



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA EN JOCOQUE
ARTESANAL DE OTZOLOTEPEC, ESTADO DE MÉXICO**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN

CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA



PRESENTA:



ING. JULIETA REYES PÉREZ

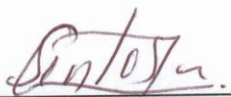
CHAPINGO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, ENERO DE 2015

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA EN JOCOQUE
ARTESANAL DE OTZOLOTEPEC, ESTADO DE MÉXICO.

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Julieta Reyes Pérez** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria estuvo constituido por:

DIRECTOR: 
DR. GABRIEL LEYVA RUELAS

CO-DIRECTORA: 
DRA. CONSUELO SILVIA LOBATO CALLEROS

ASESOR: 
M.C. ARMANDO SANTOS MORENO

DEDICATORIA

A mis padres Juan Reyes Pérez y María Natividad Pérez Álvarez

A mis hermanos Juan, Mario y Ananit.

A María de Jesús, Yesica, Yaneli, Diego y Valentina.

Al amor de mi vida Pablo Paulino Dolores.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, por ser mi hogar durante 9 años, proporcionarme educación de excelencia y valores humanos.

Al Departamento de Ingeniería Agroindustrial por darme las bases académicas necesarias para mi desarrollo profesional, además de facilitarme el acceso a los laboratorios de lácteos, microbiología y usos múltiples.

Al Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria por reforzar mis conocimientos y proporcionarme nuevas herramientas para colaborar en el desarrollo económico y social de las comunidades rurales.

Al Dr. Gabriel Leyva Ruelas, por orientarme en el desarrollo de la investigación, por su apoyo con materiales, consejos, pero sobre todo por su paciencia.

Al M.C. Armando Santos Moreno, por el apoyo con los materiales, reactivos e instalaciones para el buen desarrollo de este trabajo.

A la Dra. Consuelo S. Lobato Calleros por formar parte del comité asesor y jurado.

A los productos lecheros de Otzolotepec por su entusiasmo, participación y donación de las muestras que se evaluaron.

A los laboratoristas y personal de oficina que me ayudaron con trámites y/ o materiales durante el desarrollo de esta investigación.

DATOS BIBLIOGRÁFICOS

San Mateo Capulhuac, municipio de Oztolotepec en el Estado de México fue testigo del nacimiento en 1989 de Julieta Reyes Pérez, en su lugar de origen cursó los estudios básicos. En 2004 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), donde estudió la preparatoria; posteriormente en 2012 recibió el título de Ingeniero Agroindustrial por parte de la UACH, en ese mismo año comenzó la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria en el Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la misma institución.

Profesionalmente ha laborado en la Arrocería de Morelos S.A de C.V. (2011), Productores Lecheros de Oztolotepec (2012) y en el Componente de Agricultura Familiar y de Traspaso de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (2014-2015).

**CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA EN JOCOQUE
ARTESANAL DE OTZOLOTEPEC, ESTADO DE MÉXICO**

**PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF
ARTISAN JOCOQUE FROM OTZOLOTEPEC, STATE OF MEXICO**

Julieta Reyes-Pérez; Gabriel Leyva-Ruelas; Consuelo Lobato-Calleros

Enero de 2015, January 2015

RESUMEN

Los alimentos artesanales están ligados a las condiciones geográficas, climáticas, y culturales de la región en la que se elaboran. En Ootzolutepec el jocoque es una leche fermentada que ha formado parte de la dieta desde hace mucho tiempo; el objetivo de esta investigación fue realizar una caracterización del producto. Contiene de 3.1-3.3% de grasa, 3.0-3.2% de proteína, 82% de humedad, pH de 4.2 y 70°D de acidez. Las bacterias acidolácticas (*Lactobacillus* y *Lactococcus*) son los microorganismos dominantes en la microflora del jocoque con 12.3-12.38 log₁₀ UFC*g⁻¹ y de 10.10-10.44 log₁₀ UFC*g⁻¹ respectivamente, las bacterias coliformes están presentes en un intervalo de 0.0-8.0 log₁₀ UFC*g⁻¹, hongos de 0.8-6.34 log₁₀ UFC*g⁻¹ y de 2.9-6.7 UFC*g⁻¹ en levaduras.

Palabras clave: leche fermentada, artesanal, microorganismo dominante.

ABSTRACT

The artisan food depends on the geographic, climatic and cultural conditions of the region where is produce. In Ootzolutepec the jocoque is a fermented milk that has been part of the diet for a long time; in this research the objective was to do a characterization of the product. The acid lactic bacteria ((*Lactobacillus* and *Lactococcus*) are the dominant microorganisms in the microflora of jocoque with 12.3-12.38 log₁₀ UFC*g⁻¹ and 10.10-10.44 log₁₀ UFC*g⁻¹ respectively, the coliform bacteria are present in an interval of 0.0-8.0 log₁₀ UFC*g⁻¹, molds of 0.8-6.34 log₁₀ UFC*g⁻¹ and yeast of 2.9-6.7 UFC*g⁻¹.

Keywords: Fermented milk, artisan, dominant microorganism

CONTENIDO

I. DEDICATORIA	iii
II. AGRADECIMIENTOS	iv
III. DATOS BIBLIOGRÁFICOS	v
IV. RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	13
2. MARCO TEÓRICO	14
3. JUSTIFICACIÓN.....	16
4. HIPÓTESIS.....	17
5. OBJETIVOS.....	17
5.1. Generales.....	17
5.2. Particulares	17
6. METODOLOGIA PARA EL SAI.....	18
6.1 Materiales.....	19
6.2. Ubicación del área de estudio	20
6.3. Tamaño de la muestra.....	20
6.4. Caracterización del sistema agroindustrial leche-jocoque de Oztolotepec.....	21
6.5. Sistema de producción lechero	21
6.6. Caracterización de la leche usada en la elaboración de jocoque.....	21
6.7. Proceso tecnológico	22
6.8. Diseño estadístico	23
7. RESULTADOS	24
7.1. Contexto internacional de la producción lechera	24
7.2. Contexto nacional de la producción lechera en México	25
7.3. Contexto estatal de la producción lechera en el estado de México	26
7.4. Descripción de la zona de estudio	27
7.5. Estructura del Sistema Agroindustrial.....	30
7.5.1. Eslabón Primario: Productores lecheros	30
7.5.2. Eslabón secundario: Transformadores.....	37

7.5.3. Eslabón terciario: Comercializadores	38
7.5.4. Consumidores.....	40
7.5.5. Agentes de soporte.....	41
7.6. Funcionamiento del sistema agroindustrial	41
7.7. Caracterización de la leche usada en la elaboración de jocoque	42
7.7.1. Análisis fisicoquímico de la leche.....	42
7.7.2. Análisis microbiológico de la leche.....	52
7.8. Caracterización del proceso de producción de jocoque	55
7.8.1. Recepción de la leche.....	55
7.8.2. Acondicionamiento.....	57
7.8.3. Vaciado en contenedores	57
7.8.4. Exposición a rayos solares	57
7.8.5. Calentamiento.....	58
7.8.6. Reposo con calor	58
7.8.7. Formación de la cuajada.....	58
7.8.8. Venta	58
7.9. Cinética de acidez en la elaboración de jocoque	59
7.10. Análisis FODA del SAI Leche – Jocoque de Oztolotepec, Estado de México ..	61
8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
8.1. Sistema Agroindustrial Jocoque de Oztolotepec, Estado de México.....	63
8.2. Materia prima: leche	67
8.3. Proceso de producción de jocoque.....	68
9. METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA.....	69
9.1. Materiales.....	69
9.2. Grasa	70
9.3. Proteína.....	70
9.4. Humedad.....	70
9.5. pH	71
9.6. Acidez titulable	71
9.7. Diseño estadístico	71
10. RESULTADOS	72

10.1. Contenido de grasa	72
10.2. Contenido de proteínas	74
10.3. Humedad.....	75
10.4. pH	77
10.5. Acidez titulable	78
11. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	79
12. METODOLOGIA PARA LA CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA	80
12.1. Materiales.....	81
12.2. Muestreo	82
12.3. Tamaño de la muestra.....	82
12.4. Homogenización de la muestra	82
12.5. Diluciones decimales.....	82
12.6. Aislamiento.....	83
12.6.1. Enriquecimiento en caldo.....	83
12.6.2. Siembra por extensión en placa.....	83
12.6.3. Incubación	84
12.6.4. Cuantificación de colonias	84
12.6.5. Siembra por estría cruzada.....	84
12.6.6. Siembra por estría simple	84
12.6.7. Siembra por punción en placa.....	85
12.6.8. Conservación de la cepa.....	85
12.7. Diseño estadístico	88
13. RESULTADOS	89
13.1. Bacterias coliformes totales.....	89
13.2. Hongos.....	90
13.3 Levaduras	92
13.4 <i>Lactobacillus</i>	93
13.5. <i>Lactococcus</i>	94
14. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	96
15. CONCLUSIONES	98
16. BIBLIOGRAFÍA.....	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores de leche fresca de vaca en el año 2012 con base en el volumen de producción.....	24
Figura 2. Principales Estados productores de leche fresca de vaca en el año 2013 en México con base en el volumen de producción.....	25
Figura 3. Principales municipios productores de leche fresca de vaca en el Estado de México en el año 2013 con base en el volumen de producción producción.....	27
Figura 4. Ubicación del municipio de Oztolotepec, Estado de México México.....	28
Figura 5. Mapa de las principales localidades del municipio de Oztolotepec, Estado de México.....	29
Figura 6. Representación del sistema agroindustrial: Leche – Jocoque de Oztolotepec, Estado de México.....	43
Figura 7. Diagrama de bloques para la elaboración de jocoque en Oztolotepec, Estado de México	56
Figura 8. Desarrollo de acidez en jocoque, temporada de lluvias 2013.....	60
Figura 9. Desarrollo de acidez en jocoque, temporada de sequía 2014.....	61
Figura 10. Metodología para el aislamiento de bacterias presente en jocoque artesanal de Oztolotepec.....	86
Figura 11. Metodología para el aislamiento de hongos y levaduras presentes en el jocoque artesanal de Oztolotepec.....	87

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Perfil de los productores primarios (lecheros).....	36
Cuadro 2. Perfil de los transformadores.....	39
Cuadro 3. Contenido de grasa en leche cruda para jocoque.....	45
Cuadro 4. Contenido de proteínas en leche cruda para jocoque.....	46
Cuadro 5. Contenido de sólidos no grasos en leche cruda para jocoque.....	47
Cuadro 6. pH en leche cruda para jocoque.....	49
Cuadro 7. Contenido de ácido láctico expresado como acidez titulable en leche cruda para jocoque.....	50
Cuadro 8. Densidad de leche cruda para jocoque.....	51
Cuadro 9. Cuenta total de bacterias mesófilas aerobias en leche cruda para elaborar jocoque.....	53
Cuadro 10. Cuenta total de bacterias coliformes totales en leche cruda para elaborar jocoque.....	54
Cuadro 11. Análisis FODA del SAI Leche – jocoque de Oztolotepec, Estado de México.....	62
Cuadro 12. Contenido de grasa en jocoque.....	73
Cuadro 13. Contenido de proteínas en jocoque.....	75
Cuadro 14. Contenido de humedad en jocoque.....	76
Cuadro 15. Contenido de pH en jocoque.....	77
Cuadro 16. Acidez titulable en jocoque.....	78
Cuadro 17. Conteo de unidades formadoras de colonias de bacterias coliformes en jocoque.....	89
Cuadro 18. Conteo de unidades formadoras de colonias de hongos en jocoque.....	91
Cuadro 19. Conteo de unidades formadoras de colonias de levaduras en jocoque.....	92

Cuadro 20. Conteo de unidades formadoras de colonias de <i>Lactobacillus</i> en jocoque.....	94
Cuadro 21. Conteo de unidades formadoras de colonias de <i>Lactococcus</i> en jocoque.....	95

1. INTRODUCCIÓN

Los alimentos además de nutrir al cuerpo humano forman parte de la cultura; cada región posee diferentes condiciones climáticas, geográficas o el saber hacer que le proporcionan al producto características específicas que lo hacen único. Muchos de estos alimentos se elaboran a baja escala y de manera artesanal.

Alrededor del mundo se producen innumerables alimentos artesanales; sin embargo, la mayoría de ellos está escasamente estudiado. En México existe una leche fermentada que se conoce como “jocoque”, no obstante este producto artesanal presenta diferentes características que corresponden a la región en la que se elabora.

Otzolotepec es un municipio del Estado de México en el que se produce jocoque; una cuajada láctica producida por la acción de microorganismos que degradan la lactosa y producen ácido láctico, en consecuencia se desestabilizan las caseínas y se forma un gel. Este lácteo es característico del municipio, sin embargo su producción decrece paulatinamente debido a la disminución en su consumo y la decadencia de la actividad ganadera.

El objetivo de esta investigación es determinar las características del jocoque producido en Otzolotepec y generar información que permita resurgir al producto, para poder ubicar nuevos nichos de mercado en los cuales se pueda diferenciar y con esto reactivar la cadena agroindustrial leche – jocoque.

La investigación también pretende iniciar con el estudio de esta leche fermentada, pues en México no existe información documentada que presente un panorama general de las características del sistema de producción lechero, la materia prima y el producto final.

Si bien la mayoría de los productos lácteos artesanales no cumplen con las especificaciones sanitarias establecidas en las normas, vale la pena estudiarlos debido a que muchas personas dependen económicamente de la venta de estos alimentos, y encontrar elementos que permitan ubicarlos en mejores condiciones de mercado ayudaría al desarrollo económico familiar y local.

2. MARCO TEÓRICO

Leche fermentada es el nombre que se le da a los productos como el yogurt, leche acidófila, kéfir, kumys y coagulada. Este nombre se debe al hecho de que la leche se inocula con cultivos iniciadores de microorganismos ácido lácticos que convierten parte de la lactosa en ácido láctico por medio de la fermentación (Carneiro *et al*, 2012).

La leche fermentada es un alimento lácteo conocido desde principios de la civilización, algunas referencias de este alimento se encuentran en la biblia, donde se consideraba un presente de dios, su consumo se relacionaba con la longevidad e incluso como remedio de problemas estomacales e intestinales (Saccaro, 2008).

A nivel mundial puede encontrarse una gran variedad de leches fermentadas, de diferentes especies animales, métodos de elaboración, olores y sabores. En

Arabia Saudita se elabora “sameel Milk” con leche no pasteurizada de oveja, cabra, vaca o camella, la leche fresca es colectada en una bolsa de cuero (de cabra u oveja) e inoculada con cultivos iniciadores, la fermentación se lleva a cabo en condiciones ambientales de 1-3 días. (Al-Otaibi, 2012).

En todas las regiones del Sudán la leche fermentada más conocida se llama “mish”; se elabora en los hogares; adicionando leche agria a leche hervida, además de especias como comino negro, pimienta, y sal, después de 2-3 días de fermentación el producto está listo para consumir (Moneim A., *et al.*, 2011).

En España se produce “leite callado”, en Etiopía “ergo”, “amasi” en Zimbabwe, “filmjolk” en Suiza, “nunu” en Ghana, en China “Xueo” (Alegría A., *et al.*, 2010; Akabanda *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2012).

En productos elaborados con leche cruda es común encontrar especies del *Lactobacillus* mesófilos, *Enterococcus*, *Pediococcus* y *Leuconostoc* (Gonfa *et al.*, 2001). En las caracterizaciones microbiológicas realizadas en estas leches fermentadas se han encontrado bacterias lácticas como *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus* y *Streptococcus* (Seifu *et al.*, 2012; Al-Otaibi, 2012), levaduras como *Candida*, *Cryptococcus*, *Saccharomyces*, *Rhodospiridium* y *Kluyveromyces*, (Al-Otaibi, 2012; Vardjan *et al.*, 2013; Gadaga *et al.*, 2000).

En México no existen estudios que revelen el origen de las leches fermentadas; no obstante se sabe que están presentes en la dieta de los mexicanos desde hace por lo menos un siglo.

La NOM-243-SSA1-2010 define como leche fermentada a la obtenida por la acidificación de la leche estandarizada entera o deshidratada, pasteurizada, parcialmente descremada, semidescremada o descremada, debido a la acción de bacterias lácticas vivas con la consiguiente reducción del pH, adicionada o no por aditivos, por alimentos e ingredientes opcionales.

El jocoque es un producto lácteo fermentado escasamente estudiado, hasta ahora su comercialización ha sido limitada pues se elabora básicamente a nivel casero, para autoconsumo, o de industria artesanal con escasa difusión. El vocablo “jocoque” no tiene un significado único sino que aplica a distintos productos lácteos fermentados; por ejemplo: a) una leche acidificada y coagulada naturalmente, b) una crema agria o c) un queso semisólido, ácido, untable o “cuchareable” (Villegas, 2005).

3. JUSTIFICACIÓN

No existe evidencia que defina con exactitud la fecha a partir de la cual el jocoque se elabora en Oztolotepec; sin embargo, se sabe que desde hace aproximadamente 100 años está presente en la dieta de los habitantes del municipio, anteriormente se elaboraba con fines de autoconsumo, años después, cuando los hatos ganaderos incrementaron se comercializaba para mejorar la economía familiar.

Actualmente la ganadería es una actividad económica en decadencia en el municipio; sin embargo, los ganaderos desean poseer elementos que permitan valorizar y rescatar este producto para nuevamente hacer que la actividad

lechera sea rentable. Por esta razón se planteó la caracterización fisicoquímica y microbiológica del jocoque e iniciar con el estudio de este producto.

4. HIPÓTESIS

Las bacterias lácticas son el grupo dominante en la microflora del jocoque artesanal, por lo que le proporcionan al producto las características sensoriales que lo distinguen.

El crecimiento de las bacterias coliformes se inhibe debido a la acción de bacterias lácticas como grupo dominante entonces el jocoque es un producto lácteo que no representa riesgo sanitario al consumidor.

5. OBJETIVOS

5.1. Generales

- Realizar un análisis del Sistema Agroindustrial (SAI) del jocoque
- Determinar las características fisicoquímicas de este jocoque artesanal
- Identificar la microflora del jocoque artesanal de Oztolotepec.

5.2. Particulares

- Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente la materia prima
- Caracterizar el sistema de producción lechero y de transformación del SAI
- Observar y describir el grado de articulación entre los actores del SAI
- Identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del SAI
- Cuantificar el contenido de:

- Proteínas
 - Grasa
 - pH
 - Acidez titulable
- Determinar el tipo de microorganismo dominante en jocoque de Oztolotepec
 - Determinar la calidad sanitaria del jocoque

6. METODOLOGIA PARA EL SAI

El sistema agroindustrial (SAI) es el conjunto de unidades productivas (agrícolas, de transformación y comercialización) que se distinguen por tratar con una sola línea de materia agropecuaria y sus productos, así como las relaciones diversas (económicas, sociales y políticas) que se establecen entre ellas. Un SAI se halla convencionalmente acotado por el producto específico que trate, así como un espacio geográfico y tiempo determinados (Villegas, 2007).

Por lo tanto el estudio del Sistema Agroindustrial leche – jocoque es una investigación de tipo observacional de acuerdo con la clasificación de Méndez *et al* (2004), puesto que únicamente se puede describir la interacción entre los actores de la cadena y no se puede modificar a voluntad propia ninguno de los factores que intervienen en el proceso.

Con esta premisa se utilizó la metodología de análisis de cadena descrita por Herrera (2001), en la que se plantea una investigación de cuatro módulos: a) el

contexto internacional, b) el contexto nacional, c) la estructura de cadena y c) el funcionamiento de la cadena.

Los primeros 2 módulos están referidos a las relaciones económicas nacionales e internacionales del sistema agroindustrial, los cuales se abordaron para este estudio mediante una investigación electrónica en bases de datos de organismos nacionales e internacionales (FAO, ONU, SAGARPA, SIAP, etcétera) con la finalidad de presentar un panorama económico general de los productos lácteos en México y en mundo.

El tercer módulo corresponde a la identificación y caracterización técnica y económica de los actores de las actividades básicas (producción agrícola o ganadera, transformación, comercialización y consumo) y de las actividades de apoyo (provisión de insumos, equipos y servicios). En el cuarto módulo se establece la identificación y caracterización de las relaciones técnicas y económicas entre los distintos actores. Para estos dos últimos módulos la investigación se realizó en campo, tal como se describe a continuación.

6.1 Materiales

Para el análisis de la leche con la que se realiza el jocoque se utilizó el siguiente material en campo.

- | | |
|---|---|
| • Hielera | • Incubadora a 37°C |
| • Geles refrigerantes | • Placas pretrifilm para coliformes totales |
| • Viales | • Placas petrifilm para mesófilos aerobios |
| • Jeringas de 5 mL estériles | • Ecomilk |
| • Tubos con 9 mL de agua peptonada | • Cofia |
| • Frascos de vidrio de 250 mL estériles | • Cubrebocas |

- Mecheros de alcohol
- Caja de plástico

6.2. Ubicación del área de estudio

El área de estudio comprende únicamente el municipio de Ootzolutepec, debido a que fue iniciativa de los ganaderos de esta zona realizar el estudio del jocoque que producen. Primeramente se ubicó el municipio y se visitaron las comunidades que lo comprenden con la finalidad de obtener mediante encuestas información relevante que permitiera elegir a los ganaderos que participarían en el estudio.

Después de obtener la información se determinó trabajar con ganaderos de las comunidades de San Mateo Capulhuac, La Concepción de Hidalgo y Villa Cuauhtémoc, debido a que presentan sistemas diferentes de producción lechera.

6.3. Tamaño de la muestra

Para el estudio del SAI se utilizó un muestreo dirigido se aplicó a 20 ganaderos de los 60 existentes en el municipio.

Con base en el volumen de producción de leche y jocoque, antigüedad en la actividad, sistema de producción lechera (estabulado o de pastoreo), reputación en el mercado local, se seleccionaron a 5 productores lecheros de 3 localidades, los cuales fueron identificados como 1, 2, 3, 4 y 5 para realizar los análisis a la materia prima y el producto final de este sistema.

6.4. Caracterización del sistema agroindustrial leche-jocoque de Oztolotepec

Para conocer el perfil de los lecheros, transformadores y comercializadores de jocoque se emplearon entrevistas abiertas y encuestas estructuradas validadas en campo. Esta información sirvió para identificar y describir a los actores de la cadena, incluidos los agentes de soporte.

Una característica importante de este sistema es que una misma unidad de producción realiza las tres actividades primordiales de la cadena; es decir, produce la leche, la transforma en jocoque y la comercializa, por lo tanto aunque fueron 3 encuestas diferentes se aplicaron a la misma unidad de producción.

Una vez recabada la información se realizó una descripción del sistema agroindustrial, considerando la dinámica de los actores, la interacción entre ellos y el *saber hacer* de los mismos.

6.5. Sistema de producción lechero

Para describir este sistema se visitaron las unidades de producción primaria de las comunidades seleccionadas anteriormente. La investigación se realizó de manera observacional comenzando con la rutina de ordeño, recolección de la leche, alimentación y manejo del hato.

6.6. Caracterización de la leche usada en la elaboración de jocoque

La toma de muestras se realizó considerando las indicaciones de NOM-109-SSA-1994. Con guantes estériles, cofia, cubreboca y jeringas estériles se tomaron de los recipientes que la contenían muestras de leche de 10 y 300 mL, momentos

antes de que se comenzara con el proceso de producción de jocoque, tanto en época de lluvia como en época de sequía.

Las muestras de 10 mL se trasladaron en una hielera con geles refrigerantes a baja temperatura (4 a 7 °C) durante 30 minutos hasta el lugar designado en campo para realizar los análisis microbiológicos (bacterias mesófilas aerobias y bacterias coliformes totales). Se utilizaron 9 mL agua peptonada estéril al 1% y se mezclaron con 1mL de muestra para realizar las diluciones de 10^{-1} hasta 10^{-5} , las tres últimas diluciones de sembraron en placas petrifilm 3M y se incubaron a 37°C durante 48 horas, para posteriormente realizar el conteo de colonias presentes. Cada análisis se realizó con tres repeticiones.

Las muestras de 300 mL se trasladaron en las mismas condiciones durante 4 horas hasta el laboratorio de lácteos de la Universidad Autónoma Chapingo donde se realizaron los análisis fisicoquímicos (pH, acidez titulable, sólidos no grasos, grasa, proteína, densidad y agua añadida) con ayuda del ECOMILK. Cada análisis se realizó con tres repeticiones.

6.7. Proceso tecnológico

En las unidades de producción se observaron a detalle los pasos que siguen los productores para la elaboración de jocoque. Desde la selección de la leche destinada a jocoque, hasta que el producto está listo para la venta.

Durante este proceso se midió la acidez titulable y temperatura de la leche así como la temperatura ambiental en la que se realizaba el proceso y el tiempo aproximado empleado en la elaboración de este derivado lácteo. Con esta

información se construyó un diagrama de bloques general del proceso. Todo esto se realizó en las dos épocas mencionadas con anterioridad.

6.8. Diseño estadístico

En las unidades experimentales que están formadas por seres vivos, es usual que el investigador realice un seguimiento a través del tiempo de la variable que desea caracterizar, a este tipo de estudios se les denomina experimentos con medidas repetidas. El objetivo es examinar y comparar las tendencias en el tiempo de las respuestas a los tratamientos (Correa, 2004).

Los productores lecheros (5) elegidos se designaron como tratamientos, para este análisis se consideró el sistema de producción lechero (estabulado o de pastoreo), las condiciones higiénicas de la ordeña y alimentación del hato en la calidad sanitaria y microbiológica de la leche. Por lo tanto los tratamientos evaluados fueron T1, T2, T3, T4 y T5 con 5 repeticiones cada uno en ambas temporadas (Lluvias 2013 y Sequía 2014).

Los juegos de hipótesis planteados fueron:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0 \quad \text{vs} \quad H_a: \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \neq \tau_4 \neq \tau_5 \neq 0$$

Con el estadístico de prueba para evaluar la significancia de los tratamientos: Si $p < \alpha$, entonces Rechazar H_0 .

Para el análisis de los resultados de la composición fisicoquímica de la leche y cuenta total de microorganismos mesófilos aerobios y coliformes totales, se utilizó un diseño mixto con un esquema completamente al azar, en el que se ajustaron las estructuras de covarianza con estructuras simétricas compuestas,

no estructuradas y autorregresivas de primer orden, además se utilizó la prueba Tukey para comparar la significancia entre las medias de los tratamientos.

7. RESULTADOS

7.1. Contexto internacional de la producción lechera

En el año 2012 la producción total de leche fresca de vaca a nivel mundial fue de 626 millones de toneladas, de los cuales Estados Unidos de América produjo 91 millones de toneladas de leche de vaca colocándose como el primer productor mundial de este líquido (Figura 1), seguido de la India con 54 millones de toneladas de leche fresca de vaca en segundo lugar y China Continental ubicada con 37 millones de toneladas en la tercera posición (FAO, 2014).

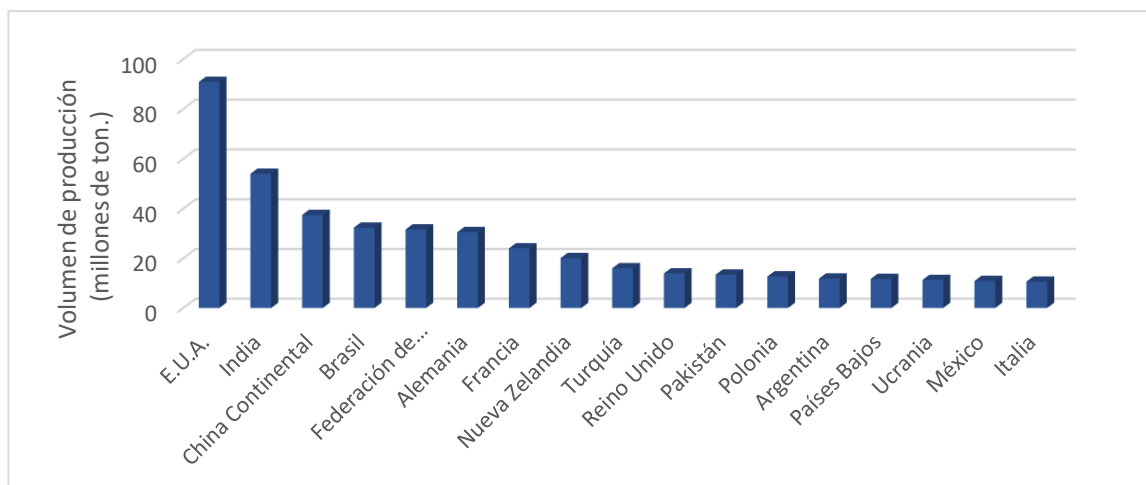


Figura 1. Principales países productores de leche fresca de vaca en el año 2012 con base en el volumen de producción. Fuente: elaboración propia con datos tomados de FAO, 2014.

Los primeros 10 países productores de leche fresca de vaca de acuerdo con los datos reportados por la FAO (2014), representan el 56% del volumen total de leche producido en 2012.

México en el año 2012 se ubica en el decimoséptimo lugar a nivel mundial con una producción de 11 millones de toneladas y participa con el 1.73% de la producción total mundial para ese año.

7.2. Contexto nacional de la producción lechera en México

El volumen total de producción de leche fresca de vaca en México para el año 2013 fue de 11 mil millones de litros (SIAP, 2014), Jalisco es el principal productor con 2 mil millones de litros de leche, en segundo lugar se ubica Coahuila con 1,320 millones de litros de leche de vaca y Durango en la tercera posición con 1,000 millones de litros de leche producida.

En la figura 2 se pueden apreciar los principales 10 estados productores de leche de fresca de vaca en México en 2013, en conjunto representan el 78% del volumen total producido en nuestro país.

Para 2013 el consumo nacional aparente de leche bovina fue de 12, 500 millones de litros, de los cuales el 80% proviene de la producción nacional y el 16% restante se abastece mediante la importación (incluye leche fluida, polvo o pastillas, evaporada, condensada y preparaciones a base de productos lácteos). En tanto que el consumo per cápita nacional para ese mismo periodo fue de 106.6 litros (SIAP, 2014b).

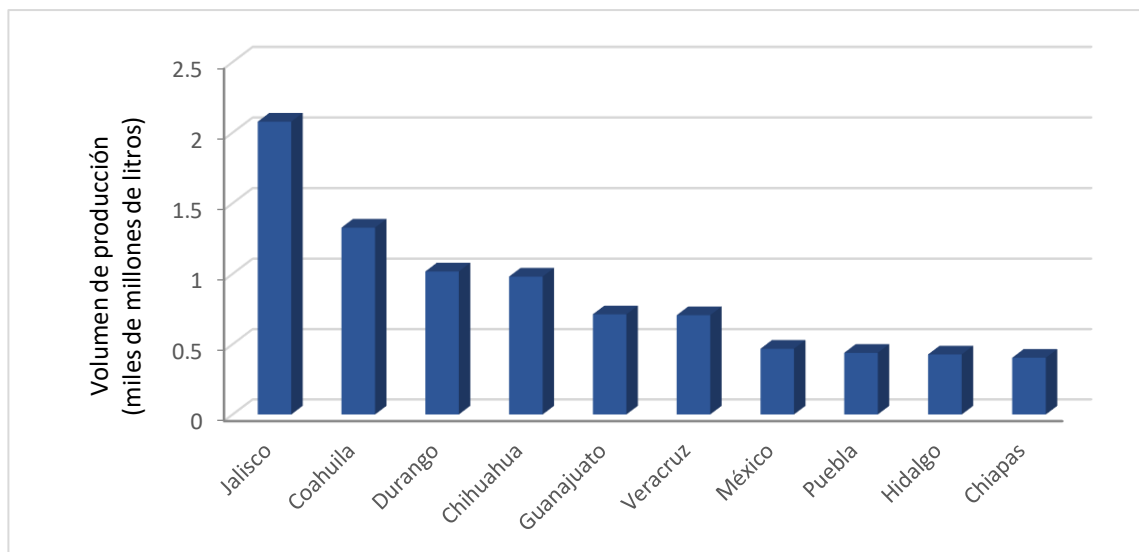


Figura 2. Principales Estados productores de leche fresca de vaca en el año 2013 en México con base en el volumen de producción. Fuente: elaboración propia con datos tomados de SIAP, 2014.

Por otro lado el precio del litro de leche en México va desde los \$4.8/litro en Chiapas, hasta \$9.11/litro en el Distrito Federal, a nivel nacional en promedio se considera \$5.53/ litro como el precio de este producto.

El Estado de México produjo 460 millones de litros de leche, lo cual representa el 4.26% del total de producción total de leche fresca de vaca en 2013. Para este mismo año el precio de leche fue de \$5.61/litro.

7.3. Contexto estatal de la producción lechera en el estado de México

En el Estado de México, Zumpango se ubica como principal municipio productor de leche con 32.7 millones de litros (Figura 3), Texcoco en segundo lugar con 21.3 millones de litros de leche bovina y Tequixquiac con 21 millones en tercera posición.

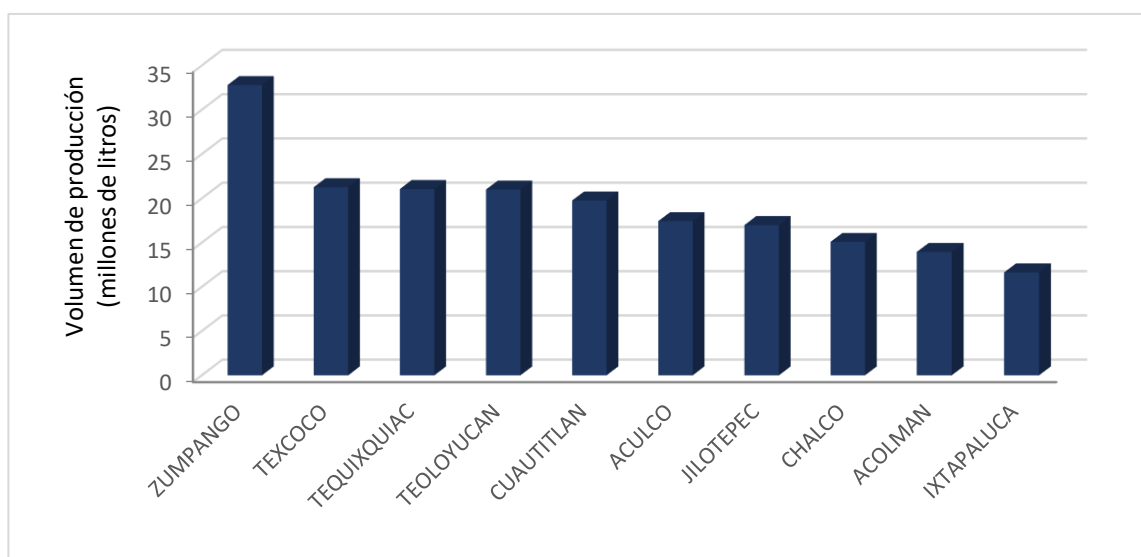


Figura 3. Principales municipios productores de leche fresca de vaca en el Estado de México en el año 2013 con base en el volumen de producción. Fuente: Elaboración propia con datos tomados de SIAP, 2014.

De acuerdo con el SIAP (2014) los primeros 10 municipios productores de leche representan el 40% del total de la producción estatal. En tanto que Oztolotepec se ubica en el sextagesimoséptimo lugar de producción lechera a nivel estatal con 1.2 millones de litros producidos en 2013. En Oztolotepec el precio de leche en 2013 se reporta en \$6.53/litro.

7.4. Descripción de la zona de estudio

Oztolotepec pertenece a la región V (Atlacomulco) del Estado de México, se ubica al noroeste de la Ciudad de Toluca, a 28 Km. de la capital del Estado y a 52 Km. de la capital del país (Figura 4), se encuentra entre los paralelos 19°22' al 19°30' latitud norte y de los meridianos 90°24' al 90°38'05" longitud oeste. El municipio cuenta con una población total de 78,146 habitantes (INEGI, 2010).

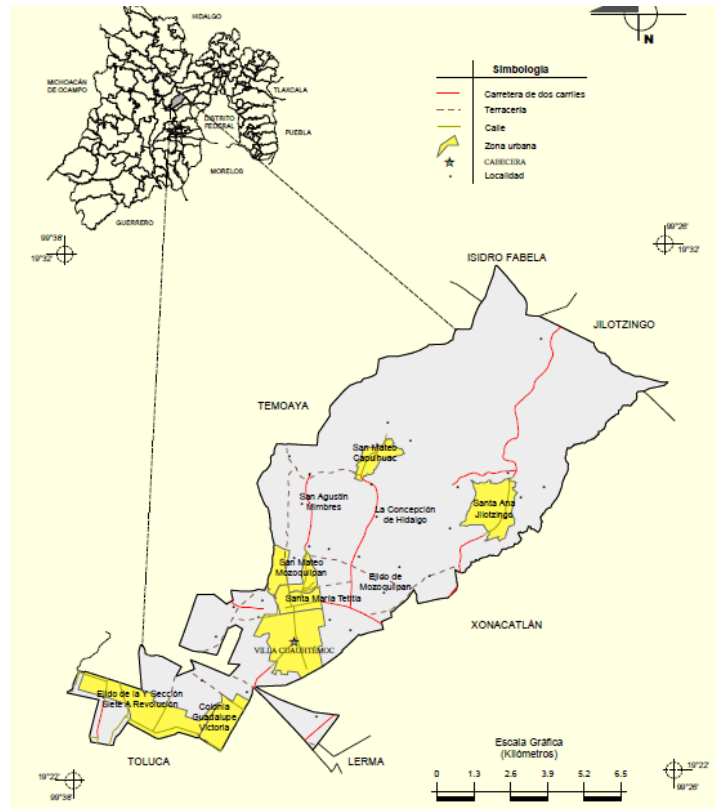


Figura 4. Ubicación del municipio de Oztolotepec, Estado de México. Fuente: INEGI, 2009.

Tiene una extensión territorial de 127.95 Km², los cuales equivalen al 0.52 % de la superficie estatal. Es un municipio compuesto de 40 localidades (Figura 5), en donde la precipitación pluvial municipal es de 800 a 1300 mm. al año por lo que el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (64.66 %) y semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (35.34 %) (INEGI, 2009).

presenta un bajo rezago social, y del total de la población únicamente el 7.2 % habla otomí.

7.5. Estructura del Sistema Agroindustrial

La agricultura y la agroindustria se integran junto con las actividades de distribución de bienes terminados; en una estructura mayor: el sistema agroindustrial (SAI). El cual se encuentra formado por un conjunto de componentes conectados o relacionados de tal manera que actúan como un todo, un SAI se establece al definir el producto o materia prima agropecuaria, el lugar o espacio donde se ubica y el tiempo en el que se estudia (Villegas et al, 2010).

A continuación se describen los componentes encontrados en el sistema agroindustrial jocoque de Ocotlán, Estado de México en 2013.

7.5.1. Eslabón Primario: Productores lecheros

Este eslabón está constituido por todos los productores primarios, agrícolas y pecuarios involucrados en la producción de materia prima (Villegas et al, 2010). Para este caso, el eslabón primario lo representan los productores lecheros.

En Ocotlán los productores lecheros son personas que cuentan con más de una década de experiencia en la actividad y las condiciones en las que se desarrollan son diferentes para cada uno; por ejemplo, los hatos ganaderos son variables, podemos encontrar los que se componen de 2 hasta 20 vacas, la mayoría son de raza Holstein aunque también existen razas de climas tropicales como la Gyr (Cuadro 1).

Pocos son los ganaderos que poseen hatos con vacas de alta producción lechera, por esta razón el destino de la leche es variable, aquellos que tiene baja producción están limitados a vender el producto únicamente como leche fresca y en algunas ocasiones pueden elaborar jocoque, puesto que no cuentan con la cantidad suficiente de materia prima para elaborar derivados lácteos.

Por otro lado, los lecheros que producen alrededor de 40 litros de leche por día se centran en destinar su producción a la venta de leche fluida y elaboración de jocoque; sin embargo, cuando tienen excedentes de materia prima se ven obligados a producir queso fresco. Aquellos que tienen una producción superior a 40 litros destinan el 90% de su producción a la elaboración de queso, yogurt, crema, jocoque y mantequilla, el 10% restante se vende como leche fluida.

El precio de la leche fresca que se pone a la venta también es variable y depende en gran medida del área donde se comercializa, en la cabecera municipal el precio alcanza el precio más alto que es de \$15.00, en cambio en la zona donde existe la mayor cantidad de lecheros cuesta \$8.00 que presenta el precio más bajo. En promedio el precio del producto es de \$10.00.

En cuanto al sistema de producción lechero podemos encontrar como predominante el estabulado y en menor proporción el de pastoreo (Cuadro 1). El 100% de los ganaderos incluye en la dieta del hato: maíz molido, salvado de trigo, alimento concentrado, rastrojo de maíz, avena fresca y seca (de acuerdo con la época del año) y en algunos casos alfalfa fresca o achicalada.

El forraje con el cual se alimenta a las vacas se cultiva en terrenos propios del lechero ubicados en propiedades privadas, en el ejido de su comunidad, en terrenos que rentan o consiguen prestados. El alimento concentrado y salvado de trigo se compra en la cabecera municipal de Oztolotepec o Xonacatlán.

Cada productor tiene una rutina de ordeño propia, en el sistema de producción estabulado se realizan 2 ordeños por día, en cambio en el sistema de pastoreo la ordeña únicamente se realiza una vez al día. De los 10 lecheros entrevistados, solo uno ordeña mecánicamente, el resto lo realiza de manera manual.

Durante las visitas se pudo apreciar que las prácticas de higiene durante la ordeña son deficientes en todos los casos; las tetas de la vaca se lavan con agua potable y se secan con un trapo húmedo, aunque también se encuentran quienes semi-lavan las tetas con la misma leche. Una vez que se ha terminado el ordeño ningún lechero aplica yodo a las tetas para sellar el orificio y prevenir la aparición de mastitis.

El 57% de los entrevistados se apoya del becerro para bajar la leche, en estos casos se lavan las tetas, se coloca al becerro y cuando comienza a liberarse la leche se retira al becerro e inmediatamente comienza el ordeño sin limpiar una vez más las tetas. La leche que se ha ordeñado se coloca en recipientes de plástico para filtrarse con ayuda de un colador o un trozo de tela, posteriormente se envía a la venta directa o transformación según sea el caso.

Los ganaderos que producen más de 40 litros de leche utilizan la refrigeración como medio de conservación, aquellos que tienen una producción menor no

utilizan ningún método de conservación debido a que en la mayoría de las ocasiones la leche que se obtiene por día se vende en su totalidad.

En general, en Oztolotepec el periodo de lactancia por vaca es de 9 meses, cada ganadero procura mantener el abastecimiento de leche durante todo el año, por lo que se programa la inseminación o monta natural de la vaca según sea el caso. Actualmente el 80% de los lecheros recurre a la inseminación artificial debido a que con esta técnica de reproducción pueden mejorar la raza del hato que poseen.

Este tipo de reproducción se lleva a cabo por un veterinario proveniente de la cabecera municipal, de alguna de las comunidades aledañas o de otro municipio, a través de esta persona reciben asesoría técnica para el manejo y control de enfermedades del hato.

La mastitis es la principal enfermedad que se encuentra en las vacas lecheras de este municipio, ya que los lecheros no previenen su aparición. Únicamente el 50% de los ganaderos del municipio realiza pruebas para la detección de brucelosis y tuberculosis; sin embargo, hasta el momento no se ha reportado la presencia de estas enfermedades en los hatos de Oztolotepec, el 50% restante de lecheros no conoce la importancia de realizar estas pruebas.

En este municipio no se realizan campañas informativas para dar a conocer la relevancia de estas enfermedades en la actividad ganadera, tampoco se informa a los ganaderos sobre los posibles apoyos o financiamientos a los que pueden acceder. Únicamente el 30% de los entrevistados ha recibido algún tipo de apoyo

en el financiamiento de maquinaria o infraestructura, en la mayoría de los casos los que no han sido beneficiados es porque desconocen a que instancias deben recurrir o argumentan que deben contar con un aval para recibir dichos financiamientos.

En consecuencia, para algunos productores lecheros la problemática de la actividad se centra en el escaso apoyo que reciben de parte del gobierno municipal, estatal o federal; sin embargo, no todos se encuentran en la misma situación, para otros ganaderos la problemática es la escases de forraje verde durante la temporada de estiaje, puesto que en esta época los volúmenes de producción disminuyen; o bien, no cuentan con espacios suficientes para producir forraje y granos necesarios para la alimentación del hato, por lo que se ven obligados a adquirirlos a precios elevados y por ende los costos de producción aumentan.

Todos los entrevistados coinciden en que la producción de leche es una actividad que demanda mucho tiempo y esfuerzo físico, el 90% de los casos no puede automatizar las operaciones del establo, ya que las ganancias que genera no son suficientes para invertir en sistemas que disminuyan estos inconvenientes.

En los últimos 10 años el número de ganaderos ha disminuido considerablemente, al pasar de 250 a 100, los productores que participaron en la entrevista mencionan que existen diversos factores que provocan la decadencia de la actividad en el municipio.

De acuerdo con el Censo económico del INEGI (2014), la principal actividad económica en Oztolotepec es el comercio, aunado a esto los jóvenes de 20 años en adelante optan por otras fuentes de ingreso, debido a que consideran que las actividades de producción primaria requieren de trabajo pesado y las ganancias obtenidas son escasas.

De los entrevistados, únicamente el 57% está seguro de que en algún miembro de su familia existe un sucesor que continúe en el futuro con la actividad, el 45 % restante considera que la producción de leche no es una actividad rentable, sino únicamente un ahorro que se utiliza cuando se tiene una emergencia económica familiar. Esta realidad es alarmante y al mismo tiempo desalentadora, puesto que la ganadería y agricultura en este municipio desaparecen paulatinamente; por lo que la producción de alimentos también disminuye.

Cuadro 1. Perfil de los productores primarios (lecheros).

Productor	Antigüedad en la actividad (años)	Tamaño del hato (número de vacas)	Número de vacas en ordeño	Volumen de producción lts/día	Destino de la producción	\$/L actual de leche	Sistema de producción	Sucesor en la actividad	Financiamiento	Problemática de la actividad desde el punto de vista del productor
Luis León Romero	35	20	15	300-350	Derivados lácteos y leche fluida	15	Estabulado	Sí	Sí	Falta de automatización en el establo
Jorge Matías	10	4	3	35-38	Leche fluida y jocoque	10	Estabulado	No	No	Falta de financiamiento y superficie para cultivar
María Natividad Pérez	20	5	3	38 - 40	Derivados lácteos y leche fluida	10	Estabulado	Si	Sí	Escases de forraje verde
Pedro Luna	10	15	13	300	Derivados lácteos y leche fluida	10	Pastoreo	Sí	Sí	Se emplea mucho tiempo en la actividad
Teresa Anaya	20	4	1	6	Leche fluida	8	Pastoreo	No	No	Escasea el forraje en temporada de estiaje
villa 2	20	7	7	175-180	Derivados lácteos y leche fluida	10	Estabulado	No sabe	No	Falta de financiamiento
concha 2	20	2	1	6	Autoconsumo y venta limitada de leche fresca	10	Estabulado	No	No	Volumen bajo de producción

7.5.2. Eslabón secundario: Transformadores

Se conforma por los industriales con empresas de distinto tamaño y características que transforman una materia prima agropecuaria específica (Villegas *et al*, 2010). Como se ha mencionado la misma unidad de producción lechera se dedica a la transformación de la materia prima, en el apartad anterior se observó que los lecheros se encuentran en condiciones de mercado diferentes, por lo que el volumen de leche que destinan para cada producto también es diferente.

Los productores lecheros que tienen mayor volumen de producción de materia prima destinan el 80% de su producción para elaborar derivados lácteos (entre ellos el jocoque) y el 20% de restante se comercializa como leche fresca. Por otro lado, los productores con volúmenes por debajo de 40 litros por día, destinan el 100% de su producción a la venta de leche fresca, en algunas ocasiones no es posible comercializar toda la producción, por lo que se ven obligados a elaborar derivados lácteos, esta situación se presenta por ejemplo cuando el hato lechero se localiza en su punto más alto de producción.

Los volúmenes bajos de producción (inferiores a 40 litros/día), representan la principal problemática en este eslabón de la cadena (Cuadro 2), además de la falta de conocimiento sobre la transformación de la materia. Razón por la cual los transformadores no pueden diversificar los productos que ofertan, puesto que carecen de materia prima o bien no conocen los procedimientos para elaborar derivados lácteos.

Algunos transformadores recurren a cursos impartidos por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO) en el Estado de México o el gobierno municipal para aprender a elaborar productos diferentes a los que ofrecen al consumidor.

En esta cadena los transformadores también se encargan de comercializar el producto que elaboran, ya sea de manera directa al consumidor o a un intermediario. Para la mayoría de ellos su área de influencia es la comunidad en la que se encuentran, puesto que el volumen de materia prima que producen no es suficiente para expandir su mercado a otras comunidades o municipios.

Los intermediarios a los que se venden los productos son panaderías, cremerías y carnicerías (Figura 6), que pertenecen a familiares de los transformadores. El transformador vende al intermediario los productos con un valor menor al que se oferta al consumidor final.

7.5.3. Eslabón terciario: Comercializadores

Así como el precio de la materia prima es diferente en cada caso, el precio al que se comercializan los derivados lácteos también es distinto entre los comercializadores. Para aquellos que no tienen problemas con el mercado el precio de sus productos es superior a los ofertados por las principales empresas dominantes en el rubro; para lograrlo, estos comercializadores han diferenciado sus productos como artesanales.

Cuadro 2. Perfil de los transformadores.

Productor	Antigüedad en la actividad (años)	Volumen de leche procesada (lts)	Productos elaborados	Puntos de venta	Problemática desde el punto de vista del transformador
Luis León Romero	35	200	Yogurt, queso fresco, mantequilla, crema, requesón y jocoque	Tianguis y plazas de Villa Cuauhtémoc, Metepec y Xonacatlán	-----
Jorge Vargas	10	35-38	Queso fresco y jocoque	San Mateo Capulhuac	Bajos volúmenes de producción de leche
María Natividad Pérez	20	38 - 40	Queso fresco, requesón, yogurt y jocoque	San Mateo Capulhuac	Bajos volúmenes de producción de leche
Pedro Luna			Queso tipo Oaxaca, queso panela, yogurt y jocoque	Carnicerías y cremerías de Villa Cuauhtémoc	Falta de conocimiento para la transformación de la leche
Teresa Anaya	20	6	Jocoque	La concepción de Hidalgo	Bajos volúmenes de producción de leche
villa 2	20	175-180	Mantequilla, yogurt, crema, queso tipo manchego y queso fresco	Venta en panaderías de Villa Cuauhtémoc	Falta de conocimiento en la transformación de la materia prima
concha 2	20	6	Ninguno	La concepción de Hidalgo	Volumen de producción limitado

Fuente: Fuente: Elaboración propia con datos tomados en entrevistas a productores.

La principal problemática de los comercializadores es el mercado, ya sea porque en la zona que se ubican existen más unidades de producción con las que compiten, o bien se ven afectados por la preferencia del consumidor en la compra de productos lácteos de bajo costo.

Cuando el consumidor final adquiere el producto mediante un intermediario, el precio es de \$ 2 a \$ 5 veces más elevado que al que lo oferta el productor – transformador, y el pago se realiza en una sola exhibición.

Sin embargo, cuando el producto se adquiere en la unidad de producción, en el 80% de los casos el pago es en varias exhibiciones, de esta manera los productores lecheros que venden sus propios productos aumentan el número de clientes, puesto que les otorgan facilidades de pago de tal manera que puedan seguir consumiendo y por lo tanto aseguran su mercado.

Para su comercialización en ningún caso se utiliza refrigeración, ya que este método de conservación aumentaría los costos de producción. Cuando existen excedentes de producción y no se venden en su totalidad la unidad de producción familiar los consume y en algunas ocasiones los regalan.

7.5.4. Consumidores

Los consumidores finales de todos los productos que se elaboran con esta actividad son las amas de casa que adquieren leche fresca o derivados lácteos. Prefieren estos productos porque están elaborados con la mínima cantidad de aditivos y consideran que beneficia a su salud debido a que no se disminuye la cantidad de

nutrientes que posee la materia prima. Mencionan que son productos naturales y de buena calidad, además de tener un precio accesible para la economía familiar.

7.5.5. Agentes de soporte

Los agentes de soporte en esta cadena de producción son escasos y su participación es limitada; por ejemplo, la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGARPA) a través de la SEDAGRO apoyan mediante financiamiento para la adquisición de maquinaria como tractores, picadoras, trilladoras, etcétera que se utilizan en la producción de forraje para el hato; en tanto que, el gobierno municipal de Oztolotepec proporciona cursos para la elaboración de productos lácteos.

Los veterinarios proporcionan la atención médica del hato, realizan mejoras de razas mediante inseminación artificial y algunos casos realizan recomendaciones para mejorar la dieta del ganado y/o las instalaciones del establo. La Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) realiza esporádicamente análisis de brucelosis y tuberculosis con ganaderos de la cabecera municipal.

Los proveedores de insumos como: forrajes, alimento balanceado, fertilizantes, insecticidas, plaguicidas, antibióticos, semillas, contenedores para leche, cuajo, moldes, aditivos y sal, los cuales desempeñan una función importante en la cadena como agentes de soporte, puesto que suministran los elementos necesarios para la alimentación, manejo del hato y elaboración de productos lácteos.

7.6. Funcionamiento del sistema agroindustrial

Una particularidad de este sistema es que las unidades de producción lechera, son las mismas que transforman la materia prima y comercializan los productos que

elaboran. Por lo que en este caso los actores de encuentran fuertemente vinculados, los agentes de soporte son escasos y su presencia es limitada (Figura 6), no obstante juegan un rol importante en el funcionamiento de la cadena de producción. En esta cadena de producción existe una integración vertical, debido a que el eslabón de transformación se autoabastece de leche de vaca fresca que ellos mismos producen.

7.7. Caracterización de la leche usada en la elaboración de jocoque

En la caracterización de la leche se utilizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales fueron evaluados en la temporada de lluvias 2013 y sequía 2014. Para fines de esta investigación se designó a los productores lecheros como tratamientos

Los parámetros fisicoquímicos que se evaluaron en la materia prima para elaborar jocoque fue: contenido de grasa, proteína, sólidos no grasos, pH, acidez titulable y densidad de la leche. En el análisis microbiológico se evaluaron en placas Petrifilm la cuenta total de unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias mesófilas aerobias y coliformes totales.

7.7.1. Análisis fisicoquímico de la leche

En Oztolotepec se pueden encontrar diferentes razas de ganado entre ellas Pardo suizo, Gyr, Beefmaster, Angus y Holstein; sin embargo, la cruce de ganado criollo con holstein es la dominante en la zona.

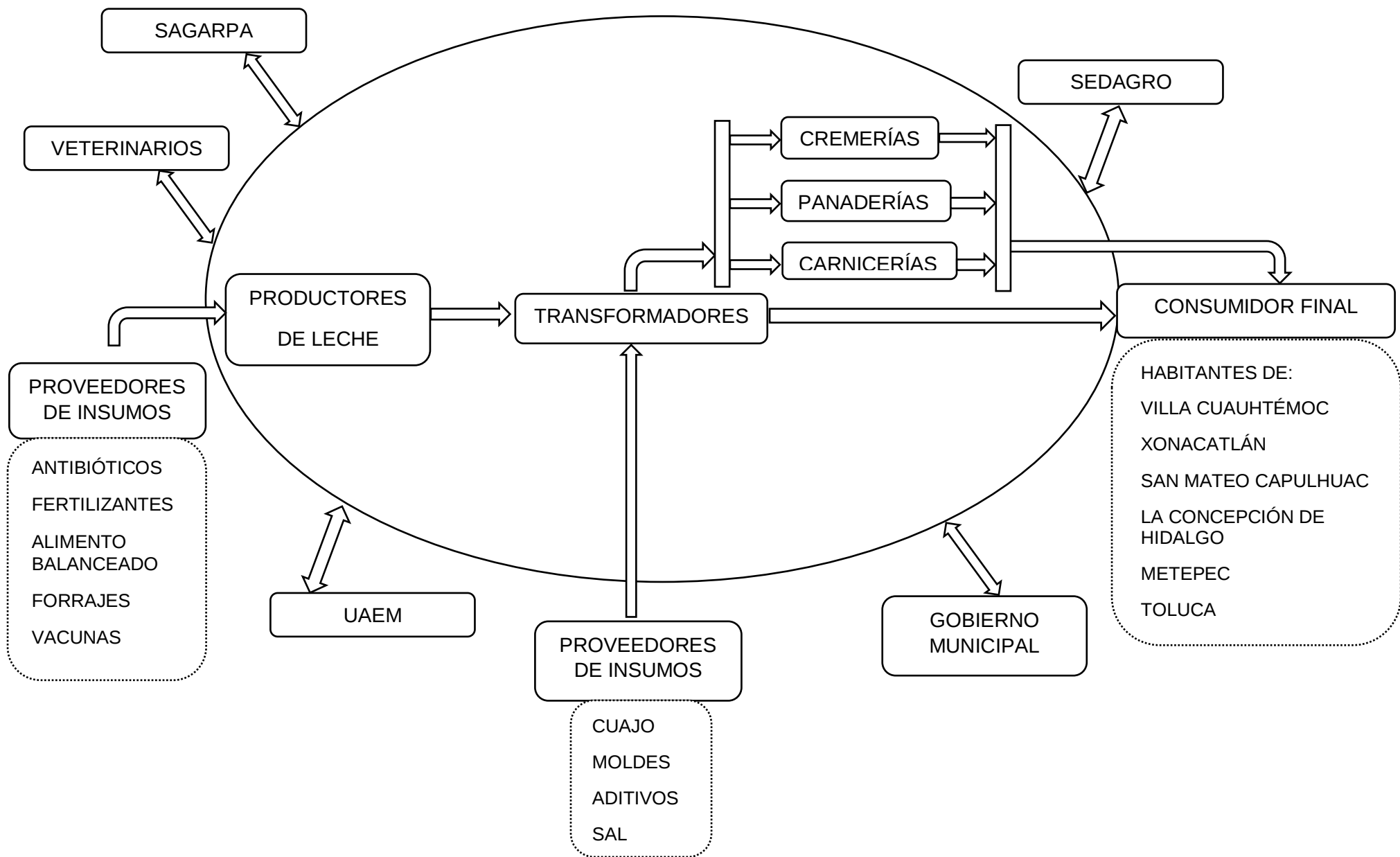


Figura 6. Representación del SAI: Leche – Jocoque de Oztolotepec, Estado de México. Fuente: Elaboración propia

7.7.1.1. Contenido de grasa

Con la estructura simétrica compuesta de covarianza y la prueba Tukey para las comparaciones de medias, se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.01$) entre los tratamiento T1 y T4, el resto de los tratamiento no presenta diferencia significativa (Cuadro 3). Es decir que al comparar las medias de contenido de grasa de los tratamientos en general, se encuentra diferencia únicamente entre la leche del productor 1 y 4 (con un $\alpha = 0.05$), lo cual puede estar relacionado con la raza del ganado o la alimentación del hato.

Al comparar las temporadas evaluadas para cada tratamiento con la misma estructura de covarianza y prueba para comparación de medias; se tiene que no existe diferencia estadísticamente significativa (con un $\alpha = 0.05$). Lo cual nos indica el contenido de grasa de la leche es el mismo independientemente de la época del año evaluada ($p > 0.05$).

La temporada de estiaje presenta el menos contenido de grasa en todos los casos, en este caso puede atribuirse a la variaciones en la dieta del hato lechero. De acuerdo con lo estipulado en la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 el contenido de grasa de leche para elaborar jocoque se clasifica como Clase A en todos los casos, ya que es superior a 32 g/L de grasa butírica o 3.2 %.

La leche del productor 4 presenta el mayor contenido de grasa, seguido del productor 3, ambos utilizan el sistema de pastoreo y complementan la dieta con forraje (y alimento balanceado en T4). Para los sistemas estabulados de traspatio (T1, T2 y T5) el contenido de proteínas fue menor comparado con el sistema de pastoreo, aunque también incluyen forraje, granos y alimento balanceado.

Cuadro 3. Contenido de grasa en leche cruda para jocoque.

	Grasa (%)	
	Lluvias	Sequía
T1	3.24 ± 0.116	3.16± 0.116
T2	3.21 ± 0.116 ^a	3.11 ± 0.116 ^a
T3	3.42 ± 0.082 ^a	3.39± 0.116 ^a
T4	3.48 ± 0.116	3.36± 0.082
T5	3.32 ± 0.082 ^a	3.26± 0.082 ^a

Fuente: Elaboración propia con datos experimentales. Valores con la misma literal (^a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$, con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

7.7.1.2. Contenido de proteína

Con una estructura de varianza no estructurada y prueba Tukey para comparación de medias, y al comparar los tratamientos entre sí se observa una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$), es decir que el efecto de los tratamientos refleja una respuesta diferente en el contenido de proteínas (con un $\alpha = 0.05$), esta diferencia puede estar influenciada por la dieta del ható o las razas presentes en el mismo (Cuadro 4).

En el tratamiento 1 no se observa diferencia estadísticamente significativa al comparar el efecto del tratamiento en la temporada de lluvias con la de sequía ($p < 0.05$). Sin embargo en los tratamientos restantes sí se observa una diferencia significativa ($p < 0.001$) al comparar el contenido de proteína en las dos temporadas evaluadas (con un $\alpha = 0.05$).

En la temporada de sequía se observa la menor cantidad de proteína presente en la leche, lo cual debe estar relacionado directamente con la alimentación del ganado o alguna variación en las razas que componen el hato lechero.

La leche evaluada se clasifica como Clase A con un contenido de proteínas mayor a 31 g/L (o 3.1 %) de acuerdo con lo establecido en la NMX-F-700-COFOCALEC-2004. No obstante la leche para T2 en temporada de sequía se clasifica como Clase B ya que presenta 30.4 g/L de proteínas totales (Cuadro 4).

Cuadro 4. Contenido de proteínas en leche cruda para jocoque.

	Proteínas (%)	
	Lluvias	Sequía
T1	3.29 ± 0.017 *	3.24 ± 0.016 *
T2	3.12 ± 0.017	3.04 ± 0.016
T3	3.22 ± 0.017	3.15 ± 0.016
T4	3.48 ± 0.017	3.38 ± 0.016
T5	3.38 ± 0.017	3.23 ± 0.016

Fuente: Elaboración propia con datos experimentales. Valores con la misma literal ^(a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$, con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

La mayor cantidad de proteínas se presenta en la leche del T4 (pastoreo) tanto en temporada de sequía como de lluvias, seguida del T5 y T1 (estabulado de traspatio), el T3 (pastoreo) se ubica en la cuarta posición y el T2 presenta el menor contenido de proteínas en ambas épocas del año.

7.7.1.3. Sólidos no grasos

El contenido de sólidos no grasos (SNG) de la leche se evaluó estadísticamente con una estructura de covarianza autorregresiva de primer orden con prueba Tukey para comparación de medias. En el cuadro 5 se observa que 4 no presenta diferencia significativa ($p < 0.05$) en el contenido de SNG al compararse con el resto de los tratamientos.

Por el contrario el efecto de los tratamientos T1, T2, T3 y T5 presenta diferencias significativas al compararlos entre sí ($p < 0.05$, con un $\alpha = 0.05$), la alimentación del hato y las razas de las cuales se compone influyen en este comportamiento.

Cuadro 5. Contenido de solidos no grasos en leche cruda para jocoque.

	Sólidos no grasos (%)	
	Lluvias	Sequía
T1	8.58 $\pm$ 0.080 *	8.51 $\pm$ 0.080 *
T2	8.62 $\pm$ 0.080 *	8.56 $\pm$ 0.080 *
T3	8.53 $\pm$ 0.080 *	8.44 $\pm$ 0.080 *
T4	8.23 $\pm$ 0.080 ^{ax}	8.18 $\pm$ 0.080 ^{ax}
T5	8.47 $\pm$ 0.080	8.38 $\pm$ 0.080

Fuente: Elaboración propia con datos experimentales. Valores con la misma literal (^a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

Ahora bien, al comparar los cada uno de los tratamientos por época, se observa que únicamente el T5 presenta diferencia significativa ($p > 0.05$) en el contenido de SNG puesto que es menor en la época de sequía respecto a la de lluvias.

Los tratamientos T1, T2, T3 y T4 no presentan diferencia estadísticamente significativa al comparar las temporadas, no obstante en el cuadro 5 se observa una disminución en la época de sequía comparada con la temporada de lluvias.

En este componente la leche del T2 (estabulado de traspatio contiene la mayor cantidad de SNG en ambas temporadas, seguido del T1, T3 y T5, en tanto que el T5 de pastoreo es el que presenta la menor cantidad de SNG en su composición.

Tomando como base lo establecido en la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y los resultados anteriores, la leche de los tratamientos 1, 2, 3 y 5 presentan un contenido de SNG en ambas épocas es superior al mínimo requerido (83 g/L), y el tratamiento 4 con 82.3 g/L en temporada de lluvias y 8.18 g/L en sequía no cumple con este parámetro (Cuadro 5).

7.7.1.4. pH de la leche

Para analizar los resultados de pH se utilizó una estructura de covarianza autorregresiva de primer orden con la prueba Tukey para comparación de medias.

Con este análisis se observa que el efectos de los tratamientos 1, 3, 4 y 5 presenta diferencia significativa en el pH de la leche (con $p > 0.05$) al comparase entre sí, la leche que se utiliza como materia prima para elaborar jocoque es en la mayoría de los casos mezcla de ordeñas diferentes, por lo cual la edad de la leche puede influye en valor del pH (Cuadro 6).

En cambio, el efecto del tratamiento 2 no presenta diferencia significativa en el valor del pH al compararse con el resto de tratamientos.

Por otro lado, al comparar cada tratamiento en la temporada de lluvias con la de sequía, se aprecia que todos no presentan diferencia significativa ($p > 0.05$, con un $\alpha = 0.05$). Es decir, aunque numéricamente se observan ligeras diferencias (Cuadro 6), estadísticamente el efecto de los tratamientos es el mismo, por lo que el valor del pH de la leche que se evaluó es el mismo independientemente de la época del año, del tipo de alimentación del hato, las razas del mismo y las condiciones ambientales de la época.

Cuadro 6. pH en leche cruda para jocoque.

	pH	
	Lluvias	Sequía
T1	$6.61 \pm 0.016^*$	$6.70 \pm 0.023^*$
T2	$6.52 \pm 0.016^{a*}$	$6.61 \pm 0.023^{a*}$
T3	$6.70 \pm 0.032^*$	$6.71 \pm 0.023^*$
T4	$6.71 \pm 0.016^*$	$6.71 \pm 0.016^*$
T5	$6.58 \pm 0.016^*$	$6.66 \pm 0.023^*$

Fuente: Elaboración propia con datos experimentales. Valores con la misma literal (^a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

La NMX-F-700-COFOCALEC-2004 no especifica el valor para pH, no obstante los resultados obtenidos indican que son similares al de la leche.

7.7.1.5. Acidez titulable

Los resultados del contenido de ácido láctico; evaluado mediante acidez titulable en la materia prima, se analizaron con una estructura de covarianza no estructurada y prueba Tukey para la comparación de medias.

Con la cual se obtuvo que al comparar el efecto de todos los tratamientos entre sí sobre el contenido de ácido láctico no presenta diferencia significativa con valor $p > 0.05$ (Cuadro 7). Es decir; para la materia prima evaluada el efecto de la mezcla y edad de la leche es el mismo en cada uno de los tratamientos.

Cuadro 7. Contenido de ácido láctico expresado como acidez titulable en leche cruda para jocoque.

	Acidez titulable (°D)	
	Lluvias	Sequía
T1	15.4 ± 0.024 ^a *	15.6 ± 0.031 ^a *
T2	15.6 ± 0.024 ^a *	15.6 ± 0.034 ^a *
T3	15.2 ± 0.031 ^a *	15.4 ± 0.031 ^a *
T4	15.6 ± 0.024 ^a *	15.8 ± 0.034 ^a *
T5	15.6 ± 0.034 ^a *	16.0 ± 0.032 ^a *

Fuente: Elaboración propia con datos experimentales. Valores con la misma literal (^a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

Al comparar el efecto de cada tratamiento en la época de lluvias y sequía se observa que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$). Aunque numéricamente hay ligeras diferencias, estadísticamente el efecto es el mismo.

7.7.1.1. Densidad de la leche

Para el análisis de los resultados de la densidad la leche se utilizó una estructura de covarianza no estructurada y la prueba Tukey para la comparación de medias.

A partir del cual se observa que el efecto de los tratamientos 1, 2, 3, 4, y 5 comparados entre sí no presenta diferencia significativa con $p > 0.05$ (Cuadro 8). Es decir, que la densidad de la leche es la misma independientemente de la alimentación del hato, las razas que lo componen y otros factores que pueden afectar el incremento o disminución de este parámetro.

Cuadro 8. Densidad de leche cruda para jocoque.

	Densidad ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	
	Lluvias	Sequía
T1	$1.032 \pm 0.0003^{a*}$	$1.033 \pm 0.0005^{a*}$
T2	$1.032 \pm 0.0003^{a*}$	$1.033 \pm 0.0003^{a*}$
T3	$1.033 \pm 0.004^{a*}$	$1.033 \pm 0.0005^{a*}$
T4	$1.032 \pm 0.003^{a*}$	$1.033 \pm 0.0004^{a*}$
T5	$1.032 \pm 0.005^{a*}$	$1.033 \pm 0.0003^{a*}$

Fuente: Elaboración propia con datos experimentales. Valores con la misma literal (^a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

De igual manera, al comparar el efecto de cada tratamiento en las temporadas evaluadas, se observa que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$ con un con

un $\alpha = 0.05$). Es decir, aunque numéricamente se observa una diferencia, el valor de la densidad en la temporada de lluvia y de sequía es el mismo (Cuadro 8).

La NMX-F-700-COFOCALEC-2004 establece que a 15 °C la densidad de la leche cruda de vaca debe ser de 1.0295 g/L, los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5 con 1.033 g/L cumplen con esta especificación.

7.7.2. Análisis microbiológico de la leche

7.7.2.1. Bacterias mesófilas aerobias

Con una estructura de covarianza autorregresiva de primer orden y con la prueba Tukey para comparación de medias, se observa en el cuadro 9 el efecto de los tratamientos 1, 2, 3, 4, y 5 sobre la cantidad de UFC*mL⁻¹ al compararlos entre sí es estadísticamente significativo ($p < 0.001$ con un $\alpha = 0.05$). Lo cual indica que cada tratamiento influye de diferente manera en la respuesta; dicho de otra manera, las condiciones higiénicas en las que se maneja la materia prima son diferentes en cada productor lechero y se reflejan directamente en el contenido de bacterias mesófilas aerobias.

Ahora bien al comparar el efecto de cada tratamiento en la temporada de lluvias y de sequía sobre las UFC*g⁻¹ de BMA, se observa que existen una diferencia significativa en T1, T2, T3, T4y T5, razón por la cual se aprecia una reducción en la época de sequía comparada con la de lluvias de la cantidad de colonias presentes en cada tratamiento (Cuadro 9).

De acuerdo con la especificación sanitaria de la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 sobre la cuenta total de bacterias mesófilas aerobias de leche cruda de vaca, la

materia prima de los 5 tratamientos se clasifica como Clase 1, debido a que contienen menos de $5 \log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$ de BMA (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cuenta total de bacterias mesófilas aerobias en leche cruda para elaborar jocoque.

	Bacterias Mesófilas Aerobias ($\log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$)	
	Lluvias	Sequía
T1	2.18 ± 0.013	2.10 ± 0.019
T2	2.72 ± 0.019	2.11 ± 0.019
T3	2.68 ± 0.018	1.89 ± 0.019
T4	4.51 ± 0.018	2.29 ± 0.013
T5	4.73 ± 0.019	2.67 ± 0.018

Fuente: Elaboración propia con datos experimentales. Valores con la misma literal (^a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

El T4 y T5 presentan los niveles más altos $\text{UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$ de BMA en ambas épocas del año, en tanto que T1 en la temporada de lluvias presenta la menor cantidad de UFC del mismo microorganismo, en tanto que T3 tiene en la temporada de sequía la menor cantidad de $\text{UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$ de BMA.

La diferencia en la respuesta entre tratamientos es debido a la presencia o ausencia de prácticas de higiene durante el ordeño, conservación de la leche y la limpieza ambiental del lugar en donde se desarrollan estas actividades (Anexo 1).

7.7.2.2. Bacterias coliformes totales

Respecto a las bacterias coliformes totales con una estructura de varianza autorregresiva de primer orden, con prueba Tukey para comparación de medias, se aprecia que el efecto de todos los tratamientos (T1, T2, T3, T4 y T5) presenta diferencia significativa al compararlos entre sí ($p < 0.001$ con un $\alpha = 0.05$).

En el cuadro 10 puede apreciarse que las UFC*mL⁻¹ de bacterias coliformes existe variación pues con el T1 no existe presencia de estos microorganismos, en cambio el T5 presenta el mayor valor de UFC (cuadro 10). Por lo que se sugiere que las condiciones higiénicas del personal que manipula la materia prima influyen directamente en la presencia de estas bacterias (ver anexo 2).

Cuadro 10. Cuenta total de bacterias coliformes totales en leche cruda para elaborar jocoque.

	Coliformes Totales (log ₁₀ UFC*mL ⁻¹)	
	Lluvias	Sequía
T1	0.00 ± 0.011	00.00 ± 0.011
T2	1.396 ± 0.011	2.370 ± 0.016
T3	1.020 ± 0.016	1.100 ± 0.011
T4	2.222 ± 0.011	2.270 ± 0.016
T5	2.290 ± 0.016	2.364 ± 0.016

Fuente: Elaboración propia. Valores con la misma literal ^(a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

Al comparar efecto de cada tratamiento las temporadas evaluadas se observa una diferencia significativa ($p < 0.001$ con un $\alpha = 0.05$). En el T1 se observa que tanto en temporada de lluvias como de sequía no existe presencia de bacterias coliformes totales, en cambio para T2, T3, T4 y T5 se aprecia un incremento de UFC en la temporada de estiaje comparada con la época de lluvias (Cuadro 10).

Este comportamiento puede estar influenciado por la temperatura ambiental, ya que es mayor en la temporada de sequía. En la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 no existe una especificación sanitaria de bacterias coliformes totales para leche cruda.

7.8. Caracterización del proceso de producción de jocoque

El jocoque de Oztolotepec se elabora con leche fresca y entera de vaca, en el municipio existen dos diferentes procedimientos para elaborar este derivado lácteo (Figura 7), en ambos casos el objetivo es producir una cuajada como resultado del aumento de acidez de la leche por efecto del calor solar o inducido.

7.8.1. Recepción de la leche

La materia prima se recibe inmediatamente después de la ordeña en las unidades donde la producción de leche es superior a 40 litros/día; en cambio, en donde se produce menor cantidad de leche, la materia prima es el sobrante del volumen diario que no se vendió como leche fresca; por lo tanto, la materia prima se recibe de 3 a 4 horas después de la ordeña.

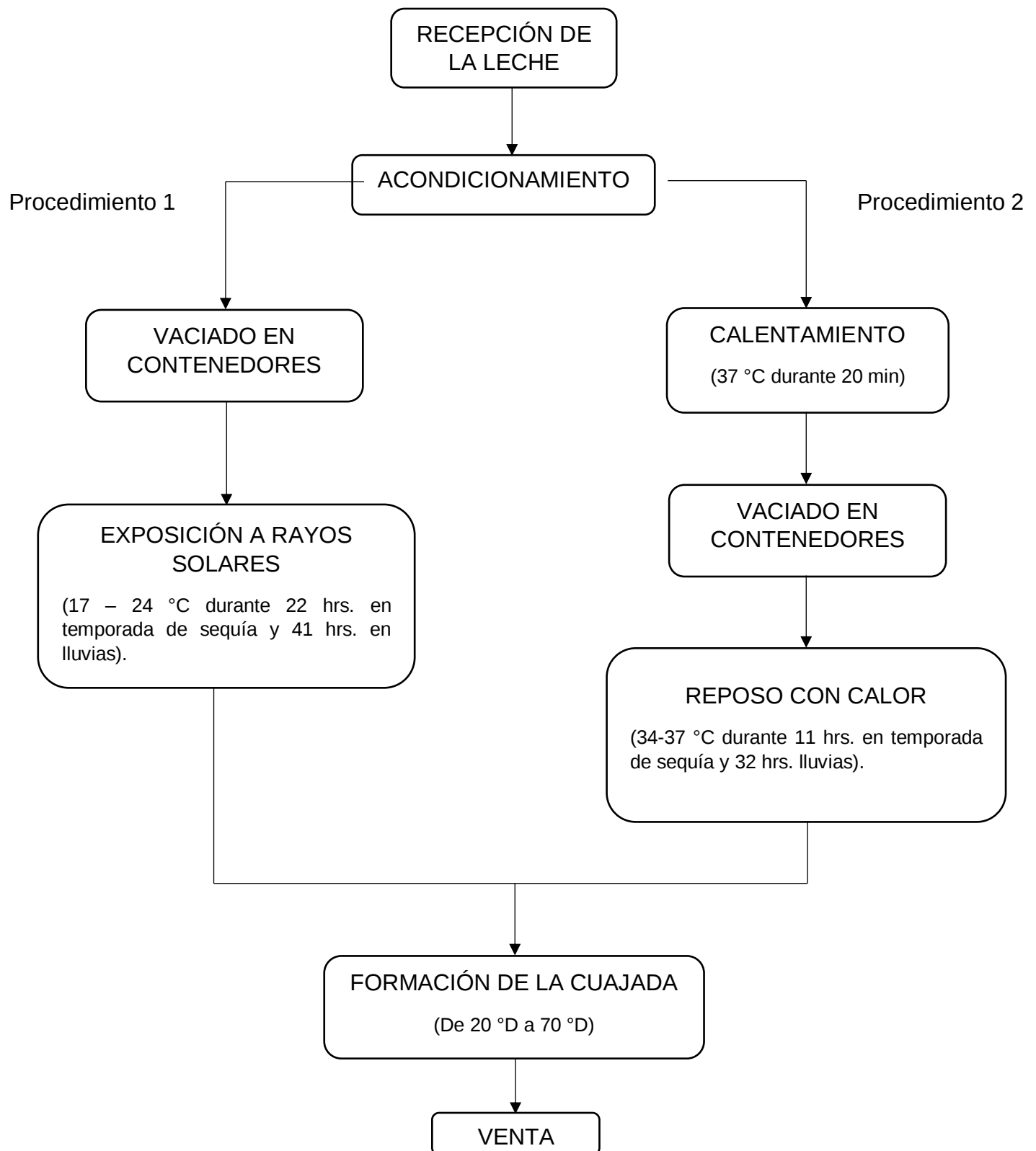


Figura 7. Diagrama de bloques para la elaboración de jocoque en Otzolotepec, Estado de México.

7.8.2. Acondicionamiento

Debido a que la leche con la que se elabora el jocoque proviene del sobrante de la venta del día en que se produce y en algunas ocasiones la reservada del día anterior, el acondicionamiento consiste en mezclarlas con la finalidad de homogenizar la materia prima.

7.8.3. Vaciado en contenedores

El incremento de ácido láctico se desarrolla en los envases de plástico en los cuales se comercializa el producto; debido a que el transporte del jocoque es fundamental para conservar la cuajada, los lecheros eligen verter toda la leche en un mismo recipiente y medirlo en el momento en que se hace la venta. Para el procedimiento 1 (Figura 7) esta acción se realiza antes de exponer la materia prima a los rayos del sol; en cambio, en el procedimiento 2 (Figura 7) primero se realiza el calentamiento y posteriormente la leche se vacía en los contenedores.

7.8.4. Exposición a rayos solares

Esta etapa del proceso es exclusiva del procedimiento 1, consiste en incrementar la cantidad de ácido láctico de la leche, por lo que se hace uso del calor emitido por los rayos solares. La temperatura que alcanza la leche bajo este método es de 17°C a 24 °C, durante la temporada de lluvias el tiempo empleado en esta fase es de 41 horas, en tanto que en la época de estiaje se reduce a 22 horas.

7.8.5. Calentamiento

En el procedimiento 2 para fermentar la lactosa la leche se calienta hasta 37 °C durante 20 minutos.

7.8.6. Reposo con calor

La leche se mantiene en reposo a una temperatura de 34°C a 37°C hasta la formación de la cuajada, en temporada de lluvias esta etapa del proceso tiene una duración de 32 horas; en cambio, en la época de estiaje el tiempo se reduce a 11 horas (Figura 7).

7.8.7. Formación de la cuajada

La cuajada es el resultado de la fermentación de la lactosa por efecto del calor, inicia con el incremento exponencial de ácido láctico en la leche (a partir de 19°D hasta 70°D). La duración de esta fase para el procedimiento 1 es de 10 horas en la temporada de lluvias y 8 horas en la temporada de estiaje, por otro lado, en el procedimiento 2 la duración de esta fase en la época de estiaje es de 4 horas y 8 horas en la temporada de lluvias.

7.8.8. Venta

Una vez que se ha formado la cuajada, se procede a vender el producto final, ya sea en presentaciones individuales o bien, se mide la cantidad que el cliente desea de un solo contenedor en el que se elaboró el jocoque. En esta cadena de producción no se utiliza refrigeración durante la comercialización del producto.

7.9. Cinética de acidez en la elaboración de jocoque

El desarrollo de acidez en el jocoque se produce por acción del calor, por lo tanto las condiciones de temperatura ambiental y de la leche determinan el tiempo empleado para elaborar el producto.

En la temporada de lluvias (2013), la temperatura ambiental durante los días en los cuales se tomaron las mediciones osciló entre los 14 °C a 16 °C durante la noche y de 17 °C a 23 °C en el día (Figura 8).

Sin embargo, la temperatura de la leche varió de acuerdo con el procedimiento que se eligió para elaborar el producto; por ejemplo, para el procedimiento 1 la temperatura más baja de la materia prima fue de 14°C y 26.5 °C como máxima, por otro lado, para el procedimiento 2 la temperatura mínima de la leche fue de 14°C y 35 °C como más alta.

Esta diferencia de temperatura de la leche en los procedimientos propició que el desarrollo de acidez se produjera en mayor tiempo (41 horas) en el producto que se elabora con ayuda de los rayos solares, en tanto que para el procedimiento 2 el tiempo de elaboración se redujo a 32 horas (Figura 8).

El comportamiento de la curva de acidez es similar en ambos casos, el desarrollo exponencial de ácido láctico comienza cuando la leche presenta 19 °D, a partir de este punto la cantidad de ácido láctico en la leche aumenta con rapidez hasta alcanzar 70 °D.

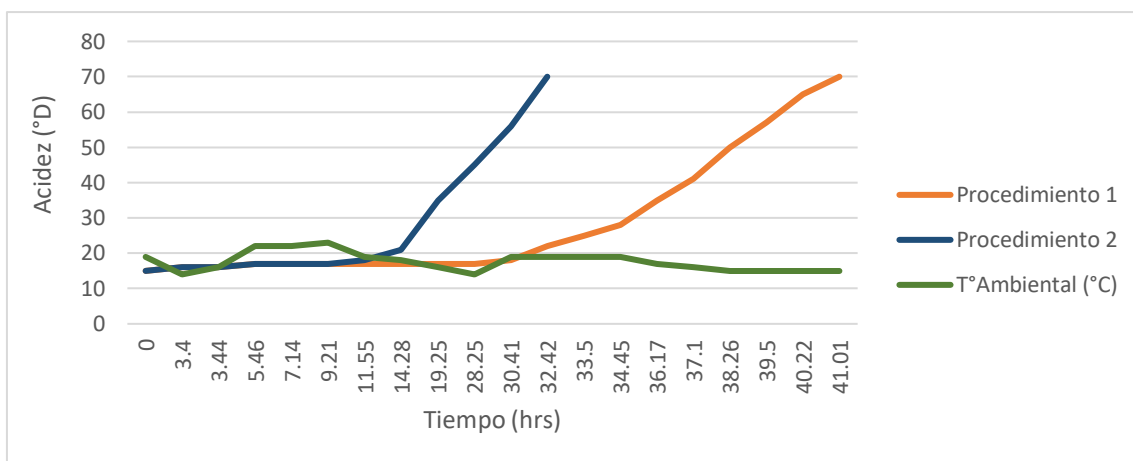


Figura 8. Desarrollo de acidez en jocoque, temporada de lluvias 2013. Fuente: elaboración propia con datos tomados en campo.

En la temporada de sequía (2014) la temperatura ambiental osciló de 15 °C a 17 °C durante la noche y de 18°C a 24°C en el día (Figura 9). Por otro lado la temperatura de la leche para el procedimiento 1 fue de 15°C como mínima y máxima de 25°C; en cambio, para el procedimiento 2 la temperatura más baja de la leche fue de 15 °C y 37°C la más alta.

Estas condiciones de temperatura favorecieron que el tiempo que se empleó para elaborar jocoque fuese menor en comparación con el utilizado en la temporada de lluvias, ya que para el procedimiento 1 se requirieron 22 horas; es decir, 19 horas menos y para el procedimiento 1, el tiempo de elaboración de jocoque disminuyó de 32 a 16 horas.

En esta época del año el desarrollo exponencial de ácido láctico también comienza cuando la leche presenta 19 °D y se detiene cuando el producto

alcanza 70 °D, debido a que es el contenido de acidez final con el que se comercializa el jocoque.

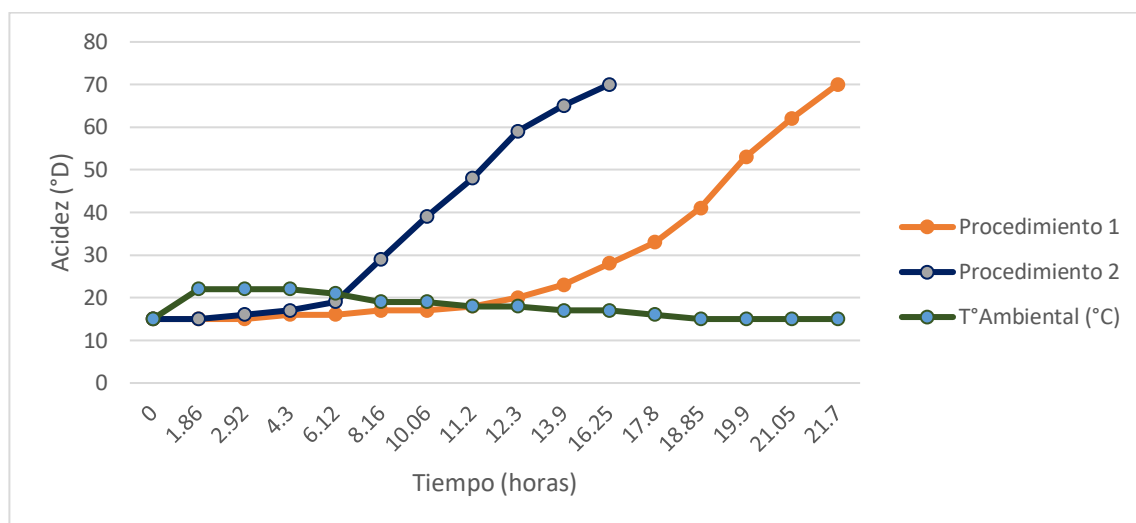


Figura 9. Desarrollo de acidez en jocoque, temporada de sequía 2014. Fuente: elaboración propia con datos en campo.

En Otzolotepec las personas que elaboran jocoque no realizan pruebas de acidez en ninguna etapa del proceso, únicamente se apoyan de su olfato y vista para determinar las condiciones en las que se encuentra el producto; por ejemplo, disminuyen la temperatura ambiental que rodea al contenedor de leche cuando notan la presencia de ácido láctico debido al olor característico que produce (cuando la leche tiene 35°D) y deciden que el producto final está listo para venderse cuando la cuajada se encuentra completamente formada (70°D).

7.10. Análisis FODA del SAI Leche – Jocoque de Otzolotepec, Estado de México

El jocoque al igual que muchos quesos mexicanos se encuentra en peligro de desaparecer, debido a la disminución de la actividad ganadera en el municipio.

No obstante presenta características positivas que pueden lograr que este producto permanezca en el mercado.

En el cuadro 10 se presenta un análisis FODA del sistema que nos ayuda a sintetizar la problemática que se presenta el jocoque en Ootzolutepec, así como definir acciones para mejorar el funcionamiento del sistema en beneficio de los actores que lo componen.

Cuadro 11. Análisis FODA del SAI Leche – jocoque de Ootzolutepec, Estado de México.

Fortalezas * Los tres actores de la cadena se encuentran en la misma unidad de producción. * El saber – hacer se encuentra presente en el sistema con una antigüedad mínima de 10 años.	Oportunidades * Consolidar una sociedad o cooperativa para tener mayor volumen de producción de leche. * Introducirse en nuevos nichos de mercado * Diferenciar el producto como artesanal. * Creación de una marca colectiva
Debilidades * El volumen de producción de leche es bajo e impide expandir el mercado. * El 80 % de los consumidores de jocoque son personas de la tercera edad. * Escaso financiamiento a la actividad ganadera y de transformación.	Amenazas * La actividad ganadera disminuye paulatinamente en el municipio. * No cuenta con sucesores en la actividad * Competencia con productos lácteos de bajo precio disminuyen sus oportunidades de mercado.

8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1. Sistema Agroindustrial Jocoque de Oztolotepec, Estado de México

Con base en la clasificación de Villegas y Cervantes (2011) el sistema de producción lechero en Oztolotepec es familiar ya que los hatos ganaderos son pequeños, la mano de obra que se utiliza proviene de los integrantes del hogar y las instalaciones del establo son una extensión de la casa de los ganaderos.

De acuerdo con la clasificación presentada en Villegas *et al* (2010) y considerando el nivel tecnológico de este sistema, se puede afirmar que se trata de una agroindustria artesanal, debido a que el proceso de elaboración de jocoque como se apreció en los apartados anteriores no requiere de tecnología. Por otro lado, también se clasifica como una microagroindustria ya que los volúmenes de leche que se transforman por día son inferiores a 200 litros.

Los actores de este sistema se encuentran fuertemente vinculados puesto que forman parte de una misma unidad de producción familiar, aunque no existen contratos de por medio, cada uno de los eslabones se esfuerza para obtener un excelente producto que ofrecer al siguiente componente. Estar integrados en la misma unidad de producción garantiza al sistema agroindustrial el buen flujo de bienes y servicios entre los actores.

Este SAI presenta heterogeneidad en todos sus eslabones, existen productores primarios con diferentes volúmenes de producción de leche, distintos procedimientos para elaborar jocoque e incluso el mercado en el que se desarrollan es diferente, por lo que la problemática que enfrentan no es la misma

en cada unidad de producción. No obstante el saber hacer tanto en la actividad ganadera como en la de transformación data de por lo menos una década de experiencia, la cual ha permanecido hasta el presente debido a la transmisión de la información a través de generaciones.

Un aspecto relevante del jocoque de Oztolotepec es que el 80 % de los consumidores de este producto son personas de la tercera edad, lo cual indica que las nuevas generaciones no están familiarizadas con el consumo de este lácteo. En los años siguientes esta situación puede influir directamente en la desaparición del producto en el municipio, ya que al decrecer la cantidad de consumidores de jocoque, el mercado disminuiría de la misma manera hasta ser nulo. Sin embargo, pueden emplearse diversas estrategias para acrecentar el mercado de jocoque.

Tal como menciona Muchnick (2004) “antes que nada comemos símbolos”, los alimentos unen a los hombres a un lugar, forman parte de las identidades colectivas e individuales; unen en el tiempo: el pasado al presente. La comida también es memoria anclada en aromas, gustos de comida y bebidas de la infancia, memoria especial para la transmisión del saber hacer y técnicas de preparación a través de generaciones

Desde hace más de 100 años el jocoque está presente en la dieta de los habitantes de Oztolotepec; sin embargo, a mediados de ese periodo el producto perdió difusión debido al cambio en los hábitos alimenticios y las actividades económicas del municipio, por esta razón las generaciones recientes no están

acostumbradas con el consumo de jocoque, a pesar de ser un producto con gran tradición en el municipio.

Para hacer frente a la problemática de mercado, el consumo de jocoque puede difundirse nuevamente al diferenciarlo como un producto artesanal y específico de Otzolotepec. De acuerdo con Ramírez (2007) la existencia de productos con identidad territorial permiten vincular territorios con mercados, se sustenta en atributos geográficos especiales de ciertas áreas, sobre la historia, alguna particularidad social o de género sobre un tipo de producto.

Es imprescindible para conservar el poco mercado existente, que los habitantes de este municipio se sientan identificados con el jocoque, ya que el medio físico y geográfico en donde se elabora le confieren especificidad (derivadas de la alimentación y raza del ganado, los procedimientos de fabricación y la cultura de la población) que lo hacen único.

La especificidad territorial puede ser producto de condiciones físicas biológicas o culturales (Ramírez, 2007). El saber hacer es tan importante como las condiciones bioclimáticas. (Muchnick, 2004). De acuerdo con Acampora y Fonte (2008) la existencia de especificidad territorial agrega valor al producto típico y la relación producto - territorio permite a la localidad retener una parte del beneficio económico. Los nuevos mercados para los productos típicos abren la posibilidad de elaborar nuevas estrategias colectivas de desarrollo rural.

Diferenciar los productos según las regiones de producción es fundamental si de desarrollo local se trata, más aún cuando las características biofísicas y

climáticas del lugar de producción y el efecto terruño constituyen factores decisivos en el enraizamiento local. (Muchnick, 2004).

Los efectos directos de la valorización recaen sobre los componentes de la economía local vinculados a la cadena de producción del bien típico, mientras que los efectos sobre el territorio son indirectos: se evita la baja remuneración de los recursos locales, aumentan la ocupación, etcetera (Acampora y Fonte, 2008).

Posicionar al jocoque como un producto con especificidad le permitirá incursionar en nuevos nichos de mercado (diferenciados), acción con la cual se podrán obtener mejores ingresos por la venta del producto.

Para lograr este objetivo es necesario que los productores lecheros de Oztolotepec puedan consolidarse como una asociación o cooperativa, de esta manera podrían reunir mayores volúmenes de leche y abastecer su nuevo mercado, además obtendrían fácil acceso a créditos y/o financiamiento para la adquisición de maquinaria, insumos, etcétera, que apoye el crecimiento del SAI.

Kliksberg (2000) menciona que las familias con mayores niveles de ingresos económico son las que tienen un más alto grado de participación en organizaciones colectivas y el capital social que se acumula de esas participaciones los benefician individualmente y crea beneficios colectivos.

Con lo expuesto en apartados anteriores se puede afirmar que el jocoque de Oztolotepec posee cualidades para catalogarse con un producto típico, ya que de acuerdo con Acampora y Fonte (2008) los productos típicos incorporan

conocimientos técnicos locales, desarrollados con la experiencia a lo largo del tiempo y referidos al lugar, las variedades cultivadas y las prácticas agrícolas.

8.2. Materia prima: leche

La leche prima para elaborar jocoque se clasifica de acuerdo con el contenido de grasa y proteínas en como Clase A, cumple con las especificaciones fisicoquímicas de densidad y sólidos no grasos, y se clasifica como de Clase 1 respecto a las especificaciones sanitarias de cuenta total de bacterias mesófilas aerobias.

La composición de la leche analizada es: contenido de grasa de 3.11% a 3.48 %, proteínas de 3.04 % a 3.48 %, sólidos no grasos de 8.18 % a 8.62 %, con pH de 6.52 a 6.71, de 15.2 °D a 16 °D y densidad de 1.032 a 1.033 g/L.

El queso adobera de Atengo Jalisco se elabora con leche de 3.42 % a 4.35 % de grasa, de 3.30 % a 3.45 % de proteína, con un contenido de sólidos no grasos de 8.63 % a 9.10 % (Sánchez *et. al*, 2012), por lo tanto la leche producida en Oztolotepec presentan niveles inferiores, y menor rendimientos quesero, esto es debido a la diferencia entre las razas de ganado y la alimentación de los mismos.

Respecto a la calidad sanitaria de la materia prima se encontró que contiene de 1.89 a 4.73 UFC*mL⁻¹ de bacterias mesófilas aerobias y de 0 a 2.37 UFC*mL⁻¹ de bacterias coliformes totales.

Por otro lado, la cantidad de UFC*mL⁻¹ de BMA presentes en la leche producida Oztolotepec es menor que la producida en Atengo Jalisco donde los valores van desde 4.51 hasta 6.42 UFC*mL⁻¹ (Sánchez *et. al*, 2012). La leche utilizada como

materia prima en la elaboración de queso crema tropical contiene $2.93 \text{ UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$ de bacterias mesófilas aerobias y $2.87 \text{ UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$ de bacterias coliformes totales (Ramos *et. al*, 2009); por lo tanto, la materia prima del jocoque tiene una mejor calidad sanitaria.

Las variaciones en los análisis sanitarios entre estos dos tipos de materia prima se deben en gran medida a las condiciones ambientales y geográficas de la región, ya que a mayor temperatura ambiental mayor es la presencia de bacterias mesófilas aerobias.

8.3. Proceso de producción de jocoque

El jocoque es un producto que se fundamenta en la fermentación láctica producida por el aumento en el contenido de ácido láctico debido a la degradación de microorganismos propios de la leche. De acuerdo con Carneiro (2012). La fermentación láctica de la leche aumenta su vida de anaquel, inhibiendo el crecimiento de bacterias patógenas, además le confiere características sensoriales especiales.

La fermentación transforma el alimento original produce ácido, alcoholes y compuestos volátiles que adicionan sabor y aroma, alguno de estos compuestos son antimicrobianos (Moneim, 2011).

Por lo tanto la fermentación de la leche puede considerarse como un método de conservación. Sin embargo, no es producto estable, ya que los movimientos durante el transporte y comercialización del producto provocan la sinéresis de la

cuajada, en este aspecto podría proponerse alguna alternativa para disminuir este problema sin afectar en la medida de lo posible su característica artesanal.

A diferencia del queso el cual implica un proceso de deshidratación en el cual la grasa y la caseína de la leche se concentran entre seis y doce veces (Fox *et al.*, 2008), en el jocoque no existen subproductos, pues el producto se consume cuando se forma la cuajada.

9. METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA

En el jocoque se cuantificó el contenido de grasa, proteínas, humedad, acidez titulable y pH, para lo cual se siguió la metodología de la AOAC (2000) para leche.

Se evaluaron 5 muestras con tres repeticiones cada una, las cuales se homogeneizaron con un batidor de alimentos, posteriormente se analizaron siguiendo la metodología respectiva.

9.1. Materiales

Los materiales necesarios para análisis fisicoquímico del jocoque, así como los reactivos requeridos se enlistan a continuación.

- | | |
|---|------------------------------------|
| • Butirómetro de leche | • Soporte universal |
| • Batidor de alimentos | • Estufa para secar |
| • Recipientes de cristal con tapa hermética | • Crisoles |
| • Centrifuga | • Balanza analítica |
| • Parrilla de gas | • Potenciómetro |
| • Pipetas volumétricas de 9 y 11 mL | • Fenolftaleína |
| • Pipetas de 1, 5 y 10 mL | • NaOH 0.1 N |
| • Tubos de cristal para digestión | • HCl 0.1 N |
| • Digestor de proteínas | • Catalizadores de CuSO_4 |
| • Destilador FOSS | • Octanol |
| • Vasos de precipitados | • Alcohol Isoamílico |
| • Matraces de 500 mL | • Ácido sulfúrico |
| | • Agua destilada |

9.2. Grasa

La determinación de grasa para leche se realizó de acuerdo al método Gerber; en un butirómetro de leche se colocó con ayuda de una pipeta 10 mL de ácido sulfúrico, 11 mL de jocoque homogeneizado sin burbujas y 1 mL de alcohol isoamílico (en ese orden). Después de colocar el tapón del butirómetro se agitó con cuidado hasta mezclar los reactivos con la muestra. Para separar la grasa de la muestra se los butirómetros se centrifugaron durante 5 minutos, posteriormente para su lectura se colocaron en agua a 65°C.

9.3. Proteína

La cuantificación de proteínas se realizó con base en el método Kejdhal; en tubos de ensayo para digestión se colocaron 2 pastillas de catalizador (CuSO₄), 1 gramo de muestra, 82 gotas de octanol y 12 mL de ácido sulfúrico. Los tubos se colocaron en un digestor de proteína hasta cambiar su coloración a verde esmeralda, posteriormente se colocaron en el destilador FOSS, el destilado de tituló con ácido clorhídrico 0.1 N, finalmente se procesaron los datos con la siguiente fórmula y se cuantificó el porcentaje de proteína.

$$\%N = \frac{NHCl \times mequiHCl \times G}{muestra (g)} \times 100$$

9.4. Humedad

Para la determinación de humedad se secaron los recipientes metálicos durante 4 horas en la estufa, posteriormente se colocaron en el desecador, se

etiquetaron y pesaron. En cada recipiente se colocó 1 gramo de muestra el cual se metió nuevamente a la estufa durante 1 hora, posteriormente se sacaron y colocaron en el desecador, se pesaron nuevamente y por diferencia se cuantificó la pérdida de agua.

9.5. pH

El pH se cuantificó con un potenciómetro, se colocaron 15 mL de muestra homogeneizada y se colocaron en un vaso de precipitados, posteriormente se introdujo el y se registró la lectura.

9.6. Acidez titulable

Con una pipeta volumétrica se tomaron 9 mL de muestra homogeneizada y se colocaron en un vaso de precipitados, se agregaron 3 gotas de fenolftaleína como indicador y se tituló con hidróxido de sodio 0.1 N. Al observarse el cambio de coloración en la muestra se registró la lectura. Con la siguiente fórmula se procesaron los datos para expresar en resultado en °D.

$$\text{ácido láctico} = \left(\frac{N \text{ NaOH} \times \text{Volumen} \times \text{mequi ácido láctico}}{\text{muestra}} \right) 10$$

9.7. Diseño estadístico

Al desarrollar experimentos en los que las unidades experimentales manifiestan cambios a través del tiempo en respuesta a un factor o serie de factores el investigador desea obtener la mayor información posible lo cual se logra con el diseño experimental con medidas repetidas. El objetivo es examinar y comparar las tendencias en el tiempo de las respuestas a los tratamientos (Correa, 2004).

Al igual que en el SAI se designaron a los productores lecheros como tratamientos, en los cuales se evaluó la calidad fisicoquímica de la materia prima. Por lo tanto los tratamientos evaluados fueron T1, T2, T3, T4 y T5 con 5 repeticiones cada uno en ambas temporadas (Lluvias 2013 y Sequía 2014).

Los juegos de hipótesis planteados fueron:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0 \quad \text{vs} \quad H_a: \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \neq \tau_4 \neq \tau_5 \neq 0$$

Con el estadístico de prueba para evaluar la significancia de los tratamientos: Si $p < \alpha$, entonces Rechazar H_0 .

Los resultados obtenidos se analizaron mediante un diseño mixto un diseño mixto con un esquema completamente al azar, en el que se ajustaron las estructuras de covarianza con estructuras simétricas compuestas, no estructuradas y autorregresivas de primer orden, además se utilizó la prueba Tukey para comparar la significancia entre las medias de los tratamientos.

10. RESULTADOS

10.1. Contenido de grasa

Los resultados obtenidos en la composición de grasa de jocoque se evaluaron estadísticamente con una estructura de varianza autorregresiva de primer orden y prueba Tukey para comparación de medias. Con la cual se obtuvo que al comparar el efecto de los tratamientos J1, J2, J3, J4 y J5 entre sí, existe diferencia significativa ($p < 0.001$ con un $\alpha = 0.05$).

Debido a que los tratamientos consisten en el procedimiento para elaborar el producto y la materia prima empleada por cada productor, se puede decir que ambos factores influyen directamente en el valor final de grasa presente en el jocoque, por lo que existe diferencia en el contenido de grasa en los productos evaluados (Cuadro12).

Cuadro 12. Contenido de grasa en jocoque.

	Grasa (%)	
	Lluvias	Sequía
J1	3.22 ± 0.020 *	3.16 ± 0.022 *
J2	3.20 ± 0.028 *	3.16 ± 0.020 *
J3	3.36 ± 0.028 *	3.34 ± 0.022 *
J4	3.38 ± 0.037 *	3.26 ± 0.020 *
J5	3.28 ± 0.031	3.18 ± 0.028

Fuente: Elaboración propia. Valores con la misma literal (^a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

El productor 4 (pastoreo y procedimiento 1) presentan el contenido más alto de grasa en jocoque, seguido del productor 3 (pastoreo y procedimiento 1), en las últimas tres posiciones de encuentran los productores 5, 1 y 2 respectivamente.

Al comparar el efecto de cada tratamiento en temporada de lluvias y de sequía, se aprecia que en los tratamientos J1, J2, J3, y J4 no presentan diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$ con un $\alpha = 0.05$). Es decir, el método de

elaboración y la materia prima, así como las condiciones ambientales propias de cada época del año tienen en mismo efecto en el contenido de grasa del producto (Cuadro 12). Por el contrario para el tratamiento J5 el efecto de estos factores si presenta diferencia significativa ($p < 0.001$ con un $\alpha = 0.05$) al comparar ambas temporadas.

En la NOM-155-SCFI-2003 no existen especificaciones fisicoquímicas para leches fermentadas, por lo que no es posible comparar ninguno de los resultados obtenidos con los establecidos en esta norma o alguna otra y determinar si los valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

10.2. Contenido de proteínas

Los valores obtenidos del contenido de proteína presentes en jocoque se evaluaron con una estructura de covarianza no estructura y con la prueba Tukey para comparación de medias.

En el cuadro 13 se observa que para los tratamientos J1, J2 y J4 no existe diferencia significativa estadísticamente al compararlos con los 5 tratamientos evaluados respectivamente ($p > 0.05$ con un $\alpha = 0.05$). No obstante en los tratamientos J3 y J5 sí se observa diferencia significativa ($p < 0.001$ con un $\alpha = 0.05$) al compararlos con los demás tratamientos.

Al comparar el efecto de cada tratamiento en las dos temporadas evaluadas se obtuvo que únicamente el tratamiento J3 presentó diferencias significativas al comparar la época de lluvias con la de sequía ($p < 0.001$ con un $\alpha = 0.05$), en tanto

que el efecto de los tratamientos J1, J2, J4 y J5 no presenta diferencia estadísticamente significativa al comparar ambas temporadas.

Cuadro 13. Contenido de proteínas en jocoque.

	Proteínas (%)	
	Lluvias	Sequía
J1	3.16 ± 0.020 ^{a*}	3.08 ± 0.021 ^{a*}
J2	3.06 ± 0.020 ^{a*}	3.02 ± 0.030 ^{a*}
J3	3.16 ± 0.030	3.04 ± 0.020
J4	3.26 ± 0.021 ^{a*}	3.18 ± 0.020 ^{a*}
J5	3.20 ± 0.020 *	3.12 ± 0.021 *

Fuente: Elaboración propia. Valores con la misma literal (^a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

De los productos evaluados el jocoque del producto 4 (J4) contiene el mayor contenido de proteínas, en ambas temporadas, posteriormente se ubican el J5, J1, J3 y J2, en segunda, tercera, cuarta y quinta posición respectivamente (Cuadro 13). Este parámetro se puede comparar, ya que no existe ninguna norma mexicana con especificaciones fisicoquímicas para leche fermentada.

10.3. Humedad

Respecto al porcentaje de humedad del jocoque, se analizaron los resultados con una estructura de covarianza no estructurada y con la prueba Tukey para comparación de medias de los tratamientos. A partir del cual se aprecia que el

efecto de todos los tratamientos no tiene diferencia significativa en el contenido de humedad del producto ($p > 0.05$ con un $\alpha = 0.05$). Por lo que los métodos de elaboración u características de la materia prima no tienen efecto diferente en cada uno de los productos evaluados (Cuadro 14).

El mismo comportamiento se observa al comparar el efecto de cada tratamiento en las épocas evaluadas (Cuadro 14), puesto que ninguno de los tratamiento (J1, J2, J3, J4 y J5) presenta diferencia significativa en el porcentaje de humedad en temporada de lluvias y de sequía ($p > 0.05$ con un $\alpha = 0.05$).

Cuadro 14. Contenido de humedad en jocoque.

	Humedad (%)	
	Lluvias	Sequía
J1	$82.4 \pm 0.18^{a*}$	$82.6 \pm 0.17^{a*}$
J2	$82.8 \pm 0.18^{a*}$	$83.0 \pm 0.17^{a*}$
J3	$82.2 \pm 0.28^{a*}$	$82.4 \pm 0.24^{a*}$
J4	$82.8 \pm 0.24^{a*}$	$83.0 \pm 0.22^{a*}$
J5	$82.4 \pm 0.17^{a*}$	$82.6 \pm 0.17^{a*}$

Fuente: Elaboración propia. Valores con la misma literal (a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

Al comparar estos resultados con los establecidos en NOM-155-SCFI-2003 encontramos que no existe referencia para este parámetro, por lo que no se puede determinar si cumple o no con los parámetros expresados en dicho documento.

10.4. pH

Los resultados de pH se analizaron con una estructura de covarianza autorregresiva de primer orden y prueba Tukey para comparación de medias. El efecto de los tratamientos J1, J2, J3, J4 y J5 no presenta diferencia estadísticamente significativa sobre el pH del producto final ($p > 0.05$ con un $\alpha = 0.05$). Por lo tanto se puede decir que independientemente del método de elaboración y la materia prima que se utilizó para elaborar jocoque no influyen en el pH del producto (Cuadro 15).

El mismo comportamiento se observa al comparar el efecto de cada tratamiento entre las temporadas, ya que no existe diferencia significativa estadísticamente en el contenido de pH del jocoque en la temporada de sequía que el que se elabora en la época de estiaje. ($p > 0.05$ con un $\alpha = 0.05$).

Cuadro 15. Contenido de pH en jocoque.

	pH	
	Lluvias	Sequía
J1	$4.20 \pm 0.12^{a*}$	$4.22 \pm 0.11^{a*}$
J2	$4.21 \pm 0.12^{a*}$	$4.20 \pm 0.10^{a*}$
J3	$4.22 \pm 0.11^{a*}$	$4.22 \pm 0.12^{a*}$
J4	$4.20 \pm 0.13^{a*}$	$4.22 \pm 0.12^{a*}$
J5	$4.21 \pm 0.11^{a*}$	$4.20 \pm 0.13^{a*}$

Fuente: Elaboración propia. Valores con la misma literal (a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

La NOM-185-SSA1-2002 establece que el pH óptimo de las leches fermentadas debe ser 4.4, con base en la información del cuadro 15 se puede afirmar que todos los productos evaluados cumplen con este parámetro ya que el rango de pH para jocoque de Oztolotepec es de 4.20 a 4.22.

10.5. Acidez titulable

Finalmente se los valores obtenidos de ácido láctico expresado mediante acidez titulable, se analizaron con una estructura de covarianza compuesta simétrica y se utilizó la prueba Tukey para la comparación de medias de los tratamientos.

En el cuadro 16 se observa que la acidez del producto en promedio para los 5 tratamientos es de 40 °D; además, el efecto de todos los tratamientos no presenta diferencia significativa en el resultado obtenido ($p > 0.05$ con un $\alpha = 0.05$).

Cuadro 16. Acidez titulable en jocoque.

	Acidez titulable (°D)	
	Lluvias	Sequía
J1	70.0 $\pm$ 0.13 ^{a *}	70.2 $\pm$ 0.15 ^{a *}
J2	70.2 $\pm$ 0.13 ^{a *}	70.4 $\pm$ 0.26 ^{a *}
J3	70.4 $\pm$ 0.18 ^{a *}	70.6 $\pm$ 0.21 ^{a *}
J4	70.2 $\pm$ 0.18 ^{a *}	70.2 $\pm$ 0.26 ^{a *}
J5	70.0 $\pm$ 0.13 ^{a *}	70.2 $\pm$ 0.15 ^{a *}

Fuente: Elaboración propia. Valores con la misma literal (^a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

Al comparar el efecto de cada tratamiento en la temporada de lluvias y de sequía se observa que no existe diferencia significativa sobre la acidez del producto ($p > 0.05$ con un $\alpha = 0.05$). Es decir, las condiciones del procedimiento para elaborar el producto, la materia prima y las condiciones ambientales no tienen efecto diferente en ambas temporadas.

Todos los productos evaluados cumplen con lo establecido en la NOM-185-SSA1-2002 que indica 50 °D como valor mínimo en los productos lácteos fermentados, puesto que el jocoque tiene de 70.0 °D a 70.6°D.

11. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En México no existe una norma que especifique los parámetros fisicoquímicos para leche fermentada. Tampoco existe un estudio documentado previo con el que se puedan comparar los resultados obtenidos en esta investigación.

No obstante puede compararse con otra leche fermentada similar que se elabora en Sudán; de acuerdo con Moneim *et al.* (2011) en “mish” (leche fermentada de vaca) el contenido de grasa es de 7.13 %, proteínas 8.03 % y humedad 18.13 %, el jocoque presenta valores inferiores ya que se elabora con leche cruda de vaca sin aditivos y “mish” a pesar de ser de leche de vaca es un producto comercial que no conserva la composición propia de la leche.

Sin embargo, al comparar los valores de pH del jocoque con leches fermentadas de Sudán (4.40 – 4.49), España (4.41 -4.44) Arabia Saudita (4.1 – 4.8) (Moneim *et al.*, 2011; Al – Otaibi, 2012; Alegría *et. al*, 2010) se observa que son semejantes.

Por lo tanto aunque se trata de leches fermentadas de vaca, la composición es diferente debido a las condiciones ambientales en las que se elabora el producto, los aditivos que se utilizan, el método de elaboración, la raza y dieta del hato lechero, etcétera.

El jocoque presenta una ligera disminución en su composición fisicoquímica comparada con la materia prima, aunque los valores son muy semejantes, esto es debido a que el único proceso que se lleva a cabo es la degradación de la lactosa y no se le adiciona ningún otro ingrediente.

En el pH si existe una diferencia notable, ya que con el aumento de acidez, el pH disminuye conforme el proceso de degradación de la lactosa avanza.

12. METODOLOGIA PARA LA CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA

Debido a que en México no existen investigaciones enfocadas al estudio del jocoque, la metodología empleada para la realización de esta caracterización se diseñó de acuerdo con investigaciones a nivel mundial realizadas en leches fermentadas.

Tomando como base las investigaciones de Al-Otaibi (2012), Lavanya *et al.* (2011) y Akabanda *et al.* (2013) se estableció la metodología para la cuantificación y aislamiento de las bacterias lácticas en el jocoque; en tanto que para la metodología de levaduras se utilizaron como base las investigaciones de Al-Otaibi (2012), Akabanda *et al.* (2013) y Vardjan *et al.* (2013). En estas investigaciones sobre leches fermentadas no se reportan estudios relacionados

con los hongos, por esta razón se elaboró la metodología con base en la información de Pascual y Calderón (2000).

La cuantificación de la microflora en jocoque y su aislamiento se realizó en 2 temporadas diferentes: temporada de lluvias 2013 y de estiaje 2014. No obstante, la metodología fue la misma en ambos casos.

12.1. Materiales

Los materiales necesarios para el aislamiento de la microflora del jocoque, así como los medios de cultivo requeridos se enlistan a continuación.

- Balanza granataria
- Frascos de vidrio con tapa hermética estériles
- Licuadora con vaso metálico estéril
- Agua peptonada al 0.1 %
- Tubos de ensaye medianos con tapa estériles
- Placas Petri estériles
- Pipetas de 1 y 10 mL estériles
- Varillas de vidrio en L
- Asas bacteriológicas
- Matraces de 1 L
- Varillas de vidrio
- Mecheros
- Extracto de malta
- Dextrosa
- Peptona
- Agua destilada
- Incubadora con temperatura de 25 °C a 37 °C
- Papel aluminio
- Cucharas soperas estériles
- Alcohol
- Algodón
- Canastillas metálicas
- Estufa para esterilizar
- Olla de presión con manómetro
- Agar Bilis Rojo Violeta
- Papa Dextrosa Agar (PDA)
- Medio MRS
- Medio M17
- Agar Bacteriológico

12.2. Muestreo

Se eligieron presentaciones de 250 mL de jocoque los cuales se transportaron hasta el Laboratorio de Lácteos del Departamento de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Autónoma Chapingo de acuerdo con lo establecido en la NOM-109-SSA-1994. El transporte se realizó durante 4 horas en hieleras con geles refrigerantes que propiciaban una temperatura entre 4 °C y 7 °C dentro del recipiente.

Se eligieron 5 productores con sistemas de producción lechera diferentes, al azar se colectaron 5 muestras por cada ganadero; es decir 25 muestras.

12.3. Tamaño de la muestra

De los 250 mL de jocoque que se colectaron por cada muestra únicamente se utilizaron 10 gramos, los cuales fueron pesados en un ambiente aséptico y con una báscula previamente desinfectada.

12.4. Homogenización de la muestra

En un vaso metálico de licuadora esterilizado se colocaron los 10 gramos de jocoque y se licuaron con una 90 mL de agua peptonada al 0.1 % previamente esterilizada.

12.5. Diluciones decimales

A partir de la mezcla anterior se prepararon diluciones decimales desde 10^{-2} hasta 10^{-8} , las cuales fueron diluidas en 9 mL de agua peptonada estéril.

12.6. Aislamiento

A lo largo del procedimiento de cuantificación y aislamiento de cepas de la microflora del jocoque, se utilizaron diferentes métodos de siembra, de acuerdo con el objetivo de cada etapa.

12.6.1. Enriquecimiento en caldo

Las bacterias lácticas se enriquecieron en medio líquido MRS y M17 (Figura 10); para lo cual se tomó de manera aséptica con ayuda de una pipeta esterilizada 1 mL de muestra de las diluciones 10^{-4} hasta 10^{-8} y se agregó por triplicado a un tubo con 9 mL de medio líquido estéril, posteriormente se agitó el tubo para mezclar la el medio y la muestra.

12.6.2. Siembra por extensión en placa

La extensión en placa se realizó como su nombre lo indica en placas Petri con medio sólido. Para hongos y levaduras se tomó una muestra de 1 mL las diluciones 10^{-4} hasta 10^{-8} y se colocó por triplicado en una placa Petri con medio PDA sólido estéril (Figura 11) la muestra se extendió en la superficie del medio con ayuda una varilla de vidrio en L esterilizada previamente. En medio Agar de Bilis y Rojo Violeta se realizó el mismo procedimiento para las bacterias coliformes totales (Figura 10).

Para bacterias lácticas una vez enriquecidas se tomó una muestra de 1 mL del medio líquido con crecimiento microbiano y se colocó con una pipeta estéril en el centro de una placa con medio sólido MRS y M17 por triplicado respectivamente, después con una varilla de vidrio estéril en L se extendió de manera uniforme la muestra en la superficie del medio sólido.

12.6.3. Incubación

En hongos y levaduras el periodo de incubación fue de 7 días a 25 °C en tanto que para bacterias coliformes y lácticas la incubación se realizó a 37 °C durante 24 horas. En todas las etapas de la metodología la incubación se realizó bajo las mismas condiciones de tiempo y temperatura para cada microorganismo.

12.6.4. Cuantificación de colonias

Después del tiempo establecido de incubación, se realizó el conteo de colonias de hongos, levaduras, bacterias lácticas y bacterias coliformes presentes en las placas con ayuda de un cuenta colonias.

12.6.5. Siembra por estría cruzada

En las placas con presencia de colonias de bacterias lácticas se seleccionó una colonia aislada y con ayuda de una asa bacteriológica esterilizada con fuego, se tomó una pequeña muestra la cual se sembró por estría cruzada en una placa con medio MRS y M17 por duplicado respectivamente.

Se utilizó el mismo procedimiento para levaduras en medio sólido Malta – Dextrosa.

12.6.6. Siembra por estría simple

La cepa de la colonia sembrada por estría cruzada se purificó mediante estría simple, con una asa bacteriológica esterilizada se tomó una pequeña porción de una colonia aislada y se sembró por duplicado en una placa de medio sólido MRS y M17 respectivamente. Se utilizó el mismo procedimiento para levaduras en medio sólido Malta – Dextrosa.

12.6.7. Siembra por punción en placa

Los hongos presentes en las placas, se sembraron por separado para su aislamiento. De la colonia seleccionada se tomó con una asa bacteriológica estéril una pequeña porción de muestra y se colocó en cuatro puntos de la placa con medio sólido Malta – Dextrosa. Cada hongo aparentemente diferente se sembró por duplicado.

12.6.8. Conservación de la cepa

Las cepas de bacterias lácticas se conservaron en medio líquido MRS y M17 respectivamente, para lo cual se tomó con una asa bacteriológica esterilizada una muestra de la cepa aislada mediante estría simple y se colocó por duplicado en un tubo con 9 mL del mismo tipo de medio de la muestra en estado líquido, sin incubarse se mantuvo en refrigeración a 4°C para su conservación.

Para las levaduras con una asa bacteriológica esterilizada se tomó una muestra de la colonia aislada mediante estría simple y se sembró por duplicado también por estría en un tubo con medio sólido inclinado de PDA (Figura 11), posteriormente sin incubación se conservó en refrigeración a 4 °C.

Las cepas de hongos aislados se conservaron en tubo inclinado con medio sólido PDA (Figura 11) bajo condiciones de refrigeración (4 °C); de las cepas aisladas se tomó con una asa bacteriológica estéril una muestra y se colocó en la superficie del medio.

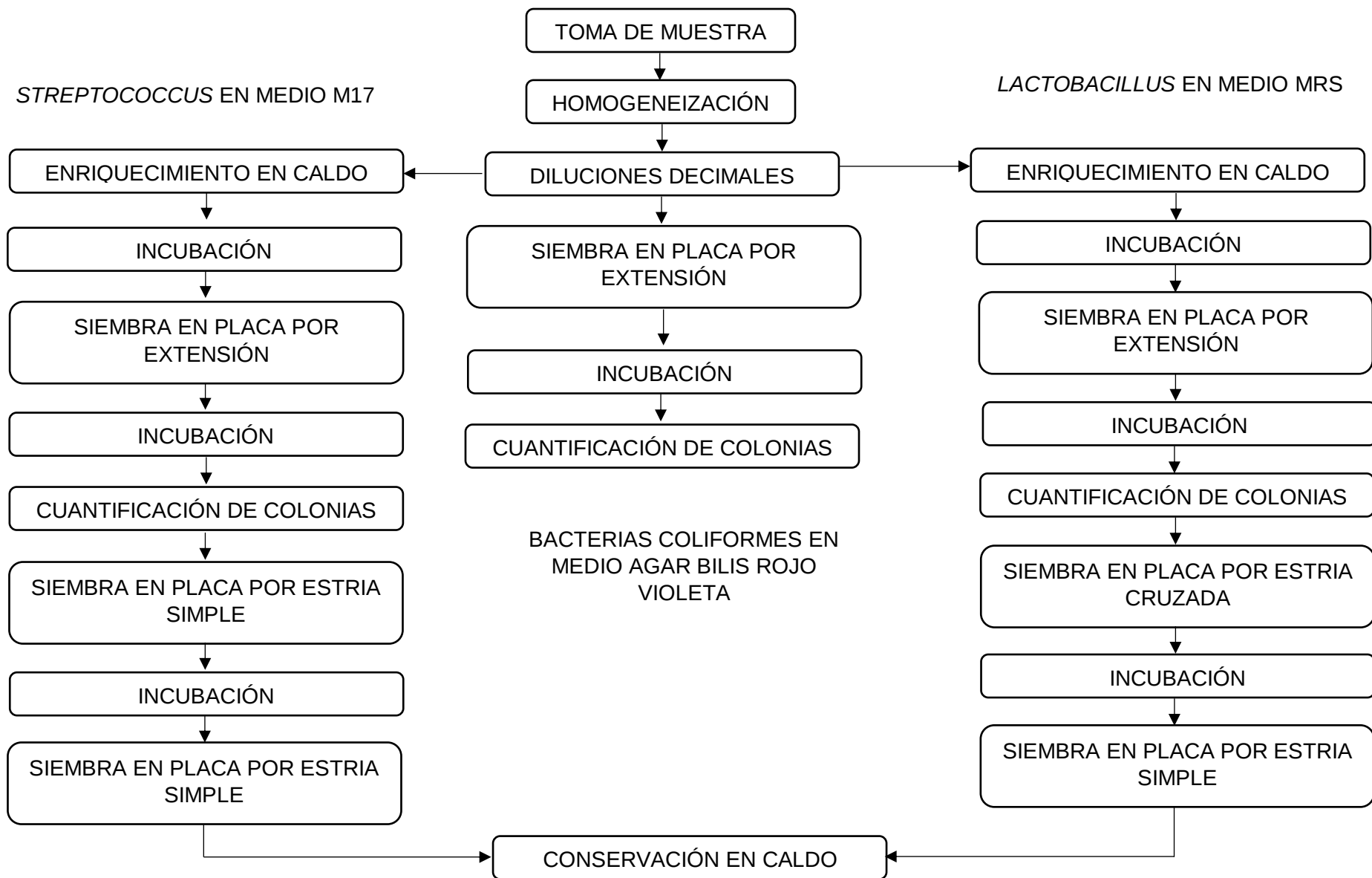


Figura 10. Metodología para el aislamiento de bacterias presente en jocoque artesanal de Oztolotepec. Fuente Elaboración propia

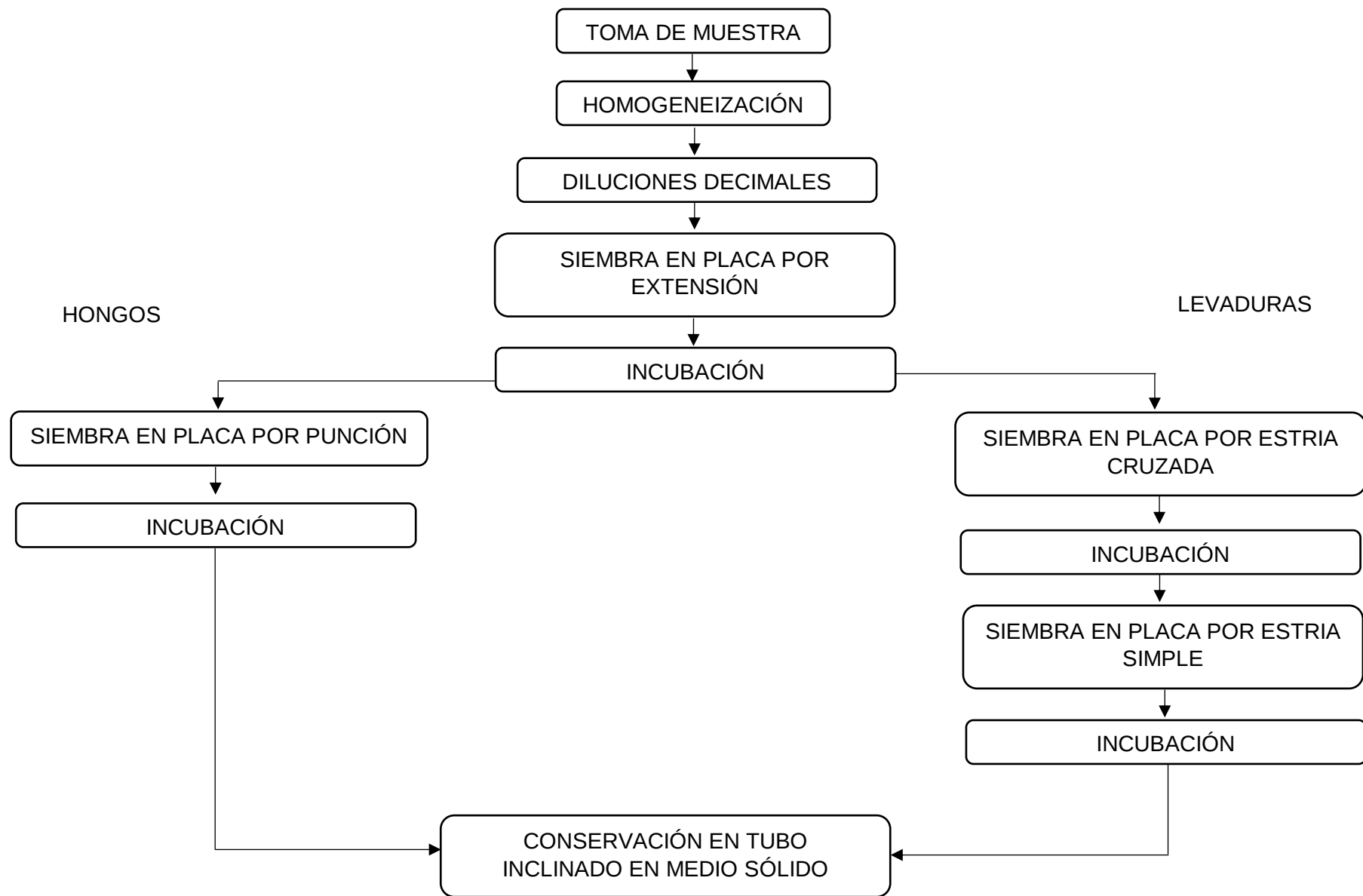


Figura 11. Metodología para el aislamiento de hongos y levaduras presentes en el jocoque artesanal de Otzolotepec. Fuente Elaboración propia

12.7. Diseño estadístico

El objetivo del diseño con medidas repetidas es examinar y comparar las tendencias en el tiempo de las respuestas a los tratamientos, lo cual puede involucrar comparaciones entre tratamientos o comparaciones de tratamientos promediando todos los tiempos, o la comparación de algún tratamiento específico (Correa, 2004).

Para la evaluación microbiológica del jocoque se designaron a los productores lecheros como tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 con 5 repeticiones cada uno en ambas temporadas (Lluvias 2013 y Sequía 2014), en este apartado se evaluaron las condiciones higiénicas del personal en la elaboración del jocoque, la manipulación de la materia prima en la composición microbiológica final del producto.

Los juegos de hipótesis planteados fueron:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0 \quad \text{vs} \quad H_a: \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \neq \tau_4 \neq \tau_5 \neq 0$$

Con el estadístico de prueba para evaluar la significancia de los tratamientos: Si $p < \alpha$, entonces Rechazar H_0 .

Los resultados obtenidos se analizaron mediante un diseño mixto un diseño mixto con un esquema completamente al azar, en el que se ajustaron las estructuras de covarianza con estructuras simétricas compuestas, no estructuradas y autorregresivas de primer orden, además se utilizó la prueba Tukey para comparar la significancia entre las medias de los tratamientos.

13. RESULTADOS

13.1. Bacterias coliformes totales

El número de UFC*g⁻¹ de bacterias coliformes totales se analizó estadísticamente con una estructura de covarianza simétrica compuesta y mediante la prueba Tukey se realizaron las comparaciones de medias de los tratamientos.

Con esta herramienta se encontró que el efecto de los tratamientos J1, J2, J3, J4 y J5 presenta diferencia significativa al compararlos entre sí (Cuadro 17), sobre el número de unidades formadoras de colonias de bacterias coliformes ($p < 0.001$ con un $\alpha = 0.05$).

Cuadro 17. Conteo de unidades formadoras de colonias de bacterias coliformes en jocoque.

	Coliformes totales (log ₁₀ UFC*g ⁻¹)	
	Lluvias	Sequía
J1	0.0 ± 0.65*	0.0 ± 0.65 *
J2	3.7 ± 0.41	8.0 ± 0.41
J3	2.3 ± 0.09 *	2.0 ± 0.01*
J4	4.2 ± 0.01	7.5 ± 0.04
J5	7.0 ± 0.65	8.0 ± 0.04

Fuente: Elaboración propia. Valores con la misma literal (^a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

Por lo tanto, la manipulación de la materia prima, las condiciones higiénicas del personal y los recipientes en los que se elabora jocoque, así como la materia prima son diferentes en cada producto evaluado y por ende el número de UFC de bacterias coliformes es diferente en cada tratamiento (Anexo 4).

En los tratamientos J1 y J3 se observa que el efecto de estos al comparar la temporada de lluvias con la de sequía no presenta diferencia significativa estadísticamente ($p=1.0$ y $p=0.99$ con un $\alpha = 0.05$ respectivamente). Ambos tratamientos tienen la cuenta de bacterias coliformes más baja en ambas épocas del año comparada con el resto de tratamientos (Cuadro 17).

En cambio, al comparar el efecto de los tratamientos J2, J4, y J5 en la época de lluvias con la de sequía se tiene que sí existe diferencia significativa en la cuenta de bacterias coliformes ($p<0.001$ con un $\alpha = 0.05$). En el cuadro 17 se puede observar que para los 3 tratamientos la mayor cantidad de UFC se presenta en la temporada de estiaje, el aumento para el tratamiento J2 es de más del 100% con respecto a la época de lluvias.

La NOM-185-SSA1-2002 establece que $10 \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ de bacterias coliformes es el límite máximo permitido para leches fermentada, por lo que el jocoque no cumple con esta especificación sanitaria.

13.2. Hongos

Los resultados obtenidos de las UFC de hongos en jocoque se analizaron con una estructura de covarianza no estructurada y mediante la prueba Tukey se realizaron las pruebas de comparación de medias de los tratamientos. El cuadro

18 muestra que al comparar el efecto de los tratamientos entre sí; para este microorganismo, existe diferencia significativa ($p < 0.001$ con un $\alpha = 0.05$).

Cuadro 18. Conteo de unidades formadoras de colonias de hongos en jocoque.

	Hongos ($\log_{10}$ UFC*g⁻¹)	
	Lluvias	Sequía
J1	2.21 ± 0.86 *	1.6 ± 0.59 *
J2	3.41 ± 0.86 *	2.8 ± 0.59 *
J3	1.1 ± 0.48 *	0.8 ± 0.08 *
J4	6.34 ± 0.59 *	5.0 ± 0.86 *
J5	3.76 ± 0.86 *	3.0 ± 0.86 *

Fuente: Elaboración propia. Valores con la misma literal (^a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

El jocoque elaborado por el productor 3 presenta la menor cuenta de UFC de hongos en temporada de lluvias y de sequía, en cambio la cuenta más elevada se observa en el productor 4 también en ambas temporadas, los tratamientos restantes presentan valores intermedios de 2.21 a 3.76 UFC (Anexo 6).

Comparando el efecto de cada tratamiento en las temporadas evaluadas se observa que no existe diferencia significativa entre ellos (ver cuadro 18); es decir, no existe diferencia en el número de UFC de hongos en la temporada de lluvias respecto a la de sequía.

En la NOM-185-SSA1-2002 no establece ningún parámetro para la presencia de UFC de hongos, por lo que no puede declararse si estas leches fermentadas se encuentran dentro de norma.

13.3 Levaduras

La cuenta total de levaduras se analizó con una estructura de covarianza no estructurada, y con la prueba Tukey para comparación de medias de los tratamientos.

Cuadro 19. Conteo de unidades formadoras de colonias de levaduras en jocoque.

	Levaduras (log₁₀ UFC*g⁻¹)	
	Lluvias	Sequía
J1	6.76 ± 0.70 *	5.50 ± 0.90 *
J2	5.69 ± 0.70 *	4.08 ± 0.83 *
J3	3.90 ± 0.54 *	2.90 ± 0.41 *
J4	6.00 ± 0.83 *	5.00 ± 0.90 *
J5	5.68 ± 0.70 *	4.00 ± 0.70 *

Fuente: Elaboración propia. Valores con la misma literal ^(a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

El efecto de los tratamientos al compararlos entre sí, presentan diferencia significativa estadísticamente ($p < 0.001$ con $\alpha = 0.05$), por esta razón se observa en el cuadro 19 que el producto del tratamiento J1 presenta la mayor cantidad de UFC de levaduras en ambas temporadas, en tanto que el jocoque del J3 es el

producto con menor cantidad de levaduras. La cuenta de levaduras para estos productos oscila entre los 2.9 UFC*g⁻¹ a 6.7 UFC*g⁻¹.

Por otro lado al comparar el efecto de cada tratamiento entre sí en las temporadas evaluadas se observa que para los tratamientos J1, J2, J3, J4 y J5, no existe diferencia significativa ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$), por lo que las condiciones climáticas de cada época del año, no afectan la cuenta de UFC*g⁻¹ de levaduras en jocoque (Anexo 5).

En México la norma que establece las especificaciones sanitarias (NOM-185-SSA1-2002) no hace referencia a parámetros de levaduras en leches fermentadas, por lo que no se pueden hacer declaraciones sobre este microorganismo.

13.4 *Lactobacillus*

Los resultados obtenidos en la evaluación de UFC de *Lactobacillus* se analizaron estadísticamente con una estructura de covarianza autorregresiva y prueba Tukey para comparación de medias entre los tratamientos.

Para este microorganismo se observa que el efecto de los tratamientos J1, J2, J3 y J4 presentan diferencia significativa al compararlos entre sí ($p < 0.001$ con $\alpha = 0.05$); sin embargo, el efecto del tratamiento J5 al compararlo con el resto de tratamientos no presenta diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 20).

El jocoque del productor 3 presenta los valores más elevados de UFC de *Lactobacillus*, seguido del productor 1, en tanto que el jocoque del productor 2 tiene los valores más bajos de estas bacterias lácticas.

Por otro lado, al comparar el efecto de cada tratamiento en la temporada de lluvias con la de estiaje, se aprecia que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$); por lo tanto, las condiciones climáticas de las temporadas, así como las características de la materia prima utilizada para elaborar los productos evaluados, no representan factores que modifiquen la cantidad final de UFC de *Lactobacillus* (Anexo 7).

Las bacterias lácticas son microorganismos propios de la leche, por esta razón ninguna norma establece el contenido máximo o mínimo de *Lactobacillus* en leches fermentadas.

Cuadro 20. Conteo de unidades formadoras de colonias de *Lactobacillus* en jocoque.

	<i>Lactobacillus</i> (log₁₀ UFC*g⁻¹)	
	Lluvias	Sequía
J1	12.36 ± 0.013 *	12.38 ± 0.013 *
J2	12.26 ± 0.019 *	12.30 ± 0.016 *
J3	12.48 ± 0.008 *	12.56 ± 0.008 *
J4	12.26 ± 0.021 *	12.30 ± 0.020 *
J5	12.30 ± 0.019 ^a *	12.36 ± 0.020 ^a *

Fuente: Elaboración propia. Valores con la misma literal (^a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

13.5. *Lactococcus*

Otro grupo de bacterias lácticas importantes en la leche corresponde a *Lactococcus*, para este microorganismo los resultados obtenidos se analizaron

con una estructura de covarianza autorregresiva de primer orden y prueba Tukey en comparación de medias de los tratamientos.

Con base en la información del cuadro 21 se observa que el efecto de los tratamientos J1, J2, J3, J5 presenta diferencia significativa en el número de UFC de *Lactococcus* al compararlo entre sí ($p < 0.001$ con $\alpha = 0.05$); en cambio, el efecto del tratamiento J4 no presenta diferencia significativa al compararlo con los tratamientos 1, 2, 3 y 5.

Cuadro 21. Conteo de unidades formadoras de colonias de *Lactococcus* en jocoque.

<i>Lactococcus</i> (log₁₀ UFC*g⁻¹)		
	Lluvias	Sequía
J1	10.36 ± 0.024 *	10.32 ± 0.016 *
J2	10.32 ± 0.034 *	10.20 ± 0.034 *
J3	10.44 ± 0.024 *	10.34 ± 0.016 *
J4	10.22 ± 0.034 ^a *	10.10 ± 0.024 ^a *
J5	10.26 ± 0.016 *	10.18 ± 0.016 *

Fuente: Elaboración propia. Valores con la misma literal (a) en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre tratamientos ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$). Valores con * en la columna no presentan diferencia significativa en la comparación de medias entre temporadas del mismo tratamiento ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$).

Finalmente al comparar el efecto de cada tratamiento en la época de lluvias con la de estiaje, se observa que no existe diferencia significativa en la cuenta total de *Lactococcus* ($p > 0.05$ con $\alpha = 0.05$), por lo que las condiciones ambientales

de cada temporada y la materia prima no determinan el contenido final de esta bacteria láctica (Anexo 7).

Debido que los *Lactococcus* son bacterias lácticas nativas de la leche, no existe reglamentación alguna que defina los parámetros mínimos y máximos de estos microorganismos en la leche.

14. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los análisis microbiológicos el jocoque artesanal de Oztolotepec, Estado de México, está compuesto por coliformes totales con un rango de 0 a 8 $\log_{10}$ UFC*g⁻¹, hongos de 0.8 a 6.34 $\log_{10}$ UFC*g⁻¹, levaduras de 2.90 a 6.78 $\log_{10}$ UFC*g⁻¹, *Lactobacillus* de 10.26 a 10.48 $\log_{10}$ UFC*g⁻¹ y *Lactococcus* de 10.10 a 10.44 $\log_{10}$ UFC*g⁻¹.

En la NOM-185-SSA1-2002 se estipulan las especificaciones sanitarias de leches fermentadas, sin embargo, únicamente se hace referencia a la presencia de bacterias coliformes totales, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella spp.* Para hongos y levaduras no existen parámetros establecidos.

Respecto a las bacterias coliformes totales se indica que 10 UFC*g⁻¹ de bacterias coliformes es el límite máximo permitido para leches fermentadas; por lo tanto el jocoque no cumple con esta especificación debido a que el contenido es de 0 a 8 $\log_{10}$ UFC*g⁻¹.

Esta cuenta total es menor comparada con los resultados obtenidos por Moneim et. al (2011) en "mish" los cuales fueron de 10.4 UFC*g⁻¹, pero más

elevador comparados con una leche fermentada de España donde se obtuvieron $1.8 \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ (Alegría *et. al*, 2010).

Aunque el rango de hongos en jocoque fue de 0.8 a $6.34 \log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$, la mayoría se ubica en $3 \log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$, los cuales son menores comparados con los obtenidos en “mish” y en España de 4.9 a $4.65 \log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ respectivamente (Moneim *et. al*, 2012; Alegría *et. al*, 2010).

Por otro lado, las levaduras en jocoque se encuentran alrededor de $5 \log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ valores similares a los reportados por Al-Otaibi (2012) en “sameel milk” con $5.7 \log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$, no obstante en “mish” se encontraron $4.9 \log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ de levaduras (Moneim *et. al*, 2011), en China la presencia de levaduras es de 6.44 a $7.48 \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ (Sun *et. al*, 2005; Luo *et. al*, 2005), en el este de África se reportan valores de levaduras en leche fermentada de 5.9 a $6.0 \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ (Suleiman *et. al*, 2006).

Las bacterias lácticas en la microflora de todas las leches fermentadas son el grupo dominante, en jocoque se ubican para *Lactococcus* de 10.26 a $10.48 \log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ y *Lactobacillus* de 10.10 a $10.44 \log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$. En “mish” comercial la presencia de *Lactocobacillus* es de $7.4 \log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ (Moneim *et. al*, 2011), en leche fermentada con leche cruda sin estandarizar elaborada en España se reporta $7.4 \log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ de estos microorganismos (Alegría *et. al*, 2010).

Para *Lactococcus* Alegría *et. al* (2010) encontró $9.10 \log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ en leche fermentada, en tanto que Moneim *et. al* (2011) reporta en “mish” comercial $7.7 \log_{10} \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$, en China estos microorganismos se encuentran entre 7.8 a 9.18

UFC*g⁻¹ (Zhang *et. al*, 2008), Mathara *et. al* (2004) encontró en la leche fermentada de Kenia valores de 5.92 a 7.9 UFC*g⁻¹, con esto se puede decir que el jocoque esta bacteria acidoláctica posee valores superiores comparados con los reportados en leches fermentadas producidas en diferentes partes del mundo.

El sabor y textura especial de cada leche fermentada depende de la acción mutua de bacterias acidolácticas, en “Xueo” (leche fermentada producida en China), los *Lactobacillus* producen acidez y contribuyen al sabor único del producto, en tanto que los *Enterococcus* le proporcionan textura (Zhang *et. al.*, 2011).

La presencia de coliformes totales aumenta en el producto final en comparación con el contenido en la leche, por lo que se puede decir que las condiciones higiénicas en la manipulación de la materia prima determina la cantidad de UFC de estas bacterias patógenas en el jocoque.

15. CONCLUSIONES

El jocoque es una leche fermentada que se produce de manera artesanal en una unidad familiar de producción lechera, dentro de la cual es posible identificar a los principales actores de la cadena agroindustrial, la presencia de agentes de soporte es escasa, por esta razón el sistema se encuentra en decadencia, con grandes posibilidades de desaparecer. Este sistema tiene amenazas que podrían determinar su desaparición como la disminución de la actividad lechera y la falta de sucesores. No obstante también presenta oportunidades de desarrollo que implican la organización de los pequeños productores lecheros y la revalorización del jocoque mediante difusión de sus propiedades.

Por otro lado, la leche que sirve de materia prima para el jocoque se produce en dos sistemas de producción: estabulado de traspatio y pastoreo, a pesar de las deficiencias en las condiciones higiénicas de ordeña y manipulación de la leche, esta cumple con las especificaciones sanitarias y microbiológicas establecidas para leche cruda.

La composición fisicoquímica del producto final no difiere mucho de la materia prima, ya que el único proceso que se lleva a cabo es la degradación de la lactosa y producción ácido láctico. No obstante si existen diferencias en la composición del jocoque y la materia prima entre los productos elaborados en Oztolotepec, ya que el manejo y alimentación del hato lechero en todos los casos es diferente.

El jocoque microbiológicamente se compone de bacterias acidolácticas, hongos, levaduras y bacterias coliformes. Con los resultados de esta investigación se valida la hipótesis planteada, ya que las bacterias ácido lácticas son el grupo microbiológicamente dominante, mediante la producción de ácido láctico se disminuye el pH de la materia prima y se forma el gel además de que le proporcionan al producto características específicas que lo diferencian.

Es un producto que cumple con las especificaciones sanitarias establecidas para leches fermentadas, por lo que no representa riesgo al consumidor. Esto es debido a que las bacterias acidolácticas crean condiciones de acidez en el producto que limitan el crecimiento de bacterias patógenas como los coliformes, con estos resultados se comprueba la hipótesis planteada al inicio.

16. BIBLIOGRAFÍA

- Acampora, T., y Fonte M., (2008), Productos típicos, estrategias de desarrollo rural y conocimiento local. Revista Opera, número 7, Universidad Externado de Colombia, Colombia, pp.191 – 212.
- Akabanda, F.; Owusu, K. J.; Tano, D.K, Glover R. L. K., Nielsen D. S., Jespersen L., 2013, Taxonomic and molecular characterization of lactic acid bacteria and yeast in nunu, a Ghanaian fermented milk product, Food microbiology, 24(2): 277-283.
- Anónimo, 2004, NMX-F-700-COFOCALEC-2004, Sistema producto leche-alimento lácteo, leche cruda de vaca, especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba, Consejo para el Fomento de la calidad de la leche y sus derivados (COFOCALEC) A.C.
- Anónimo, 1994, NOM-109-SSA-1994, Bienes y servicios, procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico, Normas Oficiales Mexicanas, Diario Oficial de la Federación.
- Anónimo, 2002, NOM-185-SSA1-2002, Productos y servicios. Mantequilla, cremas, producto lácteo condensado azucarado, productos lácteos fermentados y acidificados, dulces a base de leche. Especificaciones sanitarias. Normas Oficiales Mexicanas, Diario Oficial de la Federación.
- Anónimo, 2003, NOM-155-SCFI-2003, Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba, Normas Oficiales Mexicanas, Diario Oficial de la Federación.
- Al-Otaibi M.M., (2012), Isolation and identification of lactic acid bacteria and yeast from Sameel milk: asaudi traditional fermented milk, International Journal of Dairy Science, 7(4): 73-83.

- Alegría A., Fernández M.E., Delgado S. Mayo B., 2010, Microbial characterization and stability of a farmhouse natural fermented milk from Spain, *International Journal of Dairy Technology*, 63 (3): 423-430.
- AOAC, 2000, *Official Methods of Analysis*, Association of Official Analytical Chemists, 15th edition, Washington DC, USA.
- Carneiro, C. S., Cunha, L. F., Carvalho, L. R., Carrijo, K. F., Borges, A., Cortez, M. A. S., (2012), Leites fermentados: histórico, composição, características físico-químicas, tecnologia de processamento e defeitos, *Revista PUBVET*, Londrina, volumen 6 (27): art. 1424. Rio de Janeiro, Brasil.
- Correa, L. G., 2004, *Análisis de medidas repetidas*, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín Colombia.
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2012, Producción mundial de leche fresca de vaca, disponible en www.fao.org, consultado en octubre de 2014
- Fox P. F., 2008, *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Editorial Elsevier, Tercera edición Estados Unidos de América.
- Gadaga T. H., Mutukumira A. N., and Narvhus J. A., 2000, Enumeration and identification of yeast isolates from Zimbabwean traditional fermented milk, *International Journal of Dairy Science* 10: 456-466
- Gonfa A., Foster H. A. and Holzapfel W. H., 2001, Field survey and literature review on traditional fermented milk products in Ethiopia. *International Journal of Food Microbiology* 68: 173-186.
- Herrera, D. 2001. Competitividad con equidad en cadenas agroalimentarias. En *comunica*, año 4, No. 15. Disponible en: <http://www.iica.int/comunica/n-15>
- INEGI, 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*, consultado en www.inegi.mx, en octubre de 2014.
- INEGI, 2014a, *Censo económico 2014*, disponible en www.inegi.com.mx, consultado en octubre de 2012.

- INEGI, 2014b, Marco Geoestadístico Nacional, Censo de población y vivienda 2012. Disponible en www.inegi.com.mx, consultado en octubre de 2014.
- Kliksberg B. (2000), Capital social, cultura, claves esenciales del desarrollo, Revista de la CEPAL, número 69.
- Lavanya B., Sowmiya S., Balaji S., y Muthuvelan B. (2011), Screening and caracterización of lactic acid bacetria from fermented milk, British Journal of Dairy Sciences, 2(1): 5-10.
- Luo Z. Li S. Y. Y., Han B., 2005, Reserch on the microflora and physicochemical index of the kurut in Tibet plateau. Food Control 22: 50-53.
- Mathara J. M., U. Schillinger, Kutima P. M., Mbuguav S. K., Holzapfel W. H. , 2008, Funtional characteristic of *Lactobacillus spp.* From traditional Maasai fermented milk products in Kenya, International of Journal Food Microbiology 126:57-64.
- Moneim A., Suleiman E. Abb Elgadir H. O., Elkhalifa E. A., 2011, Chemical and microbiological characteristic of fermente milk product, mish, International Journal of Food Science and Nutrition Engineering, 1(1): 1-4
- Muchnik, J., (2004), Identidad territorial de los alimentos: alimentar el cuerpo humano y el cuerpo social, Congreso Internacional Agricultura, Industria, Territorio, Toluca, Estado de México.
- Pascual A. M. del R. y Calderón y P. V., 2000, Microbiología Alimentaria: Metodología analítica para alimentos y bebidas, Editorial Díaz de Santos, primera edición, Madrid España.
- Ramírez, E., (2007), La identidad como elemento dinamizador de la economía territorial, Revista de la CEPAL, número 69.
- Ramos I. B., Bucio G. A., Bautista M. C., Aranda I. E., Izquierdo R. F., 2009, Aislamiento, identificación y caracterización de bacterias acidolácticas para la elaboración de queso crema tropical, Universidad y Ciencia, 25(2): 159-171. Tabasco, México.

- Saccaro, D. M., (2008), Efeito da associação de culturas iniciadoras e probióticas na acidificação textura e viabilidade em leite fermentado.
- Sánchez C. A., Villegas G. A., Santos M. A., Hernández M. A., 2012, Caracterización del queso adobera de Atengo, Jalisco, Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México.
- Seifu E., Abraham A., Kurtu M. Y., Yilma Z., 2012, Isolation and characterization of lactic acid bacteria from *Ititu*: Ethiopian traditional fermented camel milk, Journal of Camelid Science 5: 82-89.
- Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP), 2014, disponible en www.siap.mx, consultado en octubre de 2014.
- Suleiman A. M. E., Ilayan A. A. and Elfaki A. E., 2006, Chemical and microbiological quality of Garris, Sudanese fermented camel's milk product, International of Journal Science Technology 41: 321-328.
- Vardjan T., Lorbeg P. M., Rogelj I., Majhenič A. Č., 2013, Characterization and stability of lactobacilli and yeast microbiota in kefir grains, Journal of Dairy Science, 96(5): 2729-2736.
- Villegas de Gante A. Z., 2003, Conceptos básicos para el estudio de los sistemas agroindustriales. Cursos Sistemas Agroindustriales. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo.
- Villegas de Gante A. Z., 2005, El jocoque: un lácteo fermentado revalorizante, Alfa Editores, Carnilac – Industrial, México DF.
- Villegas de Gante A. Z. y Cervantes E. F., 2011, La genuinidad y tipicidad de los quesos artesanales mexicanos, Revista Estudios sociales, 19(38): 146 – 164.
- Villegas de Gante, A. Z., Cervantes, E. F., y Altamirano, C. J.R., (2010), Marco conceptual para el estudio de la agroindustria mexicana, Agricultura ciencia y sociedad rural 1810 – 2010, Volumen II Agroindustria, comercios

y mercado, Primera Edición, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México.

Zhang X., Ao X., Shi L., Zhao K., Dong L., Cao Y., Cai Y., 2012, Identification of acid lactic bacteria in traditional fermented yak milk and evaluation of their application in fermented milk products, *Journal of Dairy Science*, 95(3): 1073-1084.

Zhang H., Xu J., Wang J., Sun T., Li H, and Guo M, 2008, A surveyon chemical and microbilogical composition of kurut, naturally fermented yak milk from Qinghai in China. *Food control* 19: 578 – 583.