renueva constantemente sus procesos lo que implica la aparición y desaparición de subproductos utilizados en la alimentación animal, como es el caso del pericarpio de maíz y la granza.

Las muestras de pericarpio encontrado fueron distintas, destacó el pericarpio localizado en Hidalgo por el contenido alto de fibra, sin embargo, el contenido de proteína es similar a las muestras de Zumpango y Teotihuacán, lo cual podría atribuirse a que este pericarpio proviene del proceso de nixtamalización. Durante el proceso de nixtamalización, se realiza un lavado para remover el pericarpio del

grano, por lo tanto, el pericarpio obtenido de este proceso sería un pericarpio alto en fibra cruda y bajo en proteína cruda (Pérez 2013).

Los resultados de la composición química del pericarpio coinciden con los de Pérez (2013), excepto el contenido de fibra que fue menor en este trabajo, lo cual se podría atribuir a diferencias en el proceso.

La granza es un subproducto de maíz que se genera por las maniobras de manejo y criba del maíz, el resultado obtenido en la composición química de la granza coincide con lo reportado por Olmeda (2019), a pesar de ser ligeramente menor en su composición química a la del grano de maíz, la granza podría utilizarse como un posible sustituto dentro de la formulación de una ración.

Dentro de los subproductos de la industria pertenecientes a los granos de cereales se encuentra la fritura de maíz, que tuvo una variabilidad en su composición química, esto puede deberse a la diversidad de formulaciones y procesos dentro de la industria de alimentos de este tipo (Camacho, et al., 2014). Las muestras de Teoloyucan II y Teoloyucan III tuvieron un alto contenido de extracto etéreo debido a que estaban constituidas en mayor proporción por botana frita y cacahuete, este último se caracteriza por su alto contenido de extracto etéreo y proteína (Velasco, et al., 2014). Mientras que aquellas que tuvieron una menor concentración de extracto etéreo estaban conformadas por fritura extrusionada, tal es el caso de la muestra de Teotihuacán. Lo anterior implicaría que la muestras con alto contenido de extracto etéreo sin un correcto almacenamiento están propensas al enranciamiento (Fennema, 2011). El alto contenido de cenizas que presenta la muestra de fritura de Teotihuacán se le atribuye a la sal que se le adiciona dentro del proceso ya que es utilizada como potencializador de sabores, debido a que la

muestra se presentó entera y no en harina, sugiere que no es adulteración, sin embargo, el alto contenido de sal implicaría una alta demanda de agua en la dieta, esto es importante ya que el consumo de agua es una limitante, es especial en la producción lechera (Piaggio & Garcia, 2004)

La composición química de los residuos de galletería, fue muy variable, lo cual se podría atribuir, en primera instancia, a los diferentes tipos de galletas que producen las industrias, lo que implica distintos tipos de ingredientes utilizados en su elaboración (Müller, 2015); sin embargo, resaltan las altas concentraciones de cenizas y el contenido similar de fibra cruda en varias de las muestras, lo cual podría atribuirse a adulteraciones.

En cuanto a la presencia de carbonatos, todas las muestras excepto la Teoloyucan IV, fueron positivas, con ello se presumiría que dichos alimentos estarían adulterados con carbonatos. De hecho, algunos productores de la zona mencionan que es común la adición de marmolina en los residuos de galletería; la marmolina es un compuesto de carbonato de calcio-magnesio soluble en agua y reacciona en medio ácido (Techmo, 2009), lo cual podría explicar el contenido de cenizas alto, así como el bajo y similar contenido de fibra cruda entre varias de las muestras.

Es importante mencionar que los carbonatos se descomponen a temperaturas altas y quedan como productos óxidos y  $\text{CO}_2$  (Mc Murry, 2009). Si bien hay alto contenido de cenizas, el extracto libre de nitrógeno, al no ser una determinación en sí sino un cálculo, no representaría carbohidratos de reserva ni azúcares sino que una parte importante podría estar conformada por bióxido de carbono (Mc Donald, et al., 2013) con lo cual se podría sobrevalorar el contenido de energía para los residuos de

galletería, lo que tendría implicaciones negativas con el uso de este ingrediente en la alimentación animal, debido a que su uso es como fuente de energía.

En la diversidad de estructuras que conforman las muestras, sobresalen los residuos de Teoloyucan I porque presentó maíz molido y salvado de trigo, además de cascarilla de arroz y sulfato de cobre. Si bien la presencia de maíz y salvado podrían ser ingredientes normales en un residuo de galletería, la cascarilla de arroz no debería estar presente en ninguna muestra ya que no es parte de la formulación de las galletas para consumo humano; además, al ser un ingrediente con alto contenido de lignina y sílice (FEDNA, 2019) no debe ser utilizado en alta proporción en las dietas de los animales. Por otro lado, normalmente la cascarilla de arroz se utiliza para adulterar diferentes ingredientes para consumo animal, el sulfato de cobre no es un ingrediente normal en los residuos de galletería, sobre todo si se considera que provienen de alimentos para consumo humano. Asimismo, se observó en todos los residuos altos en cenizas presencia de cristales blancos opacos lo cual es característico de la marmolina, se confirmó su presencia con la prueba de carbonatos, por lo anterior la correlación que existe entre peso específico y cenizas puede ser una herramienta para la identificación de adulteraciones por carbonatos en el campo, debido a que la marmolina a ser un polvo fino ocuparía un menor volumen, con un peso específico de  $1423 \text{ Kg/ m}^3$  (Techmo, 2009), por lo tanto aumentaría el peso de la materia prima al ser mezclada con la galleta, lo cual al determinar peso específico las muestras de galletería adulteradas tendrían una tendencia a pesar más con un menor volumen y los productores podrían pagar más por un producto de menor calidad. Una propuesta para evitar que los productores compren residuos de galletería adulterada es determinar el peso específico en

campo auxiliándose de patrones elaborados por ellos, de esta forma podrían tomar decisiones sobre la compra de la materia prima

Los residuos de panificación, al igual que los subproductos nombrados anteriormente son variables composición química son debido a las diferentes formulaciones y procesos dentro de la industria alimentaria. Por su alto contenido de humedad este tipo de alimento puede sufrir deterioro, ya que es propenso al crecimiento de hongos si no se almacena de manera adecuada, debido a que es un alimento rico en almidón (Mellado & Haros, 2016), además de enranciarse fácilmente por el contenido de extracto etéreo.

Las frutas de desecho y naranja molida, son importantes por su aporte principalmente de azúcares (Fernández, 2014). Sin embargo, los frutos de desecho tienen alto contenido de humedad, el cual limita su tiempo de vida útil y lo hace propenso a enmohecimiento. Este tipo de alimentos a su vez son ricos en fibra soluble, una de las características de la fibra soluble que determinan su efecto sobre la alimentación animal, es su capacidad de incrementar la viscosidad de la ingesta intestinal y su fácil fermentabilidad, pero un incremento de la viscosidad suele ir acompañado de una disminución en la digestibilidad de otros nutrientes, por consecuencia afecta los rendimientos productivos en alimentación animal. (Shimada, 2017).

La masilla de soya es un subproducto relativamente nuevo en México ya que es un subproducto proveniente de la producción de bebidas a base de soya, su alto contenido de humedad y fibra coincide con lo reportado por Pérez (2016). Además,

la masilla de soya es rica en fibra insoluble 50% y en comparación a la semilla de soya el valor nutricional se ve disminuido.

A pesar del alto contenido de fibra cruda en el cacahuete este alimento se considera energético debido a su alto contenido de extracto etéreo y proteína (Bravo, et al., 2018), sin embargo, su alto contenido de extracto etéreo es una limitante ya que es propenso a enranciamiento.

Los suplementos proteicos presentaron variabilidad de composición en especial en concentración de proteína y fibra cruda, sobre todo en harinas de pescado y concentrado de pollo, debido a que presentaron alto contenido de fibra, lo cual no es normal en alimentos de este tipo, ya que no tienen celulosa ni hemicelulosa (Cabello & García, 2000). La harina de pescado presentó estructuras que no son propias de éste alimento como es cascarilla de arroz, plumas, fibra de coco y uñas de pollo. Por ello se puede concluir que esta materia prima estaba adulterada, además en el caso del concentrado de pollo el alto contenido de extracto libre de nitrógeno reflejaría la adición de alguna materia prima con esa característica, potencialmente de origen vegetal o unicelular (levadura), dicha característica refleja adulteración.

Los suplementos proteicos de origen vegetal, tienen un alto contenido de proteína lo cual coincide en lo reportado con otros autores (Gutiérrez, 2015). El contenido de proteína de canola es menor al de pasta de soya, además de una mayor concentración de fibra, lo cual sería una limitante para su uso en monogástricos.

## 6. CONCLUSIONES.

- La mayor proporción de los alimentos identificados en la zona corresponde a los alimentos energéticos, seguido de los suplementos proteicos.
- Los residuos de galletería tienen una composición química muy variable, sin embargo, se encuentran adulterados por carbonatos, lo cual demerita su aporte nutricional.
- El peso específico es una herramienta que puede ser utilizada en la identificación de adulteración por carbonatos al estar directamente relacionado con el contenido de cenizas en residuos de galletería.
- El adulterante que más se utiliza en la zona tanto para residuos de galletería como en harina de pescado es la cascarilla de arroz.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis International. En Association of Official Agricultural Chemists.
- Badui D. S. 2013. Capítulo 4. Lípidos, Química de los alimentos, México, Pearson Educación.
- Barboza H. C. A., 2016, Determinación de la digestibilidad de nutrientes y la energía digestible de la torta de soya (*Glycinemax*) en juveniles de gamitana (*Colossomamacropomum* ), Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria de Perú.
- Bauza R. Bratschi<sup>1</sup> C., Barreto R., Silva D., Tejero B., 2018. Nutritional Value of Diets for Pigs Including BT Sorghum, Peas and Canola Expeller, *Agrociencia Uruguay* Vol.22 No.2.
- Bravo A., Navarro E., Rincón C., & Soriano M., 2018. Physico-chemical characteristics and fatty acid profile of two peanut cultivars of the Mixteca Poblana. *Naturales y Agropecuarias*, Vol 5, No 15.

- Cabello A., García A., 2000. Calidad físico-química de la harina de pescado venezolana, *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, Vol. 25 No 4.
  
- Camacho H. I., Zazueta J. J., Gallegos J. A., Aguilar E., Rocha N. E., Navarro R. O., & Gómez C. A., 2014, Effect of extrusion conditions on physicochemical characteristics and anthocyanin content of blue corn third-generation snacks. *CyTA-Journal of Food*, Vol 12, No 4.
  
- Caravaca R. F., 2005, Bases de la producción animal, España, Publicaciones Universidad de Cordoba
  
  
- Crampton E. W. & Harris L. E., 1978. *Animal nutrición*, México: Acriba.
  
  
- Cruz M. M., 2016, Análisis de la producción y exportación de la harina de pescado periodo 2012-2014, Tesis de Maestría, Universidad de Guayaquil.
  
  
- Cuesta A., 2014, Valor productivo de los forrajes y su eficiencia en la producción animal, *Especies forrajeras Colombia*, Colombia.

- Derner, J. D., Hunt, L., Euclides F., K., Ritten, J., Capper, J., & Han, G. 2017, Lives tock production systems. In Rangeland systems (pp. 347-372). Springer, Cham.
  
- FAO, Revisado 20 de agosto2019. Capítulo 2 Composición química y valor nutritivo del maíz <http://www.fao.org/3/t0395s/t0395s03.htm>
  
- Fajardo V. & Alonso R., 2016, Diseño de un secador a escala banco para la producción de harina de sangre de pollo, tesis, Universidad Nacional de Cálao, Perú
  
- FEDNA. 2019. Fundación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal. Harina de galleta. [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/harina-de-galleta-3-cenizas](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-galleta-3-cenizas) consultado 29 de abril 2019.
  
- Fennema, O., 2011. Química de los alimentos, México, Acribia.
  
- Fernández M., 2014. Transformación de subproductos y residuos de agroindustria de cultivos templados, subtropicales y tropicales en carne y leche bovina. Boletín técnico No. 20. 1 Ed. INTA. EEA. Bordenave Buenos Aires, Argentina.

- Fernández I. M., 2009, espectroscopia en el infrarrojo cercano y su combinación con microscopia para la detección y cuantificación de ingredientes y contaminantes en alimentación animal, tesis de licenciatura, Universidad de Córdoba, España
  
- Fonseca M. A., Barreto L., & Granados J., 2018, Evaluación de los factores nutricionales y anti nutricionales de cuatro especies vegetales que pueden tener potencial forrajero, *Agricolae & Habitat*, Vol. 1, No 1.
  
- Fornasari C., Secco D., Santos R., da Silva T., Lenz N., Tokura L., & Gurgacs F., 2017, Efficiency of the use of solvents in vegetable oil extraction at oleaginous crops, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 80, No 80.
  
- Gómez A., 2015, Evaluación químico proximal de ensilado de maíz (Variedad Dk2034) en diferentes tiempos de fermentación, *Revista EDUCATECONCIENCIA*, Vol 7 No 8.
  
- González V. M., Espinoza J., Mendoza R., León D., & Torres M. A., 2011. Caracterización de germoplasma de maíz que combina un alto contenido de aceite y poliembrionía. *Universidad y ciencia*, Vol 27, No 2.

- Gumienna M., Szwengiel A., Lasik M., Szambelan K., Majchrzycki D., Adamczyk J., Nowak J. & Czarnecki Z., 2016, Effect of corn grain variety on the bioethanol production efficiency, *Revista Fuel*, Volumen 164.
  
- Gutiérrez S. R. 2015, Características agronómicas del genero *Brassica* y uso de la pasta de canola en la alimentación de cerdos. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. Saltillo, Coahuila.
  
- Hase S. L. & Linares A. R., 2018, Kinetics of water loss and oil absorption of fried cassava snacks, *RECyT*, Vol 20, No 19.
  
- INFOSSIAP, servicio de información agroalimentaria, producción de sorgo. <http://infosiap.siap.gob.mx/> (consultado 15 de noviembre 2019).
  
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2014, Enciclopedia de los municipios y delegaciones del Estado de México, Valle de Cuautitlán-Texcoco. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15024a.html> (Revisado 23 de noviembre del 2018).
  
- Lardy G. & Anderson V. 2010, Harvesting, storing and feeding corn as earlage. North Dakota State University Extension Service.

<https://www.ag.ndsu.edu/publications/livestock/harvesting-storing-and-feeding-corn-as-earlage> (revisado 01 de septiembre del 2019).

- Lemus R. C. R., 2012, Experiencias en la optimización de la cosecha mecanizada de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en el ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, Centroamérica, Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos Guatemala, Instituto de investigaciones agronómicas.
- Loy D. D., Lundy E. L., 2019, Chapter 23 Nutritional Properties and Feeding Value of Corn and Its Coproducts, Corn, AACC International Press.
- Machi F., Peralta J., Valiente O., Alvarez R. 2018, Supplementation effect of corn, and balanced a protein mineral salt on weight gain in everyday in steers fed on cultivated pastures (*Brachiariabrizanthacvmarandú* and cv mg4). Compend. cienc. vet Vol.8 No.1.
- Maynard Leonard A. 1981, Nutrición animal. México: McGraw-Hill.
- McMurry J., 2009, Química general, México, Pearson Educación.

- Merizalde G., F., & Brito C., A., 2005, Control de calidad en el proceso de fabricación de alimentos balanceados extruidos para especies acuícolas (tesis licenciatura), Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química, Colombia.
  
- Molina F. M., Gómez C. A., Guerrero G. J. E., Garrido V. A. & Pérez M. D.C., 2011, Nomenclátor de muestras de alimentos para animales y de sus principios nutritivos, Revista pastos de la Sociedad Española para el estudio de los pastos, Vol 41, No 1, España.
  
- Montiel D., & Elizalde, J. C., 2011. Factors affecting ruminal utilization of sorghum grain in cattle, Revista Argentina de producción animal., Vol 24.
  
- Morfin L. L. 2019, Manual de Bromatología de alimentos. FES-Cuautitlán UNAM.
  
- Müller M. J. L., 2015, Efecto de la inclusión de harina de galleta sobre el rendimiento productivo de cerdos de recría, Tesis, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias Universidad de Chile, Santiago de Chile.
  
- Nájera M., 2015, La Industria de Alimentos para Animales y el Control de Calidad, Centro de Investigación en Nutrición Animal Universidad de Costa Rica. <http://www.cina.ucr.ac.cr/index.php/2015-11-02-22-02-37/documentos->

[dedescarga/Charlas%20XXX%20Aniversario/Ing.%20Mauricio%20N%C3%A1jera.%20Control%20de%20Calidad%20de%20Alimentos%20para%20Animales..pdf/download](#) (revisado 18 de agosto 2019).

- Núñez T., 2017, Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. J. Selva Andina Anim. Sci. Vol.4, No 2.
  
- Olmeda S. F., 2019, Evaluación de la calidad nutritiva de los residuos de cultivo de maíz (*Zae mays L.*) en el centro Agronómico K´ayra-Cusco
  
- Petrucci R. H., Herring F. G., Madura J. D. & Bissonnette C., 2011, Química general, Madrid, Pearson Educación
  
- Pérez L. E., 2017, Mejora de la funcionalidad de Okara de soja por tratamiento simultáneo con altas presiones hidrostáticas y enzimas alimentarias, Tesis de Doctorado, Universidad Complutense De Madrid.
  
- Pérez P. y Peña J., Cruz Orea A. & Calderón A., 2013, Estudio de la composición química de pericarpio de maíz con las técnicas XPS y EDAX, Sociedad Mexicana de Ciencias de Superficies y de Vacío, Vol 8.

- Piaggio, L., & García, A., 2004, El agua de bebida como limitante de la producción en pastoreo. Revista del Plan Agropecuario, 36-40.
  
- Preston R. L., 2016, Feed Composition Table, Revista Beef Magazine.
  
- Rausch K. D., Eckhoff S. R., 2016, Maize: Wet Milling, Reference Module in Food Science, Elsevier Inc.
  
- Ríos, Y. L., 2017, Degradabilidad ruminal del grano de maíz procesado por extrusión y rolado al vapor (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE).
  
- Roser S. & Barroeta A. C., 2016, Manual de microscopia de piensos, Publicaciones de la Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona
  
- San Martín D., Ramos S., Zufía J., 2016, Valorisation of food waste to produce new raw materials for animal feed, Food Chemistry, Vol 198.
  
- SECOFI, 2006 "Ley Federal sobre Metrología y Normalización". Diario Oficial de la Federación: México.

- SNIIM, 2019, Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados, <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/> (revisado 04 noviembre 2019).
- Shimada M.A., (2017). Nutrición animal. México: Trillas.
- Techmo, Hoja de seguridad de marmolina, 2009 [http://www.techmo.es/pdf/hs/HS\\_MARMOLINA.pdf](http://www.techmo.es/pdf/hs/HS_MARMOLINA.pdf) (revisado el 18 de agosto del 2019)
- Villa J, 2010, Alimento animal y energía de la caña de azúcar, ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. 43.
- Velasco N. E., Bravo F. O., & Shimada A. S., 2014, Estudio preliminar sobre el uso del cacahuete (*Arachis hipogaea*) como alimento para cerdos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, Vol 25, No 1.
- Yañez O. Y., 2015, Nixtamalización por extracción de las fracciones del grano de maíz para la obtención de harinas instantáneas, Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional.