

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MEXICO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES



**“EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE
QUESOS DE VACAS ALIMENTADAS CON ENSILADOS DE
SORGO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN
PEQUEÑA ESCALA”**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

P R E S E N T A

CARLA IVONNE ORTEGA GONZÁLEZ

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MEXICO
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**“EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE
QUESOS DE VACAS ALIMENTADAS CON ENSILADOS
DE SORGO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE
EN PEQUEÑA ESCALA”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

P R E S E N T A

CARLA IVONNE ORTEGA GONZÁLEZ

COMITÉ DE TUTORES

Dr. Carlos Manuel Arriaga Jordán

Dra. Angélica Espinoza Ortega

Dr. Felipe López González

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. 2024

RESUMEN

Diversos estudios sobre el efecto de la alimentación animal sobre la calidad de los productos lácteos hacen referencia a la influencia de los aportes de nutrientes y de los diferentes tipos de alimentación en la concentración de proteína y grasa de la leche, elementos importantes para el rendimiento de la elaboración del queso y características sensoriales. El ensilado de sorgo es propuesto como alternativa para sistemas de producción de leche en pequeña escala en el centro de México ante cambios en el patrón de lluvias y periodos de sequía. En su composición, el forraje de sorgo contiene taninos y otros metabolitos que podrían tener un efecto en la composición fisicoquímica, características sensoriales y aceptación por parte de los consumidores de queso. Por lo tanto, este proyecto propuso evaluar, el efecto de la alimentación de vacas lecheras y sus efectos en el queso bajo un enfoque de investigación participativa rural. Los trabajos experimentales se realizaron en el municipio de Aculco, al noroeste del Estado de México, en la quesería del productor colaborador del proyecto, donde se elaboró queso fresco 'Molido' el más representativo de la región, elaborado con leche de vacas alimentadas con una base de 80% de ensilado de sorgo – 20% de ensilado de maíz en materia seca (tratamiento SORGO) comparado con la base convencional de 100% de ensilado de maíz (tratamiento MAÍZ). La composición fisicoquímica del queso se analizó mediante un diseño completamente aleatorio por análisis de varianza. La evaluación sensorial mediante una escala hedonística de 1 a 5 mediante prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, y la preferencia general mediante una prueba de Chi-cuadrada. Se presentaron diferencias ($P < 0.05$) entre quesos para contenido de grasa, proteína y cenizas. En el análisis sensorial se presentaron diferencias ($P < 0.05$) para sabor, textura en boca y persistencia de aromas con calificación mayor para MAÍZ. Sin embargo, en preferencia general, el queso del tratamiento SORGO fue preferido ($P < 0.05$) sobre el queso del tratamiento MAÍZ. Se observaron resultados favorables en la preferencia por el queso hecho con leche de vacas alimentadas con una base forrajera de ensilado de sorgo, lo cual representa una alternativa para productores de leche en pequeña escala donde el 82% de la leche producida se destina para la elaboración artesanal de queso fresco 'Molido'.

Summary

Several studies on the effect of animal feeding on the quality of dairy products refer to the influence of nutrient inputs and different types of feeding on milk protein and fat concentration, important elements for cheese yield and sensory characteristics. Sorghum silage is proposed as an alternative for small-scale milk production systems in central Mexico in the face of changes in rainfall patterns and periods of drought. In its composition, sorghum silage contains tannins and other metabolites that could have an effect on the physicochemical composition, sensory characteristics, and acceptance by cheese consumers. Therefore, this project proposed to evaluate the effect of feeding dairy cows and its effects on cheese under a rural participatory research approach. The experimental work was carried out in the municipality of Aculco, in the northwest of the State of Mexico, in the cheese factory of the project's collaborating producer, where fresh 'Molido' cheese was produced, the most representative of the region, made with milk from cows fed with a base of 80% sorghum silage - 20% corn silage in dry matter (SORGO treatment) compared to the conventional base of 100% corn silage (CORN treatment). The physicochemical composition of the cheese was analyzed using a completely randomized design by analysis of variance. Sensory evaluation using a hedonic scale from 1 to 5 by Kruskal-Wallis non-parametric test, and general preference by Chi-square test. There were differences ($P < 0.05$) between cheeses for fat, protein and ash content. In the sensory analysis, there were differences ($P < 0.05$) for flavor, texture in the mouth and persistence of aromas, with a higher rating for MAIZ. However, in general preference, the SORGO treatment cheese was preferred ($P < 0.05$) over the MAIZE treatment cheese. Favorable results were observed in the preference for cheese made with milk from cows fed with a forage base of sorghum silage, which represents an alternative for small-scale milk producers where 82% of the milk produced is destined for the production of fresh 'Molido' cheese.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	9
II. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1. Producción de leche en el mundo y en México	12
2.2. Sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE)	13
2.3. Estrategias de alimentación de las vacas lecheras	14
2.3.1. El forraje de sorgo en SPLPE	15
2.4. Leche de vaca	16
2.4.1. Componentes de la leche de vaca	16
2.4.2. Factores que determinan la composición de la leche	17
2.5. Composición general de los quesos	18
2.5.1. Quesos Frescos	19
2.5.2. Características fisicoquímicas de los quesos frescos	19
2.5.3. Factores que determinan la composición de los quesos y su evaluación fisicoquímica	20
2.6. Producción y consumo de quesos en México	21
2.6.1. Quesos en México	22
2.6.2. La agroindustria quesera en México y quesos genuinos artesanales en los SPLPE	23
2.7. Análisis sensorial de los quesos artesanales	24
2.7.1. Métodos para el análisis sensorial	25
2.7.2. Características sensoriales del queso con diferentes dietas	28
III. JUSTIFICACIÓN	30
IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	31
V. HIPÓTESIS	32
VI. OBJETIVOS	33
6.1. General	33
6.2. Particulares	33
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	34
7.1. Zona geográfica	34
7.2. Diseño de la investigación	34
7.3. Proceso de elaboración del queso fresco 'Molido'	35
7.4. Análisis fisicoquímicos	36
7.4.1. Muestras	36
7.4.2. Determinación de proteína	36

7.4.3. Determinación de grasa	37
7.4.4. Determinación de Humedad.....	38
7.4.5. Determinación de pH.....	38
7.5 Evaluación sensorial	39
7.6 Análisis estadístico.....	39
VIII. RESULTADOS.....	40
8.1. Artículo enviado	40
IX. DISCUSIÓN GENERAL.....	44
X. CONCLUSIONES GENERALES	46
XI. REFERENCIAS	47
XII. ANEXOS	58

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización geográfica del municipio de Aculco, Estado de México	34
Ilustración 2. Proceso de elaboración del queso fresco "Molido"	35
Ilustración 3. Artículo enviado	40
Ilustración 4. Datos de las variables evaluadas: Composición fisicoquímica de los quesos y análisis sensorial.....	58
Ilustración 5. Formato de evaluación sensorial	62

I. INTRODUCCIÓN

Aproximadamente 150 millones de hogares en el mundo se dedican a la producción lechera, actividad realizada principalmente en países en desarrollo por pequeños productores, gran parte de esa producción se destina a la elaboración de productos lácteos, como el queso. El queso como producto derivado de la leche es uno de los más comercializados en el mundo (FAO, 2023), con una producción global superior a los 19 millones de toneladas, con una demanda creciente en países en desarrollo (FAO, 2010; STATISTA, 2023).

La elaboración de quesos en México es una de las actividades más importantes en el sector alimentario, el crecimiento en su producción, se ha observado en los últimos años (CANILEC, 2021). Así mismo en el noroeste del Estado de México los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) destinan el 82% de la leche para elaborar este producto (Espinoza-Ortega et al., 2005). En esta zona se encuentra una importante concentración quesera artesanal a pequeña escala, que se caracteriza por contar con queserías que se articulan con unidades campesinas de producción de leche, recolectores de leche y comercializadores de queso (Castañeda-Martínez et al., 2009), que estimulan la actividad económica y creación de empleos, contribuyen a la autosuficiencia alimentaria, mantienen los eslabones de las cadenas agroalimentarias y conservan el patrimonio cultural y gastronómico (Villegas de Gante y Cervantes-Escoto, 2011; Villegas de Gante et al., 2014).

El queso es uno de los productos más apreciados por los consumidores por sus características sensoriales y sus aportes nutricionales (Villegas de Gante et al., 2016). Su composición es similar a la leche con una concentración mayor de grasa y proteína (Ramírez-López et al., 2012); sin embargo, su constitución se ve influenciada por diversos factores como la alimentación del ganado, que repercute en su composición fisicoquímica y a su vez tiene un efecto en el análisis sensorial (Díaz-Yubero, 2019). La evaluación química y sensorial en los quesos permite medir cuantitativamente en el laboratorio, aspectos como: la calidad, las características

nutricionales y el grado de satisfacción que obtendrá el producto, lo que permite anticipar su aceptabilidad (Baroni et al., 2017; Wittig, 2021).

Los sistemas ganaderos han adaptado diferentes estrategias de alimentación para las vacas lecheras. No obstante, la baja disponibilidad en ciertas épocas del año y cambios en la calidad de los forrajes, son una limitante en la producción de leche y queso (Rosendo-Ponce et al., 2019).

Para superar los déficits de forraje en las épocas de escasez, se ha implementado la conservación de forrajes como henos y ensilados. Estos últimos son utilizados en la producción moderna por sus altos rendimientos y adaptación a las condiciones locales (Elgersma et al., 2015; Noguera et al., 2011; Roncallo et al., 2012).

El tipo de alimentación influye en la calidad de los productos lácteos derivado de los nutrientes que aporta a la leche como producto primario y por consiguiente al queso (Villegas de Gante et al., 2016). Diversos autores (Vargas-Bello-Pérez et al., 2021; Cornu et al., 2020; Aguilar-Castillo et al., 2019) hacen referencia a estos cambios en su composición con la implementación de diferentes dietas suministradas a las vacas lecheras.

En los SPLPE, Sainz-Ramírez, et al. (2023) evaluó la composición de quesos de vacas alimentadas con una inclusión en la dieta de ensilado de girasol encontrando diferencias en la composición fisicoquímica, con un aumento en la cantidad de proteína y grasa.

El sorgo representa una fuente de alimentación en los sistemas de producción de leche en pequeña escala, puesto que es un forraje que requiere menor cantidad de agua (25 % menos) en comparación con el maíz, con buenos rendimientos de materia seca y que tiene la capacidad de rebrotar si las condiciones climatológicas lo permiten (Pacheco-Ramos et al., 2021). En ese sentido el sorgo puede representar una alternativa para la alimentación de los sistemas de producción de leche en pequeña escala. Sin embargo, hace falta investigación para saber la composición de los quesos elaborados a partir de otros forrajes como el sorgo que

se está evaluando en estos sistemas. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la composición química y la aceptabilidad sensorial del queso fresco de vacas alimentadas con dos variedades distintas de forrajes (sorgo y maíz) en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción de leche en el mundo y en México

En el mundo, la producción de leche es una actividad que involucra alrededor de 150 millones de pequeños productores (FAO, 2023). La India ocupa el primer lugar con el 22% de la producción total de leche, seguido por la Unión Europea, Brasil y China. Se estima que la producción total de leche en el mundo corresponde a 81% de vaca, 15% de búfala y un total de 4% de leche de cabra, oveja y camella (OCDE-FAO, 2022). La leche de vaca es la más producida y consumida globalmente, donde la Unión Europea ocupa el primer lugar seguida de Estados Unidos, India y Rusia (Index Mundi, 2022).

México aporta de dos a tres de cada cien litros de leche al mundo, lo cual posiciona al país en el lugar 16 en la producción de este producto y se encuentra dentro de los principales países productores de leche en el mundo (Loera y Banda, 2017). Esta producción se desarrolla en condiciones heterogéneas, englobando aspectos tecnológicos, agroecológicos y socioeconómicos.

Odermatt y Santiago-Cruz,(1997) clasifican la producción de leche en tres sistemas delimitados geográficamente: i) el sistema intensivo a gran escala que se ubica en el centro y norte del país, caracterizado por tener una mayor cantidad de producción, se encuentra generalmente estabulado y con implementación de tecnología para el ordeño y la producción de forraje; ii) el sistema familiar en pequeña escala con mayor presencia en los altos de Jalisco y en el altiplano de México; iii) el sistema extensivo de doble propósito en el cual se ubican las regiones tropicales, donde se produce leche y carne, cuentan con un menor tamaño del hato, se presencia una menor tecnificación y un menor rendimiento de leche por vaca.

Los tres estados con mayor producción de leche a nivel nacional son: Jalisco, Coahuila por orden de importancia, mientras que el Estado de México, ocupa el noveno lugar (SIAP, 2020).

2.2 Sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE)

Los SPLPE se definen como pequeñas unidades de producción con superficies de tierra de poca extensión que son caracterizados principalmente por la venta de leche bajo un esquema de tipo familiar. En estos sistemas, ubicados principalmente en el altiplano central de México, se combina la producción de granos de maíz del sistema agrícola con la lechería, lo que proporciona un medio de vida con ingresos estables a las familias campesinas (Espinoza-Ortega et al., 2007). El tamaño de hatos en este sistema de producción está conformado por 35 vacas máximo y mínimo 3, más sus reemplazos (Fadul-Pacheco et al., 2013).

Los SPLPE en México representan más del 78% de las unidades de producción lecheras especializadas que proporcionan más del 30% de la producción nacional de leche (Hemme et al, 2007), por lo que se considera a estos sistemas como pieza clave para aliviar la pobreza en zonas en desarrollo, al ser fuente de alimentos, ingresos y empleo (Espinoza-Ortega et al., 2007; FAO, 2010).

Uno de los desafíos principales que presentan las explotaciones lecheras en pequeña escala, es producir leche en cantidad y calidad que genere una mayor demanda del consumidor y una adecuada transformación en productos derivados de la leche asegurando su rentabilidad (Álvarez-Fuentes et al., 2012).

Actualmente la producción en estos sistemas suele estar limitada por el uso de insumos externos a la unidad de producción, aunado a la baja calidad de los alimentos para el ganado, lo que ocasiona bajos rendimientos de leche y reduce la rentabilidad general de las unidades de producción (Fadul-Pacheco et al., 2013; Makkar, 2016). Este aspecto ha sido considerado en estudios de sostenibilidad, haciendo énfasis en la producción y la conservación de forrajes como un área de oportunidad para mejorar la eficiencia productiva y económica de los SPLPE (Fadul-Pacheco et al., 2013).

2.3. Estrategias de alimentación de las vacas lecheras

Los sistemas ganaderos en el mundo basan la alimentación de las vacas en forrajes frescos, conservados y concentrados que pueden cambiar en función a su disponibilidad por cada estación del año (Elgersma et al., 2006). Se entiende por forrajes a las hierbas, pastos verdes o secos, así como diversas plantas u órganos vegetales que se caracterizan por tener un volumen alto y pueden ser obtenidos por pastoreo directo de la vaca, cosechados frescos o conservados como ensilaje o heno (Wattiaux, 1994).

El pasto es uno de los forrajes más utilizados a nivel mundial (Rosendo-Ponce et al., 2021, Angulo-Arizala et al., 2021), por su accesibilidad para los productores y su alto valor nutritivo que ayuda al ganado obtener mejores rendimientos de leche (Mckay et al., 2022).

La oferta de pastos se reduce por la variabilidad climática, principalmente durante la época seca (Angulo-Arizala et al., 2021) por tanto se innova en el diseño y gestión de cultivos complementarios para mantener la rentabilidad de las explotaciones lecheras y mejorar el uso de los recursos naturales (Elgersma, et al., 2006; Seguel et al., 2020). En los sistemas de producción de leche, la implementación de forrajes conservados permite balancear los nutrientes para las vacas lecheras ya que se usan como sustitución o complemento de otros alimentos durante la época de seca o de escasez (Salceda et al., 1993; Ocanto et al., 2013).

El uso de ensilados de diversos forrajes es una técnica de conservación de forrajes bastante extendida en el mundo, que ofrece muchas ventajas como una mayor independencia del clima, mayor control por parte del productor y evita la pérdida de nutrientes durante el marchitamiento (Van den Oever et al., 2021). En Europa, los agricultores de países como Holanda, Alemania y Dinamarca almacenan más del 90% de sus forrajes como ensilaje. De igual forma las cosechas más importantes para ensilaje en el mundo son el maíz, la alfalfa y los pastos, aunque también se evalúan otras gramíneas que se adapten a las condiciones locales (Garcés-Molina et al., 2004).

En México, el maíz es uno de los principales forrajes utilizados para la alimentación del ganado, asimismo durante la estación seca su ensilaje es utilizado por cerca del 30% de los productores en pequeña escala del centro de México ya que, cubre las necesidades del ganado durante las estaciones críticas y evita pérdida en los rendimientos y nutrientes de la leche (Celis-Álvarez et al., 2016). En el Estado de México, una de las estrategias de alimentación más comunes es el pastoreo de praderas cultivadas bajo riego, ya que son una estrategia de alimentación viable para los productores, no obstante, se ve limitada por la disponibilidad de agua (Gómez-Miranda et al., 2022). Dicha limitación y las bajas precipitaciones en el noroeste del Estado de México han requerido la evaluación de nuevas alternativas forrajeras mejor adaptadas a las condiciones locales. Así mismo el ensilaje en esta zona representa una estrategia de alimentación viable para los productores que mantiene las características de la leche sin afectar su composición (Celis-Álvarez et al., 2016).

2.3.1. El forraje de sorgo en SPLPE

La estacionalidad tiene un efecto en la producción lechera de los hatos, el cual es producido por los periodos secos en el año, por lo que los productores en los SPLPE recurren a nuevas alternativas como el ensilado que permite alimentación de calidad durante todo el año, sin embargo, los periodos secos son cada vez más largos (Bolaños-Aguilar et al., 2012).

Con lo anterior, diversos países estudian la implementación de nuevos forrajes mejor adaptados ante posibles efectos del cambio climático. Uno de ellos es el sorgo (*Sorghum bicolor* L.) que está utilizándose como un forraje para las vacas en climas templados y fríos como Canadá, y la cornisa Cantábrica de España (Bande Castro et al., 2015; Thivierge et al., 2015) como una alternativa forrajera para el ganado bovino, así mismo en el noroeste del Estado de México se está evaluando su implementación. El sorgo (*Sorghum bicolor* L.) es una gramínea tropical proveniente de África, capaz de adaptarse a la escasez de lluvias y sequía (Bolaños-Aguilar et al., 2012). En el presente estudio se especula que los compuestos del sorgo (taninos condensados y metabolitos secundarios) podrían tener un efecto sobre la

composición de la leche, ya que varios autores (Cuchillo-Hilario et al., 2010; Martínez-Loperena et al., 2015; Santillo et al., 2022) han mencionado que el contenido de compuestos fenólicos como los taninos tienen un efecto en la composición de la leche.

2.4. Leche de vaca

Se define a la leche de vaca como una secreción de la glándula mamaria de animales bovinos sanos, que tiene funciones nutricionales e inmunológicas (Noguera et al., 2011), la cual es obtenida de uno o más ordeños diarios, que deben ser higiénicos, completos e ininterrumpidos. Está constituida por una mezcla de distintas sustancias donde el agua es el principal componente encontrando, además, de forma diluida, los glóbulos grasos y otros componentes de mayor tamaño (Agudelo-Gómez y Bedoya-Mejía, 2005).

2.4.1. Componentes de la leche de vaca

Para Agudelo-Gómez y Bedoya-Mejía (2005) y la FAO (2023), la leche es un producto que contiene más de cien sustancias encontradas en solución, emulsión o suspensión, integrando los siguientes componentes:

- **Grasas:** (lípidos) constituyen alrededor del 3.5 al 6% del contenido sólido de la leche, se encuentran en forma de glóbulos microscópicos rodeados de una capa de fosfolípidos que son sintetizados en gran mayoría por las células secretoras de las glándulas mamarias. La cantidad de grasa en la leche varía según la raza y las prácticas de alimentación.
- **Proteínas:** ocupando de 2.9 a 3.9%. Están clasificadas en caseínas (80%), que es la proteína más abundante y se encuentran tres tipos (α , β y Kapa caseína); el segundo grupo pertenece a las proteínas séricas (20%) donde se encuentran la albumina y las globulinas, la mayor parte del nitrógeno de la leche está conformado por proteínas. El porcentaje de proteínas es variable en función a la raza y a la cantidad de grasa de la leche. Existe una

relación directa entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína, es decir cuanto mayor es la cantidad de grasa, mayor es la cantidad de proteína.

- **Lactosa:** (azúcar de la leche) representa aproximadamente el 5% de la composición de la leche.
- **Minerales y vitaminas:** algunos de los minerales que se encuentran en la leche de vaca son sodio, potasio, magnesio, calcio, manganeso, hierro, cobalto, cobre, fósforo, fluoruros, yoduros. Así mismo, algunas de las vitaminas más presentes son: A, D, E, K, B1, B2, B6, B12, C, así como carotenos, nicotinamida, biotina y ácido fólico.

2.4.2. Factores que determinan la composición de la leche

Es importante mencionar que la composición química de la leche puede variar o verse afectada por diversos factores tales como como: la raza, la alimentación, las condiciones ambientales, las instalaciones, el número de partos y el sistema de producción (Loera y Banda, 2017; Jenkins y McGuire, 2006).

Dichos factores están agrupados en dos categorías: 1) Intrínsecos, que son los que el animal tiene, como el genotipo, la edad, la etapa de lactación y la condición corporal; y; 2) extrínsecos, que son factores externos como, la época del año, variaciones regionales, los sistemas de producción y la alimentación (Salvador y Martínez et al., 2007). Este último es uno de los más importantes para producir una leche con mejores características nutricionales (Vieyra-Alberto et al., 2017).

La alimentación ha sido estudiada en las últimas décadas, ya que la composición de la leche está influenciada por la dieta de las vacas, la cual afecta principalmente la cantidad de grasa y la concentración de proteína (Bernal-Martínez et al., 2007). Autores como Solís-Méndez et al. (2013) realizaron un estudio identificando la composición de la leche a partir de la alimentación del ganado con sistemas silvopastoriles identificando un aumento en grasa de la misma.

Cattani et al. (2017), realizaron un estudio comparando la alimentación de vacas lecheras con ensilado de sorgo y ensilado de maíz encontrando mayor porcentaje

de grasa y proteína en leche obtenida de animales alimentados con ensilado de sorgo. En este sentido, es necesario saber la influencia de la leche sobre los productos lácteos como el queso, en sus características, el cual es uno de los productos más consumidos y producidos a partir de la leche.

2.5. Composición general de los quesos

Según *el Codex Alimentarius* de la FAO/OMS (2008), se define como queso al producto fresco o madurado, solido o semisólido obtenido a partir de la coagulación de la leche a través de acción de la renina, presente en el cuajo. Durante su proceso de elaboración se involucran fenómenos físicos y químicos, donde existe un proceso de concentración a partir de la coagulación de la caseína por la acción enzimática de la renina u otro coagulante de tipo ácido (comúnmente ácido láctico). Los quesos contienen casi las mismas características nutricionales de la leche, excepto la lactosa y se caracteriza porque contiene proteínas de alto valor biológico además de ser una fuente importante de calcio y fósforo (Ramírez-López y Vélez Ruiz, 2012).

Los quesos se han dividido según sus características y, de acuerdo con Alais (2003), esta separación se da en dos categorías:

- Quesos de humedad elevada: la cuajada ha pasado por una fermentación láctica activa. Son caracterizados por ser de pasta blanda, tener un tiempo de anaquel corto, contar con una maduración rápida (si es requerida) y son generalmente de formato pequeño. Su proceso de elaboración es sencillo con un rendimiento elevado.
- Quesos de poca humedad: la cuajada de estos quesos es firme y a veces dura. Su elaboración es de piezas voluminosas, su proceso de fabricación involucra tiempo, la leche utilizada para su fabricación exige cierta calidad y son de larga duración.

Aunando a esta clasificación, Ramírez-López y Vélez Ruiz (2012), clasifican los quesos con base en las condiciones de proceso y las características fisicoquímicas, integrando los siguientes parámetros:

Por contenido de humedad

- Quesos duros (20-42%).
- Semiduros (44-55%).
- Blandos o suaves (55%).

De acuerdo al tipo de coagulación de la caseína

- Quesos de coagulación enzimática.
- Quesos de coagulación ácida.
- Quesos de coagulación ácida / térmica.

De acuerdo a su estado de maduración

- Frescos (6 días).
- Semi-madurados (40 días).
- Madurados (>70 días).

2.5.1. Quesos Frescos

De acuerdo a la NOM-121-SSA1-1994, los quesos frescos son caracterizados por tener un contenido alto de humedad, sabor suave y no contar con una corteza, además que pueden adicionarse ingredientes extras en su proceso de elaboración. Tienen un periodo de vida corto, lo que hace que requieran de una temperatura específica en refrigeración (máximo 7°C).

2.5.2. Características fisicoquímicas de los quesos frescos

Un queso fresco tiene las siguientes características fisicoquímicas (Ramírez-López y Vélez Ruiz, 2012):

- Humedad: (46-57%).
- Grasa:(18-29%).
- Proteína: (17-21%).
- Sal (1-3%).

- pH (>6.1).

En México la mayoría de los quesos que se producen son frescos y de corta duración. Dentro de esta clasificación se encuentran el queso panela, fresco, ranchero, blanco, quesillo, asadero, adobera, requesón, queso crema, entre otros (Villegas de Gante et al., 2014).

2.5.3. Factores que determinan la composición de los quesos y su evaluación fisicoquímica

Los quesos están en constantes cambios derivados de los factores del entorno y la calidad de los productos que se utilizan en su elaboración, esto hace que sean catalogados como sistemas químicos que están evolucionando constantemente y de manera rápida (Méndez-Ventura, 2020). Existen diversos factores que determinan la composición final de los quesos, tales como el tipo de forraje proporcionado a los animales, la calidad de la leche y el tiempo de maduración, los cuales alteran las propiedades que influyen en su producción y calidad final (Coulon et al., 2004; Elgersma, 2015; Vargas-Bello-Pérez et al., 2020). Las intervenciones que ocurren en el ambiente donde se encuentran los quesos, determina en gran medida los parámetros de los análisis químicos, los cuales evalúan la calidad, el valor nutricional y asegura que sean aptos para el consumo (Baroni et al., 2017). Dentro de la composición fisicoquímica de un queso generalmente se evalúan el contenido de agua, de proteína total, de grasa, de cenizas (minerales), sal y el pH de la pasta (Villegas de Gante et al., 2016).

Uno de los factores principales que ha sido estudiado en los últimos años, es el efecto de la implementación de diversas estrategias de alimentación en el ganado lechero y el cambio de la composición de los quesos (Jenkins y McGuire, 2006), donde el forraje ingerido afecta directamente la cantidad y calidad de la leche (Elgersma, et al., 2006), teniendo una influencia directa en la composición fisicoquímica del queso (Gulati et al., 2018; Freire de Oliveira et al., 2020).

Las pequeñas y medianas empresas productoras de queso en el país, se caracterizan por tener modificaciones constantes en las características del producto, ello debido a que, la evaluación fisicoquímica, permite conocer los parámetros anteriormente mencionados (Macías-Mejía et al., 2019).

Autores como Martínez-Loperena et al. (2015) investigaron sobre la influencia de las dietas a vacas lecheras basadas en sistemas silvopastoriles y el efecto en el queso Tepeque producido a pequeña escala, encontrando que algunos compuestos presentes en estas plantas como los taninos condensados disminuyen la cantidad de humedad en los quesos obteniendo quesos con mayor dureza.

De igual manera, en SPLPE Sainz-Ramírez et al. (2023) encontraron que la alimentación con ensilado de girasol, repercute en la composición fisicoquímica de los quesos principalmente en el porcentaje de grasa y proteína. Por lo que se hace necesario conocer los quesos producidos en los SPLPE con la implementación de ensilado de sorgo en la dieta de las vacas.

2.6. Producción y consumo de quesos en México

En el año 2018 el INEGI reportó a través de la encuesta mensual de industria manufacturera una producción de 418 mil toneladas de queso al año en México, de los cuales el queso fresco representa el 18.9%, seguido del doble crema (16.1%), panela (11.7%), amarillo (11.5%), crema (10%), chihuahua (9.2%), manchego (8.6%), quesillo (5.8%) y otros (8.1%).

En México el consumo de quesos se realiza en todos los niveles socioeconómicos (Hervas, 2012), y es un elemento importante para decidir el tipo de queso que se elegirá en función a los ingresos de los consumidores y el precio del producto (Cervantes-Escoto et al., 2008). En el 2011 se estimó que el consumo anual *per cápita* de queso en nuestro país, fue de 2.83 kg, siendo los productos de imitación y análogos, los más consumidos, mismos que son encontrados en diversas marcas y tipos en el mercado mexicano (Villegas y Cervantes, 2011). Estos productos en su composición contienen grasas vegetales, agua y otros componentes y se

caracterizan por ser productos económicos y de fácil acceso (Villegas de Gante y De la Huerta-Benítez, 2015).

2.6.1. Quesos en México

Los quesos en México son una contribución de la cultura española a partir de la conquista en el siglo XVI. Los navegantes españoles se embarcaban durante periodos prolongados de tiempo donde llevaban quesos duros de larga conservación entre sus alimentos básicos. Con la introducción de nuevos animales, el queso ya era relevante en el consumo en México hacia el año de 1750, por lo que fue considerado un alimento de primera necesidad (Villegas de Gante et al., 2014).

En el siglo XX el queso era un producto de consumo generalizado y se contaba con diversas variedades. Actualmente se han identificado aproximadamente 40 quesos diferentes, algunos conservando sus métodos de elaboración tradicional, distribuidos principalmente en mercados locales (Villegas de Gante et al., 2014). Los quesos tradicionales más representativos en México han sido los quesos frescos y algunos añejados. Algunos de estos quesos son: los rancheros, los de marqueta, tipo adobera, los molidos escurridos, prensados, muy oreados, secos, madurados y los añejos. (Villegas-de Gante et al., 2014).

Aunado a ello, Villegas de Gante (2004) propuso la clasificación de los quesos en México los cuales son:

- Quesos genuinos que pueden ser elaborados de leche pasteurizada o cruda.
- Quesos de imitación en los que se encuentran los quesos rellenos con grasa vegetal, los extendidos con grasa vegetal, los re combinados con grasa butírica y grasa vegetal, así como los análogos.
- Quesos procesados dentro de los cuales se encuentran los quesos tajables y untables.

2.6.2. La agroindustria quesera en México y quesos genuinos artesanales en los SPLPE

La agroindustria quesera artesanal mexicana se dedica a transformar la leche en queso y otros productos lácteos, a partir de un proceso llevado a cabo dentro de las primeras horas posteriores a la ordeña (Villegas de Gante y Cervantes-Escoto, 2011). Los quesos obtenidos, se caracterizan por ser elaborados principalmente de leche cruda sin pasteurizar, con procesos propios del productor, de tal forma que los principales consumidores son personas del mismo espacio geográfico donde son producidos y la población interesada por productos artesanales (Villegas de Gante et al., 2014).

Asimismo, la agroindustria quesera en México se ha clasificado en tres estratos de acuerdo al volumen procesado por día, los cuales son según Villegas-de Gante et al. (2014).

- Pequeña: transforma un volumen menor o igual a 2,000 litros de leche al día.
- Mediana: procesa de 2,000 hasta 20,000 litros de leche al día.
- Grande: procesa de 20,000 a más litros leche al día

Villegas de Gante et al. (2016) define a los quesos genuinos como productos legítimos, naturales, verdaderos, que representan parte de la herencia nacional por ser resultado de nuestra historia y cultura. Todos son elaborados a partir de leche fluida, de vaca o cabra, cruda o pasteurizada, con el empleo mínimo de aditivos permitidos (cuajo y sal) y se caracterizan por su raíz histórica, anclada a su lugar de origen.

Los quesos artesanales estimulan la actividad económica y la creación de empleos, de igual forma contribuyen a otros factores productivos locales como el ganado, los pastos y el suelo, además de contribuir a la autosuficiencia y seguridad alimentaria; mantienen los eslabones de las cadenas agroalimentarias y conservan el patrimonio

cultural y gastronómico de la identidad del país (Villegas de Gante y Cervantes-Escoto, 2011; Villegas de Gante et al., 2014).

En el noroeste del Estado de México se encuentra una importante concentración de pequeñas queserías artesanales que se caracteriza por articularse con unidades campesinas de producción de leche, recolectores de leche y comercializadores de queso (Castañeda-Martínez et al., 2009). El 82 % de la leche en sistemas de producción a pequeña escala es destinada a la producción de quesos frescos, que son vendidos principalmente en la Ciudad de México, el Estado de México, Querétaro e Hidalgo (Espinoza-Ortega et al., 2005).

Así mismo uno de los quesos más representativos en el noroeste del Estado de México es el queso molido de Aculco, el cual es fresco, de consistencia blanda y granulosa, tajable o desmenuzable y no es prensado. Tiene sabor suave, ligeramente ácido; puede encontrarse en forma redonda o de un prisma rectangular. El nombre “molido” lo obtiene ya que, en el proceso de elaboración, la cuajada, ya desuerada, se muele a mano al mismo tiempo que se le pone sal (Villegas de Gante et al., 2014).

En la elaboración de un queso artesanal, existen factores que influyen en este proceso, tales como los recursos locales del territorio, la calidad de la leche obtenida, así como la ubicación geográfica que pueden influir en las cualidades organolépticas (Villegas de Gante y Cervantes-Escoto, 2011).

2.7. Análisis sensorial de los quesos artesanales

La evaluación sensorial de los alimentos, es una herramienta importante para el diseño y desarrollo de nuevos productos alimenticios ya que poder medir en un laboratorio, de forma cuantitativa el grado de satisfacción que brindará un determinado producto, permite anticipar la aceptabilidad que tendrá (Wittig, 2021). Los alimentos portan atributos sensoriales que proporcionan identidad y que se hacen perceptibles al ser humano mediante sus sentidos (Centeno-Domínguez et al., 2012) En los últimos años se han aumentado los movimientos que buscan conservar y promover la producción y consumo de productos locales (Agudelo-

López et al., 2019). Los aspectos sensoriales se convirtieron en un agente de evolución a medida que las empresas analizan su mercado mediante esta herramienta, para conocer el grado de aceptabilidad que sus productos tienen por parte de los consumidores (Centeno-Domínguez et al., 2012).

Con lo anterior el análisis sensorial de un queso se determina con el uso de los sentidos (apariencia, sabor, olor y textura). La apariencia es el factor que determinará, en primera instancia, el grado de aceptación por parte del consumidor y este puede ser uno de los únicos criterios para determinar su compra, así mismo es importante realizar una degustación de la muestra para conocer el producto (Villegas de Gante et al., 2016).

De igual forma la evaluación sensorial permite la valorización de los quesos por el consumidor como agente central y la tipificación de los mismos. En los SPLPE se requieren estudios similares a los realizados por Centeno-Domínguez et al. (2012), que permitan conocer a los quesos artesanales, elaborados con ingredientes locales, procesos establecidos y con un origen específico.

2.7.1. Métodos para el análisis sensorial

La evaluación sensorial usa técnicas basadas en la fisiología y psicología de la percepción, haciendo uso de receptores sensoriales como los órganos de los sentidos que se usan en las características de los alimentos y determinan la calidad específica (Wittig, 2007).

De igual manera, Liria-Domínguez, (2008) divide las características que pueden medirse mediante los sentidos en la evaluación sensorial:

- Estímulos visuales: color, forma, brillo del alimento.
- Estímulos táctiles percibidos con la superficie de los dedos y el epitelio bucal: características rugosas, suaves, ásperas, líquidos, geles, jugosos, fibroso, grumoso, harinoso, grasosos entre otros.
- Estímulos olorosos percibidos por el epitelio olfativo: aromático, fetídico o ácido.

- Estímulos auditivos: crujientes, burbujeante.
- Estímulos gustativos percibidos por las papilas gustativas: dulce, salado, agrio y ácido.

Las metodologías de evaluación sensorial se dividen en dos grupos: en metodologías analíticas y metodologías afectivas. Las metodologías analíticas se realizan con jueces entrenados donde se enfocan en las diferencias sensorialmente perceptibles entre las características de las muestras y la intensidad que presentan. En cambio, la metodología afectiva emplea consumidores seleccionados en función del objetivo de la prueba y estos pueden ser consumidores sin entrenamiento (Severiano-Pérez, 2019).

Así mismo, Drake (2007) realizó una división de las pruebas sensoriales, incluyendo las siguientes:

- Tradicionales: las cuales fueron desarrolladas en el siglo XX por la industria láctea en la cual se le asigna a un producto una puntuación o grado de calidad global basado en una lista de defectos asignada.
- Pruebas sensoriales convencionales, dentro de las cuales se incluyen dos grupos:

Dentro de la clasificación de las pruebas sensoriales convencionales se encuentran las siguientes pruebas:

- Pruebas analíticas: las más conocidas son las pruebas de diferencia o discriminación consisten en determinar si existe una diferencia entre dos o más productos
- Pruebas afectivas o de consumo.

De igual manera las pruebas analíticas se encuentran diferenciadas de la siguiente forma:

- Pruebas de diferencia: los tipos de prueba de diferencia son las pruebas de triangulo o del dúo, la selección de la prueba está determinada por la cantidad

de muestras, condiciones de la prueba, la naturaleza de la diferencia potencial (conocida o desconocida) y los objetivos específicos de la prueba. Este tipo de pruebas se determina por un cálculo binominal y se recomienda de 25 a 50 panelistas para su aplicación. El grado de diferencia o la preferencia no pueden determinarse mediante esta prueba.

- Prueba de umbral: Un umbral se define como la concentración más baja a la que se puede detectar una respuesta sensorial y existen distintos tipos de umbrales:
 - a. Umbral absoluto (Previamente definido).
 - b. Umbral de reconocimiento (la concentración más baja a la que se puede reconocer un compuesto).
 - c. Umbral de diferencia (la concentración a la que se pueden detectar diferencias en los estímulos).
 - d. Umbral terminal (la concentración por encima de la cual no se percibe un aumento del estímulo sensorial).
 - e. Umbral orto nasal (el umbral de un compuesto volátil orto nasal).
 - f. Umbral retro nasal (el umbral del compuesto volátil retro nasal).

En estos dos últimos los sujetos llevan tapones nasales cuando toman un bocado de la muestra quitando el tapón una vez que el compuesto está en la boca. Estas pruebas se aplican a menudo a componentes indeseables (compuestos fuera del gusto), así como deseables en los alimentos y pueden constituir una poderosa herramienta para relacionar la percepción sensorial con el análisis instrumental de los compuestos volátiles y no volátiles. Es por ello que, para obtener un umbral fiable se considera adecuado entre 70 y 100 panelistas

- Análisis sensorial descriptivo: consiste en entrenar a un grupo de individuos (generalmente de 6 a 12) para que identifiquen y cuantifiquen atributos sensoriales específicos de un alimento. El alcance de la formación depende de los atributos a evaluar.

Algunas de las características que deben considerarse para realizar estas pruebas, son las siguientes:

- Se requiere de tiempo y dinero.
- El panel puede entrenarse con unos pocos atributos o con un gran número de atributos.
- Se debe usar lenguaje sensorial definido.

Dentro de la clasificación del segundo grupo que son las pruebas afectivas o de consumo, se encuentran las siguientes:

- Pruebas afectivas: en este tipo de pruebas no se debe utilizar panelistas entrenados y se recomienda un mínimo de 50 consumidores para llegar a cualquier conclusión sobre el gusto o preferencia por el producto y estos deben ser consumidores del producto.
- Pruebas de preferencia: son pruebas de elección forzada donde se presenta a los consumidores dos muestras y se les pide que indiquen que muestra prefieren. Se utiliza una escala generalmente la más utilizada es una escala hedónica de 9 puntos además de que son fáciles de realizar y todas las edades entienden la pregunta.

Autores como Centeno-Domínguez et al. (2012) elaboraron una metodología para el análisis sensorial de quesos gallegos tradicionales de cuatro variedades (Arzúa-Ulloa, Tetilla, Cebreiro y San Simón de Costa), mediante análisis sensorial aplicado a jueces entrenados donde las catas se realizaron en distintas fases; visual y olfativa de la corteza, táctil de la pasta, gustativa y retrogusto obteniendo las características de cada uno de estos quesos. En este sentido, las metodologías que se empleen para cada queso o producto, dependerán de los objetivos del estudio que se desee realizar.

2.7.2. Características sensoriales del queso con diferentes dietas

Diversos estudios (Huartaud et al., 2009; Cornu et al., 2009; Serrapica et al., 2019; Vargas-Bello-Pérez et al., 2020) han evaluado el efecto que tiene la inclusión de

diversas dietas en la alimentación del ganado, encontrando características que varían por el tipo de manufactura del queso, raza y las características de la región geográfica, donde se encuentran influenciando principalmente sabor y olor.

Las características sensoriales que describen un queso están condicionadas por factores relacionados con su proceso de elaboración, además de que los componentes químicos tienen un efecto en los componentes sensoriales tales como, la grasa láctea que aporta a los quesos características especiales en la apariencia, aroma, sabor, textura y estabilidad. Así mismo la prueba elegida para la evaluación del queso debe corresponder al objetivo de cada estudio y de lo que se pretende encontrar (Novoa y Lopes, 2008).

III. JUSTIFICACIÓN

Actualmente los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) buscan la implementación de alternativas de alimentación para el ganado bovino, que puedan estar mejor adaptadas ante los posibles efectos del cambio climático; sin embargo, la alimentación del ganado bovino tiene una influencia sobre los productos lácteos como el queso, en su composición fisicoquímica y sensorial, principalmente en el contenido de grasa y proteína. Así mismo, en los SPLPE, el 82% de la leche es destinada a la producción de quesos frescos.

Por lo tanto, dado que la alimentación tiene un efecto sobre la composición y las características sensoriales de la leche y el queso, es necesario evaluar el efecto de las estrategias de alimentación con diferentes alimentos sobre el rendimiento, la composición química, la evaluación sensorial y aceptabilidad de quesos elaborados a partir de leche de vacas con diferentes dietas.

Así mismo los datos del análisis fisicoquímico determinarán la composición del queso y el análisis sensorial permitirá medir cuantitativamente el grado de satisfacción y aceptabilidad que tendrá el queso.

IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existen diferencias en la composición fisicoquímica y características sensoriales de queso fresco elaborado con leche de vacas con diferentes estrategias de alimentación?

V. HIPÓTESIS

No existen diferencias en la composición fisicoquímica y características sensoriales de quesos frescos de vacas con diferentes estrategias de alimentación.

VI. OBJETIVOS

6.1. General

Analizar y comparar la composición fisicoquímica y las características sensoriales del queso fresco de leche de vacas alimentadas con dos variedades de ensilados de sorgo y ensilado de maíz.

6.2. Particulares

- Determinar el rendimiento y la composición fisicoquímica del queso, humedad, proteína, grasa y pH.
- Realizar un análisis sensorial del queso fresco con consumidores considerando los atributos de olor, sabor, textura en boca y en mano y color.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Zona geográfica

El trabajo se llevó a cabo en una quesería en pequeña escala donde se elaboran de manera artesanal quesos típicos mexicanos, la cual está ubicada en el municipio de Aculco, en la región de los Valles Altos del centro de México. Aculco se localiza entre las coordenadas 20° 00' - 20° 17' Norte y 99° 40' - 100° 00' Oeste, a una altitud entre los 2000 y 3000 m, con un clima templado subhúmedo (INEGI 2009).

Ilustración 1. Localización geográfica del municipio de Aculco, Estado de México



Fuente: INAFED, 2015

7.2. Diseño de la investigación

La leche utilizada para la elaboración de quesos provino de un experimento en finca con un productor de leche en pequeña escala, mediante una evaluación continua de alimentación con duración de 28 días con ocho vacas lecheras Holstein. Las vacas fueron divididas en dos grupos, evaluando dos dietas basadas en ensilados. Un grupo recibió el tratamiento SORGO = 10 kg de materia seca (MS)/vaca/día de ensilado de sorgo variedad Caña Dulce + 2.4 kg MS/vaca/día de ensilado de maíz (80% ensilado de sorgo y 20% ensilado de maíz). El otro grupo recibió el tratamiento MAÍZ = 12.4 kg MS/vaca/día de ensilado de maíz.

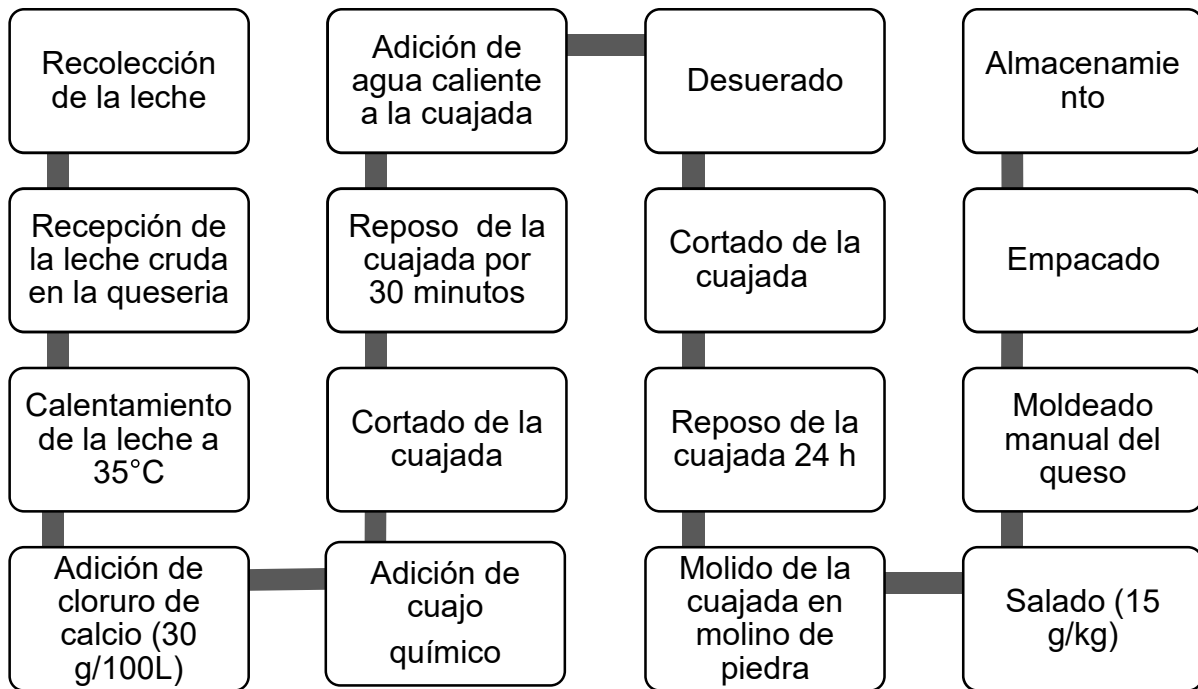
Todas las vacas recibieron también 4.0 kg en fresco (3.6 kg MS/vaca/día) de un alimento concentrado comercial y 2.4 kg MS/vaca/día de heno de alfalfa, por decisión del productor colaborante.

En el último día del experimento, se recolectaron 57 litros de leche en cada grupo de tratamiento de las ordeñas realizadas descritos por Fusaro et al. (2020), Vargas-Bello-Pérez et al. (2020), y García-Ferreira et al. (2021).

7.3. Proceso de elaboración del queso fresco ‘Molido’

Se elaboraron quesos frescos del tipo ‘Molido’ de Aculco de la manera tradicional.

Ilustración 2. Proceso de elaboración del queso fresco "Molido"



Fuente: Elaboración propia.

El queso fresco ‘Molido’ de Aculco es el más representativo del área de estudio. Se trata de un queso fresco, no prensado, y caracterizado por una consistencia granular suave, con un sabor ligeramente ácido y comercializado en formato de prismas rectangulares. El nombre ‘Molido’ proviene del procesamiento donde la cuajada se deja reposar por 24 horas para ser posteriormente molida en un molino de piedra antes de ser colocado en moldes (Villegas de Gante et al., 2014).

Para su elaboración la leche se calienta a 35 °C y se agregan 30 g/100L de cloruro de calcio, así como 5 ml/L de cuajo. Treinta minutos después, la cuajada se corta en cubos de aproximadamente 1 cm³ y se drena el suero, dejando escurrir los cubos

de cuajada por 24 horas; se muelen en un Molino de piedra y se añade sal (15 g/kg). La cuajada molida se depositó en moldes rectangulares de acero inoxidable con capacidad aproximada de 500g.

Los quesos fueron codificados, empacados al vacío, y mantenidos en refrigeración para los análisis de laboratorio y sensoriales. Se elaboraron 11 quesos en formato de prisma rectangular de aproximadamente 500 g por cada tratamiento.

7.4. Análisis fisicoquímicos

7.4.1. Muestras

Los análisis fisicoquímicos se realizaron a partir de muestras de 150 g por triplicado de cada queso los cuales fueron procesados en los laboratorios del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), para determinar humedad, pH, ceniza, proteína y grasa.

7.4.2. Determinación de proteína

Se empleó el método Kjeldahl especificado en la Norma Mexicana NMX-F-098-1976. Esta metodología se basa en la descomposición de los compuestos de nitrógeno orgánico por digestión con ácido tetraoxisulfúrico. Se pesó 1 g de muestra de queso en papel libre de nitrógeno y se transfirió a un tubo digestor Kjeldahl previamente identificado con un número; al tubo se le adicionaron 10 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y una pastilla catalizadora (Sulfato de potasio y cobre como catalizador).

Finalizado el proceso de digestión se colocaron los tubos en el digestor BUCHI K-449, el cual fue programado de acuerdo a los rangos y temperaturas establecidos, donde al final se obtiene una solución color azul clara. Posteriormente, a un matraz Erlenmeyer se adicionaron 25 ml de ácido bórico al 4% junto con 5 gotas de indicador de color rojo de metilo.

A cada tubo Kjeldhal se adicionó 50 ml de agua destilada y 80 ml de hidróxido de sodio al 40% para comenzar el proceso de destilación.

La titulación se realizó agregando ácido clorhídrico al 0.1 N gota por gota hasta llegar al cambio de tono verde al rosado. Para tomar la lectura se registraron los ml

de ácido clorhídrico adicionados en cada titulación. Cabe mencionar que el método se realizó primero a dos muestras en blanco como indicadores de que el proceso se llevó a cabo correctamente.

Los resultados se expresaron en porcentaje de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NMX-F-098-1976, siguiendo la siguiente formula:

$$\% \text{ de nitrógeno} = \frac{V \times N \times 0.014 \times 100}{P}$$

Donde:

V= Mililitros de ácido clorhídrico empleados en la titulación

N= Normalidad del ácido clorhídrico

P= Peso de la muestra

El porcentaje de proteínas se obtiene multiplicando el porcentaje de nitrógeno obtenido, expresado en peso (%w/w), por el factor 6.38.

7.4.3. Determinación de grasa

La determinación de grasa se realizó por el método Soxhlet (NMX-F-615-NORMEX-2018). Esta técnica se basa en la separación sólido-líquido comúnmente utilizado para la determinación del contenido graso en muestras.

Para iniciar, en capsulas deben pesarse 6 g de muestra, las cuales deben meterse a la estufa durante 18 h a 105 °C. Transferir 2 g de muestra a un dedal de celulosa cubriendo con algodón. Una vez listo, se coloca el cartucho dentro del extractor Soxhlet. En la parte inferior, se debe ajustar el matraz con cuerpos de ebullición (llevados previamente a peso constante por calentamiento a 105°C). Colocar el refrigerante. Posteriormente se añade el éter de petróleo por la parte superior del refrigerante (alrededor de 80 ml). Se debe calibrar el agua a 2 L por minuto para hacerla circular por el refrigerante.

Finalmente se efectúa la extracción durante cuatro horas de acuerdo a las temperaturas programadas para la muestra.

Una vez finalizado este paso se realizan los cálculos correspondientes:

$$\% \text{ de extracto etéreo} = \frac{P-p}{M} \times 100$$

Donde:

P=Masa en gramos del matraz con grasa

p= Masa en gramos del matraz sin grasa

M= Masa en gramos de la muestra

7.4.4. Determinación de Humedad

En este proceso se utilizó el método especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSA1-1994. Esta metodología se basa en la diferencia de pesos una vez que las muestras pasaron por altas temperaturas, donde el agua contenida se evapora.

Al inicio, se pesaron y registraron los pesos de cápsulas desechables, las cuales para tener un peso constante se metieron a una estufa durante una hora a 105°C. Obtenido el peso, las cápsulas calientes se colocaron en desecadores para conservar temperaturas lineales. Consecuentemente, se pesaron dos gramos de muestra en cada capsula y se llevaron a la estufa donde permanecieron 18 h a 105°C. Finalmente, se sacaron de la estufa y se colocaron en un desecador para posteriormente pesarlas. Los resultados se expresaron de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSA1-1994.

7.4.5. Determinación de pH

El método para la determinación de pH se encuentra descrita por la Norma Mexicana NMX-F-099-1970. Esta metodología consiste en el empleo de un potenciómetro, el cual debe calibrarse con buffers de 4, 7 y 10 de concentración. Una vez calibrado, se introduce dentro de la muestra de queso (aproximadamente 80 g), el electrodo de penetración haciendo una ligera presión. Para finalizar se registra la lectura que se especifica.

7.5 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se llevó a cabo con 132 jóvenes estudiantes universitarios consumidores de queso (jueces no entrenados), parámetro que está dentro del número sugerido por Drake (2007).

Cada queso se cortó en cubos de aproximadamente 20 g y fueron colocados en platos de cartón blanco y cada muestra codificada con tres dígitos aleatorios. Cada participante tuvo pan blanco y agua para limpiar el paladar entre evaluaciones.

Se llevaron a cabo dos pruebas, una para aceptación (atributos sensoriales) y una para preferencia general. La aceptación fue evaluada con una escala Likert (1932) de cinco puntos, con las siguientes representaciones: 1: no me gusta; 2: me gusta poco; 3: ni me gusta ni me disgusta; 4: me gusta; y 5: me gusta mucho (Agudelo-López et al., 2019). Los atributos evaluados fueron color, apreciación visual, textura en mano, olor, sabor, textura en boca, aromas y retrogusto (Sainz-Ramírez et al., 2023). Para medir la preferencia, se preguntó a los participantes qué muestra de queso prefirieron más.

7.6 Análisis estadístico

Un análisis de varianza se aplicó a las variables fisicoquímicas bajo un diseño totalmente aleatorio (Kaps and Lamberson, 2004) con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu_i + t_j + e_{ij}$$

Donde μ = media general;

t = efecto de tratamientos (i = 1, 2), y;

e = variación residual.

El análisis se efectuó tomando los valores medios de las tres determinaciones por queso.

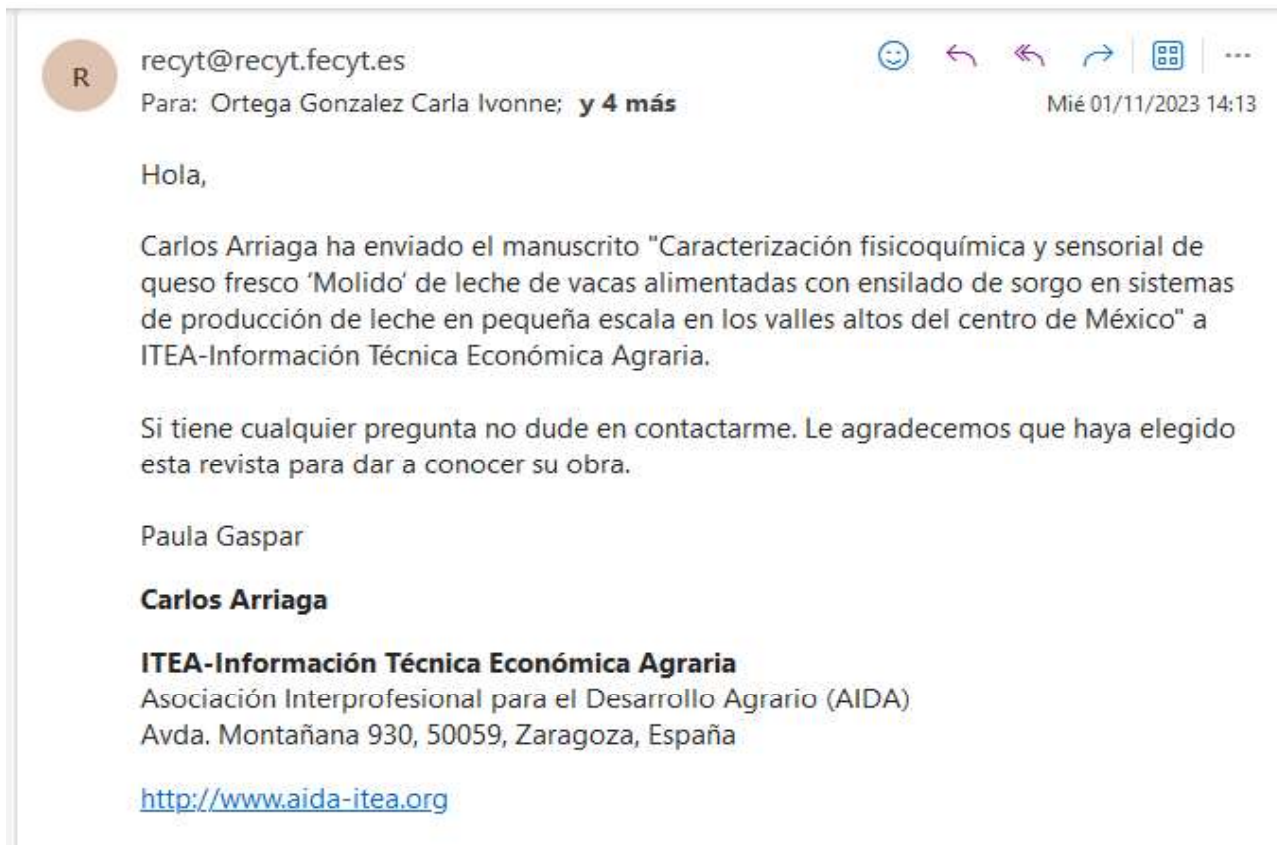
Los atributos sensoriales fueron analizados con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, y las preferencias de los quesos mediante la prueba de Xi-cuadrada (Agudelo-López et al., 2019).

VIII. RESULTADOS

8.1. Artículo enviado

Carla Ivonne Ortega-González, Angélica Espinoza-Ortega, Laura Patricia Sánchez-Vega, Aurora Saínez-Ramírez, Felipe López-González, Carlos Manuel Arriaga-Jordán. Caracterización fisicoquímica y sensorial de queso fresco 'Molido' de leche de vacas alimentadas con ensilado de sorgo en sistemas de producción de leche en pequeña escala en los valles altos del centro de México. ITEA

Ilustración 3. Artículo enviado



recyt@recyt.fecyt.es
Para: Ortega Gonzalez Carla Ivonne; y 4 más
Mié 01/11/2023 14:13

Hola,

Carlos Arriaga ha enviado el manuscrito "Caracterización fisicoquímica y sensorial de queso fresco 'Molido' de leche de vacas alimentadas con ensilado de sorgo en sistemas de producción de leche en pequeña escala en los valles altos del centro de México" a ITEA-**Información Técnica Económica Agraria**.

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactarme. Le agradecemos que haya elegido esta revista para dar a conocer su obra.

Paula Gaspar

Carlos Arriaga

ITEA-Información Técnica Económica Agraria****
Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA)
Avda. Montañana 930, 50059, Zaragoza, España

<http://www.aida-itea.org>

Caracterización fisicoquímica y sensorial de queso fresco ‘Molido’ de leche de vacas alimentadas con ensilado de sorgo en sistemas de producción de leche en pequeña escala en los valles altos del centro de México

Carla Ivonne Ortega-González, Angélica Espinoza-Ortega, Laura Patricia Sánchez-Vega, Aurora Sainz-Ramírez, Felipe López-González y Carlos Manuel Arriaga-Jordán*

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México, Campus UAEM El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, 50090 Toluca, Estado de México, México

Autor de correspondencia: Carlos Manuel Arriaga-Jordán Email: cmarriagaj@uaemex.mx

Resumen

La dieta de las vacas afecta los productos lácteos por las características fisicoquímicas y sensoriales de la leche producida. El ensilado de sorgo es propuesto como alternativa para sistemas de producción de leche en pequeña escala en los valles altos de México ante cambios en el patrón de lluvias y periodos de sequía. **Objetivo:** El objetivo fue analizar el efecto del forraje de sorgo en la composición y características sensoriales para los consumidores de queso. **Metodología:** Se elaboró queso fresco ‘Molido’ con leche de vacas alimentadas con una base de 80% de ensilado de sorgo – 20% de ensilado de maíz en materia seca (tratamiento SORGO) comparado con la base convencional de 100% de ensilado de maíz (tratamiento MAÍZ). La composición fisicoquímica se analizó mediante un diseño completamente aleatorio por análisis de varianza. La evaluación sensorial mediante una escala hedonística de 1 a 5 mediante prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, y la preferencia general mediante una prueba de Chi-cuadrada. **Resultados:** Se presentaron diferencias ($P < 0,05$) entre quesos para contenido de grasa, proteína y cenizas. En el análisis sensorial se presentaron diferencias ($P < 0,05$) para sabor, textura en boca y persistencia de aromas con calificación mayor para MAÍZ. Sin embargo, en preferencia general, el queso del tratamiento SORGO fue preferido ($P < 0,05$) sobre el queso del tratamiento MAÍZ.

Conclusiones: La preferencia por el queso hecho con leche de vacas alimentadas con una base forrajera de ensilado de sorgo representa una alternativa para productores de leche en pequeña escala cuya leche se destina para la producción artesanal de queso fresco 'Molido'.

Palabras clave: Percepción sensorial, preferencias de consumidores, taninos condensados, jueces no entrenados, prueba hedónica.

Physicochemical and sensory characterisation of 'Molido' fresh cheese from cows fed sorghum silage in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico

Abstract

The diet of milking cows influences dairy products through the physicochemical and sensory characteristics of the milk produced. Sorghum silage has been proposed as an alternative forage for small-scale dairy systems in the highlands in the face of changing rain patterns and dry spells. **Objective:** The objective was to analyze the effect of sorghum forage on the composition and sensory characteristics for cheese consumers. **Methods:** Fresh 'Molido' cheese made cows fed a diet with a forage base of 80% sorghum silage – 20% maize silage on a DM basis (treatment SORGO) compared to the conventional forage base of 100% maize silage (treatment MAÍZ). Chemical composition was analysed by analysis of variance on a completely randomised design, and a sensory assessment by a 1 to 5 point hedonic scale analysed by the Kruskal-Wallis non-parametric test, and overall preference analysed by a Xi-square test. **Results:** There were significant differences between cheeses ($P < 0, 05$) for fat, protein and ash contents. In the sensory assessment, significant differences ($P < 0, 05$) were for flavour, texture in mouth, and aroma persistence with higher score for MAÍZ cheese. However, in overall preference, SORGO cheese was significantly preferred ($P < 0, 05$) over MAÍZ cheese. **Conclusion:** The overall preference for cheese made from milk of cows fed a forage base of sorghum silage, represents an alternative to small-scale dairy farmers whose milk is for artisan 'Molido' fresh cheese production.

Keywords: Sensory perception, consumer preference, condensed tannins, untrained panelists, hedonistic trial.

IX. DISCUSIÓN GENERAL

En los sistemas de producción de leche, la implementación de forrajes conservados permite al ganado lechero balancear los nutrientes de las vacas lecheras ya que se usan como sustitución o complemento de otros alimentos durante la época de seca (Salceda et al., 1993; Ocanto et al., 2013). El uso del ensilado de diversos forrajes ofrece muchas ventajas como una mayor independencia del clima, mayor control por parte del productor y evita la pérdida de nutrientes durante el marchitamiento (Van den Oever et al., 2021). Uno de los principales objetivos del ensilaje es no perjudicar la producción ni características físicas y químicas de la leche (Ocanto, et al., 2013; Angulo-Arizala et al., 2022) ni de los productos lácteos como el queso. No obstante, las diferencias en la calidad de la leche dependen del tipo de ensilado que se utilice y de los compuestos que este contenga (Hurtaud et al., 2009)

Las proantocianidinas o también conocidas como taninos condensados, pertenecen a los metabolitos secundarios más antiguos de las plantas (Aerts et al., 1999). Los forrajes que contienen concentraciones moderadas de estos compuestos, pueden ejercer efectos benéficos en el metabolismo proteico de las vacas lecheras, reduciendo su degradación en el rumen y mejorando su flujo hacia los intestinos (Aerts et al., 1999), que se ve reflejado en un mejor desempeño animal principalmente en términos de rendimientos de leche más altos (Min et al., 2003; Mueller-Harvey, 2006) y mayor contenido de proteína en leche (Min et al., 2003; Muller-Harvey et al., 2006) y por lo tanto en el queso. Los elementos químicos del queso juegan un papel importante que determinan sus características, la humedad es importante en el tiempo de conservación, su textura y el rendimiento en el proceso de elaboración, la caseína tiene influencia sobre la textura y sabor, la grasa contribuye una alta humedad y presenta una mayor actividad del agua y el sodio, calcio, potasio, hierro y magnesio influyen en el desuerado y la textura del queso (Aguilar-Castillo et al., 2019).

Los resultados obtenidos en la presente investigación, demuestran que el ensilado de sorgo modificó la composición de los quesos principalmente en un aumento en la cantidad de proteína y grasa, resultados en línea con otros autores (Bonanno et al., 2016; De Carvalho-Sobral et al., 2023; Sainz-Ramírez et al., 2023).

También se observó que se modificó la percepción sensorial y la aceptabilidad de los quesos por parte de los consumidores, tal como han descrito distintos autores (Martin et al., 2005; Girard et al., 2016; Martínez-Loperena et al., 2015).

X. CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo con los resultados de este estudio, la composición fisicoquímica del queso fresco 'Molido', fue modificada por el tratamiento de alimentación de vacas alimentadas con ensilado de sorgo en términos de contenido de grasa, proteínas y cenizas, lo cual se atribuye a este forraje y a sus compuestos, los cuales también modificaron la percepción por los consumidores sobre los atributos sensoriales principalmente en el olor, sabor y textura. Así mismo, la aceptación del queso elaborado con leche de vacas alimentadas con una base forrajera de ensilado de sorgo, representó el mayor porcentaje, lo cual contribuye a que los productores de queso del municipio de Aculco empleen leche proveniente de otras alternativas forrajeras de alimentación diferentes al maíz, ya que el 82 % de la leche producida en esta zona se destina a la elaboración artesanal de queso fresco 'Molido'.

XI. REFERENCIAS

- Aerts R.J., Barry T.N. and McNabb W.C. (1999). Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 75: 1-12.
- Agudelo-Gomez, D.A. y Bedoya-Mejia, O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*, 2 (1): 38-42.
- Agudelo-López, M., Cesín-Vargas, A., Espinoza-Ortega, A. y Ramírez-Valverde, B. (2019). Evaluación y análisis sensorial del Queso Bola de Ocosingo (México) desde la perspectiva del consumidor. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(1): 104-119.
- Aguilar-Castillo, L.N., Muñoz-Benítez, A.L., Salinas-Martínez, J.A., Del Razo-Rodríguez, O.E., Ángeles-Hernández, J.C., Arriaga-Jordán, C.M., García-Martínez, A., Morales-Almaráz, E., Ignacio Arturo Domínguez-Vara, I.A. y Vieyra-Alberto, R. (2019). Rendimiento y composición química del queso fresco elaborado con leche de vacas en pastoreo complementadas con semillas de soya y de chíá. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 6 (2): 219-224.
- Alais, C. 2003. *Ciencia de la leche. Principios de la técnica lechera*. 4ª edición. Barcelona. España.
- Álvarez-Fuentes, G., Herrera-Haro, J.G., Alonso-Bastida, G. y Barreras-Serrano, A. (2012). Calidad de la leche cruda en unidades de producción familiar del sur de Ciudad de México, *Archivos de Medicina Veterinaria*, 44: 237-242.
- Angulo-Arizala, J., Nemocon-Cobos, A.M., Posada- Ochoa, S.L. y Mahecha-Ledesma, L. (2021). Producción, calidad de leche y análisis económico de vacas holstein suplementadas con ensilaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) o ensilaje de maíz, *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20 (1): 27-40.
- Bande-Castro, M.J., Resch-Zafra, C. y Quintela-García, M. (2015). El sorgo grano para ensilar en Galicia como nueva alternativa al maíz forrajero: producción y calidad nutritiva en siembras tardías. *Revista Pastos*, 45 (1): 47-55.

- Baroni, M.V., Calandri, E., R., Martínez, M. y Moiraghi, M. (2017). VI Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos 2016 – Córdoba, Argentina. <https://cicytac.cba.gov.ar/wp-content/uploads/2018/03/AnalisisFisico-QuimicosSensoriales.pdf> (Consultado en mayo 2022).
- Bernal-Martínez, L. R., Rojas-Garduño, M.A., Vázquez-Fontes, C., Espinoza-Ortega, A., Estrada-Flores, J. y Castelán-Ortega, O.A. (2007). Determinación de la calidad fisicoquímica de la leche cruda producida en sistemas campesinos en dos regiones del Estado de México. *Veterinaria México*, 38 (4): 395-407.
- Bolaños-Aguilar, E.D., Claude-Emile, J. y Audebert, G. (2012). Rendimiento y calidad de híbridos de sorgo con y sin nervadura café. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3 (2): 441-449.
- Bonanno, A., Di Grigoli, A., Mazza, F., De Pasquale, C., Giosue, C., Vitale, F. and Alabiso, M. (2016). Effects of ewes grazing sulla or ryegrass pasture for different daily durations on forage intake, milk production and fatty acid composition of cheese. *Animal*, 10(12):2074-2082.
- CANILEC. 2021. Estadísticas del sector lácteo. México. <https://www.canilec.org.mx/wp-content/uploads/2021/04/Compendio-del-Sector-Lacteo-2021.pdf>. Consultado 16 de mayo 2022.
- Castañeda-Martínez, T., Boucher, F., Sánchez-Vera, E. y Espinoza-Ortega, A. (2009). La concentración de agroindustrias rurales de producción de quesos en el noroeste del Estado de México: un estudio de caracterización. *Estudios Sociales*, 17 (34): 75–109.
- Cattani, M., Guzzo, N., Mantovani, R. and Bailoni, L. (2017). Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition, and quality. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8 (15): 1-8.
- Celis-Alvarez, M.D., López-González, F., Martínez-García, C.G., Estrada. Flores, J.G. y Arriaga-Jordán, C.M. (2016). Oat and ryegrass silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 48: 1129-1134.

- Centeno-Domínguez, J. A., Rodríguez-Alonso, P., Carballo-García, F. J. y Garabal-Sánchez, J. I. (2012). Los Quesos Gallegos: Perfiles sensoriales de los Quesos Artesanales Tradicionales. Servizo de Publicacións Universida de Vigo. España.
- Cervantes-Escoto, F. (2008). Los quesos mexicanos genuinos: patrimonio cultural que debe rescatarse. Universidad Autónoma Chapingo. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Coulon, J.B., Delacroix-Buchet, A., Martin, B. and Pirisi, A. (2004). Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheeses: a review. *Lait*, 84: 221–241.
- Cornu, A., Rabiau, N., Kondjoyan, N., Verdier-Metz, P., Pradel, P., Tournayre, P., Berdague, J.L. and Martin, B. (2009). Odour-active compound profiles in Cantal-type cheese: Effect of cow diet, milk pasteurization and cheese ripening. *International Dairy Journal*, 19: 588-594.
- Cuchillo-Hilario, M., Delgadillo-Puga, C., Navarro-Ocaña, A. and Pérez-Gil Romo, F. (2010). Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats' milk cheeses on summer grazing. *Journal of Dairy Research* 77 (1): 6-20.
- Díaz-Yubero, I. (2019). El queso es la inmortalidad de la leche. *Cultura Alimentaria*. 4: 1-16.
- De Carvalho-Sobral, G., Silva de Oliveira, J., Aparecida-Soares-Saraiva, C., Mauro-Santos, E., De Sousa-Vieira, D., Florencio-Da Cruz, A., Da Cunha-Torres-Junior, P., Rosas- De Albuquerque, I.R., Oliveira-De Araújo, A. and Lidiany-Ribeiro, N. (2023). Sensory analysis of goat cheese feed with sorghum silage levels in forage cactus based diets. *Food Science and Technology Campinas* 43: 1-7.
- Drake, M.A. (2007). Invited Review: Sensory Analysis of Dairy Foods. *Journal of a dairy Science*. 90: 4925–4937.
- Elgersma, A. (2015). Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: A review of the contributing factors, challenges and future perspectives. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117: 1345–1369.

- Elgersma, A., Tamminga, S., Ellen, G. (2006). Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology*, 131: 207–225.
- Espinoza-Ortega, A., Álvarez-Macias, A., Del Valle, M.C. y Chauvete, M. (2005). La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Técnica Pecuaria en México*, 43 (1): 39-56.
- Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda-Martínez, T. and Arriaga-Jordán, C.M. (2007). Small-scale dairy farming in the highlands of central México: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*, 43: 241–256.
- Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E. and Arriaga-Jordán, C.M. (2013). Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37: 882–901.
- FAO/OMS. 2008. Leche y productos lácteos. 2da edición. Norma general del Codex para el queso. Codex Stan 283-1978. Revisión 1999, Enmienda 2006.
- FAO (2010). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Small-scale dairy production: a way out of poverty. Disponible en: <https://www.fao.org/news/story/es/item/45796/icode/> (Consultado: 18/06/23).
- FAO, 2023. Portal lácteo. <https://www.fao.org/dairy-production-products/es/>. Consultado, abril 2022.
- Freire de Oliveira, W., Moura de Lima, E., Ribeiro de Freitas, D. & Sousa dos Santos, S., Carvalho-Reis, G., 1 Iris-Gomes., D., Souza-Alves, K. and Raylon-Pereira, M. (2020). Production, chemical composition, and economic viability of Minas Frescal cheese from buffaloes supplemented with açai seed. *Tropical Animal Health and Production*, 52: 2379-2385.
- Fusaro, I., Giammarco, M., Odintsov-Vaintrub, M., Chincarini, M. Manetta, A.C., Mammi, L.M.E., Palmonari, A., Formigoni, A., and Vignola, G. (2020). Effects of three different diets on the fatty acid profile and sensory properties of fresh Pecorino

cheese “Primo Sale”. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 33 (12): 1991 - 1998.

Garcés-Molina, A.M., Berrio-Roa, L., Ruiz-Alzate, S., Serna-DLeon, J.G. y Builes-Arango, A.F. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, 1 (1): 66-71.

García-Ferreira, A.C., Araújo-Teixeira, R.M., Pereira-Mendes, B., Ribeiro-Vaneli, N., De Oliveira, L.F., Dornelas-Silva, P.S. and De Almeida-Neto, O.B. Effects of bovine somatotropin on productive performance and Minas Padrão cheese. *Tropical Animal Health and Production* 53: 519.

Girard, M., Dohme-Meier, F., Wechsler, D., Goy, D., Kreuzer, M. and Bee, G. (2016). Ability of 3 tanniferous forage legumes to modify quality of milk and Gruyère-type cheese. *Journal of Dairy Science* 99 (1): 205-220.

Gómez-Miranda, A., López-González, F., Vieyra-Alberto, R. and Arriaga-Jordán, C.M. (2022). Grazed barley for dairy cows in small-scale systems in the highlands of Mexico. *Italian Journal of Animal Science*, 21 (1): 178-187.

Gulati, A., Galvin, N., Hennessy, D., McAuliffe, S., O'Donovan, M., McManus, J.J., Fenelo, M.A., and Guinee, T.P. (2018). Grazing of dairy cows on pasture versus indoor feeding on total mixed ration: Effects on low-moisture part-skim Mozzarella cheese yield and quality characteristics in mid and late lactation. *Journal of Dairy Science*, 101: 8737–8756.

Hemme, T. IFCN Dairy Team and IFCN Researchers, (2007). IFCN Dairy Report, 2007. International Farm Comparison Network, (IFCN Dairy Research Center, Kiel).

Hervas-Serra, A. (2012). El mercado del queso en México. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México. de <https://docplayer.es/13098176-Oficina-economica-y-comercial-de-la-embajada-de-espana-en-mexico-notas-sectoriales-el-mercado-del-queso-en-mexico.html>

Hurtaud, C., Peyraud, J.L., Michel, G., Berthelot, D., and Delaby, L. (2009). Winter feeding systems and dairy cow breed have an impact on milk composition and flavour of two Protected Designation of Origin French cheeses. *Animal*, 3 (9): 1327-1338.

- Index mundi. 2022. Producción de Lácteos, queso por país en miles de toneladas. <https://www.indexmundi.com/agriculture/?producto=queso&variable=produccion&=es>. Consultado, marzo 2022.
- INEGI (2009). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Aculco, México. Clave geoestadística 15003. Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15003.pdf. Consultado: 02/09/23.
- Jenkins, T.C. and McGuire, M.A. (2006). Major Advances in Nutrition: Impact on Milk Composition. *Journal of Dairy Science*, 89: 1302–1310.
- Kaps, M. and Lamberson, W.R. (2004). *Biostatistics for animal science*. Cromwell Press, Trowbridge. UK. 459 pp.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1–55.
- Liria-Dominguez, M.R. (2008). Guía para la evaluación sensorial de alimentos. <https://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf>. Consultado en, mayo 2022.
- Loera, J. y Banda, J. (2017). Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Revista de investigaciones Altoandinas*, 19 (4): 419-426.
- Macías-Mejía, B. A., Gómez-Salazar, J. A., Mireles-Arriaga, A. I. y Rodríguez-Hernández, G. (2019). Determinación de parámetros Físicoquímicos y Sensoriales De Queso Fresco De La Ciudad De Irapuato. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4: 531-537.
- Makkar, H.P.S. (2016). Smart livestock feeding strategies for harvesting triple gain e the desired outcomes in planet, people and profit dimensions: a developing country perspective. *Animal Production Science*, 56: 519-534.
- Mckay, Z.C., Mulligan, F.J., Brady, E.L., Sullivan, M.O., Rajauria, G., Lynch, M.B., O’Callaghan T.F. and Pierce, K.M. (2022). Impact of a total mixed ration or

pasture/pasture silage-based feeding strategy in the initial stages of lactation of spring-calving dairy cows on milk production, composition and selected milk processability parameters. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 1-14.

Martínez-Loperena, R., Ayala-Burgos, A., Solorio-Sánchez, J. y Castelán-Ortega, O. (2015). Efecto de un Sistema Silvopastoril Intensivo sobre el Perfil de Textura y Composición Físico-Química del Queso Artesanal Tepeque de México. *Revista Científica*, 25 (2): 153-158.

Méndez-Ventura, L.M. (2020). Manual de prácticas de Análisis de Alimentos. <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf>. Consultado, mayo de 2022.

Min, B.R., Barry, T.N., Attwood, G.T. and McNabb, W.C. (2003). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology* 106: 3-19.

Mueller-Harvey, I. (2006). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86 (13): 2010–2037.

NMX-F-099-1970 (1970). Método de prueba para la determinación de pH en quesos procesados Normas Mexicanas Dirección General de Normas. [En línea]. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-099-1970.PDF>. Fecha de consulta: 28 de abril de 2022.

NOM-116-SSA1-1994. (1994). Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico: método por arena o gasa. Normas Mexicanas Dirección General de Normas. [En línea]. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/116ssa14.html> Fecha de consulta: 28 abril de 2022.

NOM-155-SCFI-2012. (2012). Leche-denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Normas Mexicanas Dirección General de Normas. [En línea]. Disponible en: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4692/seeco/seeco.htm> Fecha de consulta: 28 de abril de 2022.

- Noguera, R. R., Díaz, A. and Pineda, S. (2011). Effect of supplementation with silages on production and composition of goat's milk and curd yield. *Livestock Research for Rural Development* 23 (8): 1-6.
- Novoa, C.F. y Lopes, N.C. (2008). Evaluación de la vida útil sensorial del queso doble crema con dos niveles de grasa. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 55 (2): 91-99.
- Ocanto, G., Acevedo, I. y García, O. Evaluación de las características fisicoquímicas y funcionales del ensilaje de maíz (*zea mays*) y ensilaje de sorgo (*sorghum vulgare*) municipio Urdaneta del Estado Lara. *ASA*, 1-20.
- OCDE-FAO (2019), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2019-2028. OECD Publishing, Paris/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), Roma.
- Odermatt, P. y Santiago, C.M.J. (1997). Ventajas comparativas en la Producción de Leche en México. *Agroalimentaria*, 5: 35-44.
- Pacheco-Ramos, J. C., Rocha-Júnior, V. R., Pinto-Moncao, F., Augusto da costa-Parrela, R., Mendes-Caxito, A., Silva-Cordeiro, M, W., Ferreira-Da Hora, F. and Ananias de Assis-Pires, D. (2021). Effect to replacing forage sorghum silage with biomass sorghum silage in diets for F1 Holstein x Zebu lactating cows. *Tropical Animal Health and Production*. 53, 99-110.
- Ramírez-López. y Vélez-Ruiz, J.F. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas Selectos de Ingeniería en Alimentos*, 6 (2): 131 – 148.
- Roncallo, B.; Milena, A. y Castro, E. (2012) .Forage yield of cutting grass and effect on compositional quality and yield of milk in a dry Caribbean. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13 (1): 71-78.
- Rosendo-Ponce, A., Sánchez-Gómez, A., Ríos-Ortiz, A., Torres- Hernández. y Becerril-Pérez, C.M. (2019). Rendimiento y composición química de la leche de vacas criollas Lechero Tropical en pastoreo y suplementación, *Alimentación y nutrición animal*, 22 (1): 1-14.

- Sainz-Ramírez, A., Colín-Navarro, V., Estrada-Flores, J.G., Velarde-Guillén, J., López-González, F. and Arriaga-Jordán C.M. (2023). Characterisation and sensory appraisal of fresh 'molido' cheese from cows fed different levels of sunflower silage inclusion in small-scale dairy systems. *Tropical Animal Health and Production* 55: 1-7.
- Salvador, A. y Martínez, G. (2007). Factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra: revisión bibliográfica. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 48 (2): 61-76.
- Salceda, G., Vélez, M., Flores, A. y Santillán. (1993). Producción de leche con vacas alimentadas con ensilaje de maíz y suplementadas con concentrado. *Ceiba*, 34(1): 57-65.
- Santillo, A., Ciliberti, M.G., Ciampi, F., Luciano, G., Natalello, A., Menci, R., Caccamo, M., Sevi, A. and Albenzio, M. (2022). Feeding tannins to dairy cows in different seasons improves the oxidative status of blood plasma and the antioxidant capacity of cheese. *Journal of Dairy Science* 105 (11): 1-12.
- Seguel, G., Keim, J.P., Vargas-Bello-Pérez, E., Geldsetzer-Mendoza, C., Ibañez, R.A. and Alvarado-Gilis, C. (2020). Effect of forage brassicas in dairy cow diets on the fatty acid profile and sensory characteristics of Chanco and Ricotta cheeses. *Journal of a Dairy Science*, 103: 228–241.
- Serrapica, F., Uzun, P., Massucci, F., Napolitano., F., Braghieri, A., Genovese, A., Sacchi, R., Romano, R., Barone, C.M.A. and Di Francia, A. (2020). Hay or silage? How the forage preservation method changes the volatile compounds and sensory properties of Caciocavallo cheese. *Journal of a Dairy Science*, 103: 1391–1403.
- Severiano-Pérez, P. (2019) ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?. *Interdisciplina*, 7 (19): 47-68.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2020). Producción de leche Bovina 2020. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/. Consultado, marzo 2022.

- Solís-Méndez, A.D., Martínez-Loperena, R., Solorio-Sánchez, J. Estrada-Flores, J.G., Avilés-Nova, F., Gutiérrez-Ibáñez, A. T. Castelán-Ortega, O. A. 2013. Características del queso Tepeque de tierra caliente de Michoacán: un queso producido en un sistema sivopastoril intensivo, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16(2): 201-214. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93928324009>
- STATISTA (2023). The Statiscs Portal. Annual global cheese production from 2015 to 2023. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/1311313/produccion-de-queso-en-el-mundo/> (Consultado: 04/08/23).
- Thivierge, M.N., Chantigny, M.H., Bélanger, G., Seguin, P., Bertrand, A. and Vanasse, A. (2015). Response to Nitrogen of Sweet Pearl Millet and Sweet Sorghum Grown for Ethanol in Eastern Canada. *Bioenergy Research*, 8: 807-820.
- Van den Oever, S.P., Haselmann, A., Schreiner, M., Fuerst-Waltl, B., Zebeli, Q., Mayer, H.K. and Knaus, W. (2021). Hay versus silage: Does hay feeding positively affect milk composition? *International Dairy Journal*, 118: 1-20.
- Vargas-Bello-Pérez, E., Geldsetzer-Mendoza, C., Ibañez, R.A., Rodríguez, J.R., Alvarado-Gillis, C. and Keim, J.P. (2020). Chemical Composition, Fatty Acid Profile and Sensory Characteristics of Chanco-Style Cheese from Early Lactation Dairy Cows Fed Winter Brassica. *Crops Animals*, 11, (107): 1-13.
- Vieyra-Alberto, R. Arriaga- Jordán, C.M., Domínguez-Vara, J.L., Bórquez-Gastelum, J.L y Morales-Almaraz., E. (2017). Efecto del aceite de soya sobre la concentración de los ácidos grasos vaccenico y ruménico en leche de vacas en pastoreo. *Agrociencia*, 51: 299-313.
- Villegas de Gante, A. (2004). *Tecnología quesera*. México, Editorial Trillas, S. A.
- Villegas de Gante, A. y Cervantes-Escoto, F. (2011). La genuinidad y tipicidad en la revalorización de los quesos artesanales mexicanos. *Estudios sociales*, 19 (38): 145-164.

- Villegas de Gante, A., Cervantes-Escoto, F., Cesín-Vargas, A., Espinoza-Ortega, A., Hernández-Montes, A., Santos-Moreno, A. y Martínez-Campos, A.R. (2014). Atlas de los quesos mexicanos genuinos. México. Editorial del Colegio de Postgraduados.
- Villegas de Gante, A. y De la Huerta-Benítez, R. (2015). Naturaleza, evolución, contrastes e implicaciones de las imitaciones de quesos mexicanos genuinos. *Estudios Sociales*, 23 (45): 214-236.
- Villegas de Gante, A., Santos-Moreno, A. y Cervantes-Escoto, F. (2016). Los quesos mexicanos tradicionales. 1 ed., Juan Pablos Editor, México.
- Wattiaux, Michel A. (1994). Guía Técnica Lechera. Nutrición y Alimentación. Traducción de J. Homan, Ma. Carmen Moreno y Ana María Rodríguez. Instituto Babcock para Investigación y Desarrollo Internacional para la Industria Lechera. Programa Internacional de Agricultura. Universidad de Wisconsin, Madison, E.U.A. 130 p.
- Wittig Rovira, E. (2001). Evaluación sensorial: Una metodología actual para tecnología de alimentos. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121431>, Consultado en, marzo 2022.

XII. ANEXOS

Ilustración 4. Datos de las variables evaluadas: Composición fisicoquímica de los quesos y análisis sensorial

Tratamiento	# Queso	Repetición	pH	Humedad	Cenizas g	Proteína	Grasa
SORGO	1	1	4.83	46.11	22.50	19.86	26.013609
SORGO		2	4.93	45.37	19.31	17.25	
SORGO		3	4.61	45.70	26.24	18.99	
SORGO	2	1	4.8	45.34	25.99	18.03	25.768136
SORGO		2	4.84	45.35	25.95	19.82	
SORGO		3	4.83	45.28	25.94	17.91	
SORGO	3	1	4.82	46.68	24.41	18.65	25.205965
SORGO		2	4.62	46.18	23.59	17.97	
SORGO		3	4.74	46.94	26.06	17.96	
SORGO	4	1	4.87	46.05	39.25	18.17	25.040318
SORGO		2	4.96	48.44	25.72	18.24	
SORGO		3	4.89	46.63	25.39	16.45	
SORGO	5	1	4.89	47.03	26.17	18.18	25.082994
SORGO		2	5.04	46.25	25.51	16.64	
SORGO		3	4.93	46.88	26.61	17.95	
SORGO	6	1	4.9	45.36	28.43	16.52	24.705353
SORGO		2	5.06	45.98	38.59	17.84	
SORGO		3	4.97	46.41	26.22	18.07	
SORGO	7	1	4.7	46.01	25.38	17.34	25.080983
SORGO		2	4.85	47.04	25.53	16.90	
SORGO		3	4.96	45.73	23.35	16.63	
SORGO	8	1	4.77	47.14	1.36	17.51	25.387708
SORGO		2	4.79	48.76	11.91	18.02	
SORGO		3	4.72	50.63	11.92	18.32	
SORGO	9	1	4.65	43.98	15.42	17.31	24.899104
SORGO		2	4.65	46.13	15.72	17.46	
SORGO		3	4.69	47.49	20.15	16.97	
SORGO	10	1	4.54	42.93	28.16	15.99	25.304934
SORGO		2	4.58	46.24	29.50	16.79	
SORGO		3	4.68	46.61	29.74	16.54	
SORGO	11	1	4.57	47.39	27.01	17.04	25.553152
SORGO		2	4.77	49.09	34.92	17.85	
SORGO		3	4.62	51.37	25.99	17.63	
MAÍZ	1	1	4.53	43.10	20.08	15.77	25.178339
MAÍZ		2	4.68	45.13	35.02	15.61	
MAÍZ		3	4.58	46.74	24.24	15.65	

MAÍZ	2	1	4.44	46.15	38.05	16.53	25.280751
MAÍZ		2	4.69	49.41	53.13	15.77	
MAÍZ		3	4.77	44.75	32.99	15.22	
MAÍZ	3	1	4.99	45.63	26.26	16.82	25.210643
MAÍZ		2	4.77	46.64	23.74	16.59	
MAÍZ		3	4.67	46.36	29.87	16.48	
MAÍZ	4	1	4.63	45.33	30.82	15.83	24.055359
MAÍZ		2	4.63	45.12	29.01	16.19	
MAÍZ		3	4.66	47.66	30.01	15.92	
MAÍZ	5	1	4.62	44.67	34.81	17.59	24.808917
MAÍZ		2	4.77	47.85	24.74	17.89	
MAÍZ		3	5.08	47.66	26.82	15.95	
MAÍZ	6	1	4.86	49.14	32.96	16.17	24.682723
MAÍZ		2	5.07	46.56	30.32	10.78	
MAÍZ		3	4.98	47.44	22.36	15.78	
MAÍZ	7	1	4.77	42.48	33.16	15.55	25.130204
MAÍZ		2	4.87	46.54	16.73	16.73	
MAÍZ		3	4.9	42.23	23.35	16.41	
MAÍZ	8	1	4.67	49.12	27.83	17.34	25.178923
MAÍZ		2	4.67	46.79	27.43	17.40	
MAÍZ		3	4.97	46.54	29.97	16.40	
MAÍZ	9	1	4.86	42.66	33.95	16.02	24.643909
MAÍZ		2	4.7	45.08	30.88	16.31	
MAÍZ		3	4.78	45.81	33.99	16.02	
MAÍZ	10	1	4.78	46.28	33.23	17.94	24.859047
MAÍZ		2	4.66	43.97	25.85	17.89	
MAÍZ		3	4.63	47.16	25.55	18.76	
MAÍZ	11	1	4.65	46.49	28.45	16.36	25.461862
MAÍZ		2	4.66	47.77	29.05	16.00	
MAÍZ		3	4.65	47.61	27.11	16.63	

CUESTIONARIO Número	Textura vis		Textura en		Olor		Sabor		Textura en		Aromas		Retrogusto		
	Maiz	Sorgo C.D.	Maiz	Sorgo C.D.	Maiz	Sorgo C.D.	Maiz	Sorgo C.D.	Maiz	Sorgo C.D.	Maiz	Sorgo C.D.	Maiz	Sorgo C.D.	
1	4	4	4	2	4	4	4	2	2	2	3	2	4	2	4
2	4	5	4	5	4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
3	2	3	5	4	2	5	2	1	4	2	4	2	4	4	4
4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	4	2	2	4	3	2	4	2	5	2	5	2	5	1	2
6	4	3	5	5	2	5	1	2	4	4	4	5	2	4	4
7	4	4	4	3	5	2	5	2	5	2	3	4	5	4	4
8	4	4	4	4	2	2	2	3	2	3	2	4	4	4	4
9	2	4	4	4	2	2	4	2	2	4	2	4	4	4	4
10	4	4	4	3	3	2	3	3	4	2	4	3	4	4	4
11	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12	4	4	3	3	4	4	5	4	4	3	4	3	4	4	3
13	3	3	4	2	4	3	4	2	4	3	4	3	4	3	3
14	5	4	5	4	2	4	5	4	3	2	2	4	4	4	4
15	5	5	2	3	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4	4
16	3	4	2	4	4	3	5	3	4	2	4	4	2	4	4
17	4	4	4	2	4	3	4	3	4	4	3	4	4	4	4
18	4	5	5	5	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
19	5	5	4	4	4	2	2	4	3	3	3	4	4	4	4
20	4	4	5	4	3	4	4	3	2	4	5	3	4	4	4
21	4	5	3	3	3	3	4	5	2	3	2	4	4	5	3
22	5	4	4	4	4	4	5	4	5	4	3	4	4	4	5
23	4	5	4	4	4	4	5	2	4	4	4	4	4	4	4
24	4	4	4	4	4	4	4	5	2	5	4	5	4	4	4
25	4	5	3	4	2	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4
26	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4
27	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	4
28	2	2	5	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	4	5
29	4	2	2	2	2	2	4	4	2	3	3	4	4	4	4
30	4	4	5	4	5	4	4	5	5	4	5	4	5	5	5
31	5	4	5	5	5	4	4	4	2	5	4	3	4	4	4
32	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
33	2	3	5	5	3	4	5	3	5	4	4	4	4	4	4
34	4	3	4	2	5	5	5	4	3	2	4	3	2	2	2
35	4	2	5	4	4	5	5	2	5	2	4	4	4	4	4
36	2	3	1	1	2	1	5	1	1	3	1	1	1	1	1
37	4	4	5	3	5	4	4	3	4	3	5	3	5	2	2
38	4	2	4	1	3	3	2	4	4	3	2	4	4	1	4
39	3	4	5	3	5	3	5	5	5	5	4	5	4	5	5
40	5	4	2	5	4	5	5	5	3	5	5	5	5	5	4
41	4	4	5	4	4	4	4	5	5	3	4	3	3	3	3
42	4	2	4	4	4	4	3	5	3	5	3	5	3	3	3
43	4	3	4	2	4	2	4	2	4	3	4	3	4	4	3
44	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
45	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
46	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	5	5	4	4	4
47	1	1	3	3	1	3	3	3	5	3	1	1	1	1	2
48	4	2	4	5	3	3	3	3	5	5	4	4	4	4	2
49	4	4	3	3	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4
50	4	4	4	2	3	3	5	3	2	4	4	2	1	5	5
51	4	4	2	4	4	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5
52	2	3	5	4	5	3	3	4	4	3	3	4	4	5	5
53	4	3	2	2	3	4	1	2	2	1	3	1	2	3	3
54	4	4	2	5	2	2	1	2	4	2	2	1	2	2	2
55	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	4	3	4	2	2
56	4	4	5	1	5	3	5	3	5	2	2	2	5	2	4
57	2	4	5	2	4	4	4	3	5	4	3	5	2	4	4
58	3	4	2	4	4	3	4	2	4	3	4	3	5	3	3
59	4	2	2	4	2	4	4	2	4	4	3	2	4	3	3
60	2	4	4	2	5	4	4	5	4	4	3	3	2	2	2
61	4	4	4	4	2	4	2	2	4	4	4	4	4	5	4
62	4	4	4	4	4	4	4	3	2	3	4	2	3	4	2
63	5	4	4	4	2	4	4	5	4	4	4	3	5	4	4
64	4	4	4	4	2	2	4	2	4	2	2	1	1	1	1
65	5	4	4	2	5	1	4	2	4	2	4	2	4	2	2
66	2	4	1	4	4	4	4	5	2	4	4	2	4	2	2
67	3	3	3	2	2	2	4	2	4	2	2	2	3	1	1
68	4	5	5	5	5	5	5	4	4	3	5	5	5	4	4
69	4	5	5	5	5	5	5	4	4	3	5	4	5	4	4
70	4	4	2	4	2	2	2	4	2	4	2	4	2	4	4
71	4	4	4	4	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3	3
72	4	4	3	3	5	2	5	2	5	2	5	2	5	3	3
73	5	4	4	2	4	3	5	3	4	2	4	2	3	2	2
74	4	4	4	4	3	3	4	3	4	3	5	5	5	5	5
75	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5
76	4	4	2	2	4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5
77	2	4	4	4	4	2	5	2	4	4	4	4	3	1	1
78	4	5	2	4	2	2	5	5	4	2	2	4	4	4	4
79	2	2	4	2	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4
80	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	4	4	5	4	4
81	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
82	4	4	4	2	4	2	4	2	3	3	2	4	2	4	4

83	3	4	3	4	3	4	3	3	2	2	2	3	2	3
84	3	3	3	4	3	3	4	4	2	3	3	3	3	4
85	4	2	2	4	3	4	4	4	3	4	3	4	4	4
86	2	3	1	3	4	3	2	2	2	1	2	3	1	1
87	2	2	3	3	3	2	4	5	4	4	3	4	3	4
88	4	4	2	2	4	2	4	2	4	2	2	2	4	2
89	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4
90	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4
91	5	5	4	5	4	4	3	4	3	4	4	5	2	4
92	4	4	5	4	4	5	4	3	3	4	3	3	2	5
93	2	2	4	3	3	3	4	4	4	4	3	2	3	4
94	4	4	2	5	2	5	4	5	4	4	4	3	4	4
95	4	4	4	4	2	5	2	4	4	4	3	4	4	5
96	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4
97	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
98	4	4	4	5	3	4	2	4	4	4	3	4	2	4
99	4	4	4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4
100	3	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4
101	4	4	2	3	3	3	3	3	3	4	2	4	3	4
102	4	3	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4
103	4	2	2	4	4	2	3	2	4	1	2	3	3	4
104	2	4	4	3	2	4	2	4	4	3	4	4	4	4
105	4	4	4	4	4	3	4	5	4	3	3	5	3	5
106	2	2	4	2	4	3	2	1	4	3	2	3	3	3
107	4	4	4	2	2	2	4	3	2	4	3	4	3	4
108	5	4	4	3	5	4	4	4	4	4	4	3	4	5
109	4	4	3	4	4	4	5	4	4	2	4	2	3	2
110	5	4	3	4	4	4	5	3	5	3	3	4	5	4
111	3	3	2	4	4	4	1	4	1	4	2	3	2	4
112	4	5	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
113	4	5	2	2	2	3	4	4	3	4	4	4	4	4
114	4	4	5	5	4	1	4	1	4	3	4	3	4	3
115	4	4	2	1	2	4	2	1	3	2	4	3	4	3
116	4	4	4	3	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
117	4	4	5	5	4	5	5	2	5	4	3	4	4	5
118	4	4	5	5	5	5	4	4	5	3	3	5	4	5
119	3	4	4	2	4	3	5	2	3	4	2	3	1	4
120	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	3	5	2	5
121	3	4	2	3	2	2	2	2	4	4	2	3	3	2
122	2	1	3	4	1	2	2	4	4	4	2	2	2	2
123	4	4	4	4	2	2	4	4	4	4	4	4	2	4
124	5	4	4	2	5	5	4	5	4	4	4	5	4	4
125	2	2	4	2	4	2	4	4	4	1	4	2	1	4
126	3	3	2	4	2	3	3	4	3	3	2	4	4	4
127	3	2	2	2	1	4	2	2	2	3	3	3	3	2
128	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	3	4
129	2	2	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4
130	4	4	3	4	4	4	1	4	3	4	3	3	4	5
131	4	4	4	2	2	4	2	4	2	4	3	4	4	4
132	4	5	2	4	4	4	1	2	2	2	2	4	3	4

Ilustración 5. Formato de evaluación sensorial



Universidad Autónoma del Estado de México
 Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales
 EVALUACIÓN SENSORIAL DE QUESOS



La finalidad de este ejercicio es analizar las preferencias que tienen los consumidores sobre dos quesos elaborados con leche de vacas alimentadas con dos tipos de forrajes. Los datos recabados son anónimos y se utilizarán únicamente con fines académicos. Instrucciones: A continuación, se le presentan las muestras de quesos, siga las indicaciones del instructor. Marque con una X su respuesta de elección. Los datos recabados forman parte de una tesis de la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

QUES O 832	Características	No me gusta	Me gusta poco	Me es indiferente	Me gusta	Me gusta mucho	Mencione tres palabras que describan lo que percibe en cada una de las características
	Textura visual						
	Color						
	Textura en mano						
	Olor						
	Sabor						
	Textura en boca						
	Aromas						
	Retrogusto						

QUES O 514	Características	No me gusta	Me gusta poco	Me es indiferente	Me gusta	Me gusta mucho	Mencione tres palabras que describan lo que percibe en cada una de las características
	Textura visual						
	Color						
	Textura en mano						
	Olor						
	Sabor						
	Textura en boca						
	Aromas						
	Retrogusto						

- ¿Qué queso le gustó más?
 Queso 832: _____ Queso 514: _____ ¿Por qué?: _____
- ¿Con qué frecuencia consume queso? (Semanalmente) _____
- Marque el tipo de quesos que consume: Frescos: _____ Maduros (Añejados): _____
- ¿Qué quesos consume? _____
- Marque qué tipo de quesos consume normalmente: Industrializado _____ Artesanal _____
- ¿Dónde lo compra?: _____
- ¿Qué zonas productoras de queso conoce en el Estado de México?: _____
- ¿Ha consumido quesos de Aculco?: _____ ¿Cuáles?: _____
- ¿En qué municipio vive?: _____
- ¿De qué Estado es? _____
- ¿Cuál es su edad? _____
- Ocupación: _____
- Último grado de estudios _____
- Género: Masculino _____ Femenino: _____ Otro: ¿Cuál?: _____

Por favor comparta un comentario sobre esta actividad