

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE ALTO AMAZONAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS
Escuela Profesional de Ingeniería en Zootecnia



TESIS

Determinación del perfil de ácidos grasos en leche de ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista

PRESENTADO POR:

Bach. Erick Walter Huansi Ordoñez
(ORCID: 0000-0003-2494-3866)

ASESOR:

Dr. Juan Carlos Tuesta Hidalgo
(ORCID: 0000-0002-9948-1240)

CO-ASESORA:

Dra. Clavel Diaz Quevedo
(ORCID: 0000-0003-4838-4800)

Yurimaguas - Perú
2026

MDJ-02. DECLARACIÓN DE AUTORÍA

PhD. Marco Antonio Mathios Flores

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias, Programa de Estudios de Zootecnia, de la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas.

DECLARO:

Que la presente tesis titulada: "**Determinación del perfil de ácidos grasos en leche de ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas**", constituye la memoria que presenta el Bachiller **Erick Walter Huansi Ordoñez** para aspirar al título de Profesional de **Ingeniero Zootecnista**. Ha sido realizado en la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas bajo nuestra dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Yurimaguas, a los veintiseis días del mes de junio del año 2026.



ASESOR

Dr. Juan Carlos Tuesta Hidalgo
DNI: 05388857



CO-ASESORA

Dra. Clavel Diaz Quevedo
DNI: 45724138

Determinación del perfil de ácidos grasos en leche de ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas

TESIS

presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista

JURADO CALIFICADOR



Dr. José Virgilio Aguilar
Vásquez
Presidente



Mg. Jorge Cáceres
Coral
Secretario

MSc. Christopher Iván
Paredes Sánchez
Vocal



Dr. Juan Carlos Tuesta
Hidalgo
Asesor



Dra. Clavel Diaz
Quevedo
Co-Asesora

Yurimaguas, 26 de junio de 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE ALTO AMAZONAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ZOOTECNIA

TESIS

Determinación del perfil de ácidos grasos en leche de ganado vacuno en el
distrito de Yurimaguas

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista

PRESENTADO POR:

Bach. Erick Walter Huansi Ordoñez

ASESOR:

Dr. Juan Carlos Tuesta Hidalgo

CO-ASESORA:

Dra. Clavel Diaz Quevedo

Yurimaguas - Perú

2026

DEDICATORIA

A mis padres, Walter Huansi Aguilar y Florinda Ordoñez Pilco, por enseñarme a nunca rendirme, por su apoyo incondicional y por ser mi mayor motivación a lo largo de mi formación profesional.

A mis hermanas, Karina e Isabel Huansi Ordoñez, por estar siempre a mi lado, por su cariño y por brindarme su apoyo incondicional en cada etapa de este camino.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas, por haber sido el espacio donde forjé mi formación profesional y adquirí los conocimientos que hoy me permiten alcanzar esta meta.

A mi asesor, Dr. Juan Carlos Tuesta Hidalgo, y a mi co-asesora, Dra. Clavel Díaz Quevedo, por su guía, paciencia y compromiso durante todo el proceso de esta investigación, así como por la confianza depositada en mí.

Al PhD. Fred William Chu Koo, por su apoyo desinteresado en el análisis de datos y por sus valiosos consejos.

Al Dr. Holger Saúl Pérez Montaña, por su apoyo en el análisis químico y por compartir sus conocimientos con generosidad, que contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

Al equipo de la UNI: Bryan Joel Fermín Vega, Geraldine Morante Alanya y Yossi Milagros Ramírez Tinta; y al equipo de la UNAAA: Roy Alexander Arévalo Pérez y Rosa Milagros Gonzales King, por su colaboración, disposición y apoyo constante en la ejecución del proyecto.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera, estuvieron presentes durante este proceso, brindándome su apoyo, motivación y confianza.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el perfil de ácidos grasos en la leche de ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas, región Loreto. Se evaluaron 32 muestras provenientes de ganado Criollo, Gyr × Holstein y Jersey, obtenidas de tres hatos ganaderos locales. El análisis se realizó mediante estadística descriptiva (media, desviación estándar, valores mínimos y máximos). La determinación del perfil lipídico se realizó mediante cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama (GC-FID), previa extracción de lípidos y conversión a ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMES). Los resultados evidenciaron la presencia de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en las muestras analizadas. El ganado Criollo presentó mayores proporciones de ácidos grasos poliinsaturados, el ganado Gyr × Holstein destacó por su mayor contenido de ácidos grasos monoinsaturados, mientras que el ganado Jersey registró mayores niveles de ácidos grasos saturados. Se concluye que el perfil de ácidos grasos varía según el tipo de ganado, lo que evidencia la influencia de factores biológicos y productivos en la composición lipídica de la leche.

Palabras clave: Amazonía, composición lipídica, cromatografía de gases, Gyr × Holstein, Jersey.

ABSTRACT

This study aimed to determine the fatty acid profile of bovine milk in the Yurimaguas district, Loreto region. Thirty-two milk samples from Criollo, Gyr × Holstein, and Jersey cattle, obtained from three local herds, were evaluated. Analysis was conducted using descriptive statistics (mean, standard deviation, and minimum and maximum values). The lipid profile was determined using gas chromatography with a flame ionization detector (GC-FID), following lipid extraction and conversion to fatty acid methyl esters (FAMES). The results revealed the presence of saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids in the analyzed samples. Criollo cattle exhibited higher proportions of polyunsaturated fatty acids; Gyr × Holstein cattle stood out for their higher monounsaturated fatty acid content; and Jersey cattle recorded higher levels of saturated fatty acids. It is concluded that the fatty acid profile varies according to the type of cattle, demonstrating the influence of biological and production factors on the lipid composition of the milk.

Keywords: Amazon region, lipid composition, gas chromatography, Gyr × Holstein, Jersey.

INTRODUCCIÓN

La industria láctea peruana desempeña un papel crucial en la economía agropecuaria, habiendo alcanzado en el año 2025 un Valor Bruto de Producción de S/ 1 935.60 millones, lo que representa el 4.3% de dicho sector (MIDAGRI, 2026). Asimismo, se reporta una producción nacional de 2 329 283.20 toneladas de leche (MIDAGRI, 2026) y un consumo per cápita de 87 litros por habitante al año (Hernández, 2024), cifra inferior al umbral mínimo de 120 a 130 litros recomendado por la FAO (2018).

La leche de vaca provee una matriz compleja de nutrientes esenciales como proteínas, vitaminas y minerales (Lindmark, 2008) con reconocidos efectos promotores de la salud (Fernández *et al.*, 2015). Su composición macroquímica promedio oscila entre 3% y 4% de materia grasa, 3.5% de proteínas y 5% de lactosa (FAO, 2024).

El perfil lipídico está constituido por diversos ácidos grasos, clasificados según su insaturación en saturados e insaturados; estos últimos se dividen en monoinsaturados y poliinsaturados según sus dobles enlaces (Nasiff-Hadad & Meriño-Ibarra, 2003). El perfil convencional vacuno exhibe una marcada dominancia de AGS y menor proporción de AGPI, siendo los ácidos palmíticos (C16:0), oleico (C18:1), esteárico (C18:0) y linoleico (C18:2) los más abundantes (FAO, 2018). Mientras el impacto de los AGS en la salud cardiovascular continúa siendo objeto de revisión científica, los ácidos grasos insaturados de configuración *cis*, en particular los monoinsaturados y poliinsaturados, se asocian con efectos favorables sobre el perfil lipídico sérico, la función inmunitaria y el metabolismo energético (Bhavadharini *et al.*, 2020).

A nivel local, la producción lechera del distrito de Yurimaguas sustenta la ganadería familiar mediante sistemas semi-extensivos que promedian una producción modesta de 4.6 litros por vaca al día (Díaz-Quevedo, 2014). A pesar de su relevancia, existe un vacío de información científica sobre el perfil lipídico de la leche regional. Esta limitación es crítica, ya que la composición lipídica fluctúa drásticamente por la alimentación, el manejo zootécnico y el estrés climático del trópico húmedo (Schettino *et al.*, 2018; Ulaş *et al.*, 2019), impidiendo caracterizar el valor funcional de la leche según el genotipo animal explotado.

Evaluar este perfil es indispensable para dictaminar la calidad nutricional del producto. Aunque métodos gravimétricos tradicionales como Soxhlet cuantifican la grasa total, carecen de resolución para separar especies lipídicas individuales. Por ello, la cromatografía de gases con detectores de alta sensibilidad constituye la herramienta instrumental estándar y precisa para este análisis (Fuentes, 2019).

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo determinar el perfil de ácidos grasos en la leche de ganado Criollo, Gyr × Holstein y Jersey en el distrito de Yurimaguas mediante cromatografía de gases, con el propósito de generar información científica de base para la toma de decisiones zootécnicas y la valoración nutricional de la producción lechera local. .

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN	vi
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.1. Identificación y determinación del problema	11
1.2. Delimitación de la investigación	12
1.3. Formulación del problema.....	12
1.3.1. Problema general.....	12
1.3.2. Problemas específicos	13
1.4. Formulación de objetivos	13
1.4.1. Objetivo general	13
1.4.2. Objetivos específicos.....	13
1.5. Justificación de la investigación	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Antecedentes de estudio	15
2.2. Bases teóricas – científicas	17
2.3. Definición de términos básicos.....	20
2.4. Formulación de hipótesis	21
2.5. Identificación de variable	21
2.6. Operacionalización de variables	22

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	23
3.1. Tipo de investigación.....	23
3.2. Nivel de investigación	23
3.3. Métodos de investigación	23
3.4. Diseño de investigación.....	23
3.5. Población y muestra.....	24
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	24
3.8. Tratamiento estadístico	25
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	26
4.1. Descripción del trabajo de campo y/o laboratorio.....	26
4.2. Presentación de análisis	31
4.3. Discusión de resultados	35
CONCLUSIONES	38
RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de la leche de vaca	18
Tabla 2. Operacionalización de variables.....	22
Tabla 3. Distribución de muestras	24
Tabla 4. Información de ubicación de los hatos ganaderos.....	27
Tabla 5. Caracterización de los hatos ganaderos.....	27
Tabla 6. Programa de rampas de temperatura del horno para la separación cromatográfica..	31
Tabla 7. Perfil lipídico total (%) en leche de ganado vacuno.....	32
Tabla 8. Concentraciones de ácidos grasos saturados (%) en leche de ganado vacuno	32
Tabla 9. Concentraciones de ácidos grasos monoinsaturados (%) en leche de ganado vacuno	33
Tabla 10. Concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados (%) en leche de ganado vacuno	34

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La leche de vaca constituye un alimento importante en la dieta humana por su composición nutricional, calidad y beneficios para la salud (Fernández *et al.*, 2015). Sin embargo, la composición de los ácidos grasos presentes puede variar en función de diversos factores, como la alimentación del ganado (Schettino *et al.*, 2018), las prácticas de manejo y las condiciones ambientales (Ulaş *et al.*, 2019).

En el distrito de Yurimaguas, la producción de leche es una de las principales actividades económicas; el dato más reciente disponible reporta una producción promedio de 4.6 litros por vaca al día, oscilando entre 4 y 5 litros (Díaz-Quevedo, 2014). La ausencia de estudios posteriores sobre este indicador es en sí misma un reflejo del vacío de información técnica que existe en la zona respecto a la calidad de la leche producida.

A diferencia de otras regiones del país, donde se ha documentado la composición de ácidos grasos de la leche de vaca como criterio de calidad y de diferenciación comercial, en Yurimaguas no se han identificado investigaciones previas que caractericen este perfil lipídico. Esta carencia limita la capacidad de los productores y de las autoridades locales para sustentar técnicamente la calidad nutricional de la leche frente a posibles mercados que valoran perfiles específicos, como una mayor concentración de ácidos grasos insaturados, omega-3 o ácido linoleico conjugado, y dificulta la toma de decisiones informadas sobre el

manejo alimentario y la selección de razas más adecuadas para la zona. La cromatografía de gases se presenta como una técnica analítica reconocida y confiable para la identificación y cuantificación de ácidos grasos (Fuentes, 2019), por lo que su aplicación permitiría cerrar este vacío con datos precisos y verificables.

1.2. Delimitación de la investigación

El estudio desarrollado se centró en la determinación de la composición del perfil lipídico en leche de vaca proveniente del ganado Criollo, Jersey y Gyr × Holstein, pertenecientes a hatos ganaderos dedicados a la producción lechera en Yurimaguas.

Se empleó un enfoque descriptivo-comparativo, ya que permite la caracterización y diferenciación del perfil lipídico entre los diferentes tipos de ganado evaluados. Para el análisis de las muestras, se empleó la cromatografía de gases como técnica analítica para la identificación y cuantificación de los ácidos grasos presentes en la leche.

La investigación se limita exclusivamente al análisis de leche de vaca, sin considerar otros productos lácteos ni incluir comparaciones con grupos genéticos distintos a los contemplados en el estudio.

Los resultados están orientados a productores ganaderos y a la comunidad académica interesada en la calidad nutricional de la leche, con el propósito de aportar evidencia útil para la toma de decisiones en los sistemas de producción lechera.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

- ¿Cuál es el perfil de ácidos grasos en la leche de ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Qué ácidos grasos saturados e insaturados están presentes en la leche de ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas?
- ¿Cuál es la proporción de ácidos grasos saturados e insaturados presentes en la leche de ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas?
- ¿Cuál es el perfil de ácidos grasos presente en la leche de ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar el perfil de ácidos grasos en la leche de ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar los ácidos grasos saturados e insaturados presentes en la leche de ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas.
- Cuantificar los ácidos grasos saturados e insaturados presentes en la leche de ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas.
- Describir el perfil de ácidos grasos presentes en la leche de ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas.

1.5. Justificación de la investigación

La investigación desarrollada se justifica en la necesidad de generar información científica sobre el perfil lipídico en la leche de ganado Criollo, Gyr × Holstein y Jersey, considerando que la composición lipídica de la leche constituye un indicador relevante de su calidad nutricional y tecnológica.

Desde la perspectiva teórica, el estudio aporta a ampliar el conocimiento sobre la variabilidad del perfil lipídico en función del ganado, en un contexto donde existe limitada información a nivel local. Este aporte resulta significativo para el desarrollo de investigaciones en los ámbitos de la ciencia y tecnología de alimentos, así como en la producción animal.

Desde el enfoque metodológico, la investigación emplea la cromatografía de gases como herramienta analítica para la identificación y cuantificación del perfil lipídico, lo que permite obtener resultados precisos y confiables, contribuyendo al fortalecimiento de metodologías aplicadas en estudios de calidad de la leche.

Desde una perspectiva práctica, los resultados serán de interés para los productores ganaderos, ya que permitirán conocer las características del perfil lipídico de la leche producida. Esta información servirá como base para la toma de decisiones en el manejo, la alimentación y la selección genética del ganado, orientadas a incrementar la calidad del producto y optimizar los sistemas de producción lechera.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Jin *et al.* (2025) analizaron los perfiles de ácidos grasos de la leche cruda convencional y la leche biofortificada con ácido docosahexaenoico (DHA), además de comparar la composición de compuestos volátiles en ambos tipos de leche. Los resultados evidenciaron una mayor concentración de ácidos grasos insaturados, poliinsaturados y DHA en la leche biofortificada. Asimismo, se observaron diferencias en las concentraciones de C16:0, C18:3, C20:3 y C20:5 durante las distintas etapas de lactancia. En cuanto a los compuestos volátiles, se identificaron variaciones asociadas a la modificación del perfil lipídico. Concluyeron que la composición de ácidos grasos influye directamente en las características químicas de la leche, resaltando su importancia en la calidad del producto.

Wu *et al.* (2023) desarrollaron un método basado en cromatografía de gases para la determinación simultánea de ácidos grasos de cadena corta en leche cruda. Recolectaron 21 muestras de leche de vaca. Los resultados mostraron la presencia de los ácidos grasos C2:0, C4:0 y C6:0, con una concentración total de 14,63 µg/mL. El ácido graso C4:0 presentó la mayor proporción (43.77%) seguido de C6:0 (32.24%) y C2:0 (23.99%). Asimismo, se reportó una baja presencia de ácidos grasos ramificados, atribuida a condiciones metabólicas del rumen asociadas a un bajo aporte energético. Concluyeron que la cromatografía de gases

es una técnica precisa y confiable para la cuantificación de ácidos grasos específicos en leche de vaca.

Wang *et al.* (2022) desarrollaron un método de alto rendimiento basado en cromatografía de gases (GC-MS) para la determinación de ácidos grasos en leche. Recolectaron un total de 237 muestras de leche de ocho especies diferentes. Los resultados evidenciaron que la leche de vacas Holstein y Jersey, así como la de cabra y búfala, presentó perfiles similares, caracterizados por una alta concentración de ácidos grasos saturados de cadena par. En contraste, la leche de cabra destacó por su mayor contenido de ácidos grasos de cadena media y corta, mientras la leche de yak y camello mostró mayores niveles de ácidos grasos de cadena impar y compuestos ramificados. Asimismo, la leche humana presentó una menor proporción de SFA y un mayor contenido de UFA, mientras que la leche de burra presentó bajos niveles de ácidos grasos monoinsaturados y altos niveles de poliinsaturados. Concluyeron que la técnica GC-MS permite identificar simultáneamente múltiples ácidos grasos con alta precisión y resulta adecuada para estudios comparativos de composición lipídica.

Alvear *et al.* (2021) evaluaron la calidad composicional de la leche y la concentración de ácidos grasos omega-3 (alfa-linolénico) y omega-6 (linoleico) en tres regiones de Ecuador. Recolectaron 20 muestras y las analizaron mediante cromatografía de gases. Los resultados evidenciaron concentraciones promedio de 2.72% para el ácido linoleico y 0.06% para el ácido alfa-linolénico. Se evidenciaron diferencias en la concentración de ácido linoleico entre las regiones, siendo mayor en la Amazonía (3.06%) en comparación con la Costa (2.07%) y la Sierra (2.03%), mientras que el ácido alfa-linolénico no presentó variaciones significativas. Asimismo, el factor época no influyó en la concentración de ambos ácidos grasos. Concluyeron que la variabilidad geográfica influye en la concentración de ácido linoleico, pero no en el ácido alfa-linolénico.

Eisenstecken *et al.* (2021) analizaron la composición de ácidos grasos en leche de seis países europeos y evaluaron su variación durante el proceso de elaboración de queso. Recolectaron muestras de Eslovaquia, Italia, Alemania, Países Bajos, Austria y Francia, las cuales fueron analizadas aplicando cromatografía de gases. Los resultados evidenciaron que la composición de la leche varió en función de su origen geográfico, la alimentación y el manejo del ganado. Además, se identificaron compuestos aromáticos que podrían ser utilizados como biomarcadores en procesos de maduración. Concluyeron que el perfil de ácidos grasos no presenta cambios significativos durante la producción de queso y que ciertos compuestos pueden emplearse como biomarcadores en procesos tecnológicos.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Leche de vaca

Es un fluido biológico de alto valor nutricional obtenido mediante el ordeño de vacas, el cual constituye una fuente importante de macro y micronutrientes esenciales como proteínas, lípidos, minerales y vitaminas, especialmente del complejo B y vitamina D (López & Barriga, 2016). Su composición química y propiedades fisicoquímicas determinan su calidad nutricional y aptitud tecnológica, las cuales varían significativamente en función de factores como la alimentación, el manejo zootécnico, la raza y el genotipo del animal.

2.2.1.1. Composición química

Según la FAO (2024), la leche de vaca está constituida por agua, los lípidos, las proteínas, la lactosa, además de minerales y vitaminas. La proporción de estos componentes varía según el genotipo del animal, la alimentación y las condiciones de producción.

La raza ejerce una influencia directa y diferenciada sobre la síntesis y el perfil lipídico, observándose variaciones marcadas en las concentraciones de ácidos grasos de

cadena corta, media y larga entre distintas razas puras y sus respectivos cruces (Lock & Garnsworthy, 2003).

Tabla 1. Composición de la leche de vaca

Componente	Porcentaje (%)
Grasa	3.90
Proteína	3.30
Lactosa	4.60
Minerales	0.90
Agua	87.30
Total	100.00

Fuente: FAO (2024)

2.2.2. Ácidos grasos

Lutz & Przytulski (2011) definen los ácidos grasos como compuestos orgánicos formados por cadenas hidrocarbonadas con un grupo carboxilo terminal (-COOH); son insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos. Asimismo, Rodríguez (2017) sostiene que, desde el punto de vista estructural, estos compuestos responden a la fórmula general R-COOH, donde el componente R representa una cadena hidrocarbonada que puede presentarse de forma saturada o insaturada.

Respecto a su abundancia y diversidad en matrices lácteas, Lindmark (2008) afirma que en la leche de vaca se han identificado más de 400 tipos de estos ácidos grasos, los cuales contribuyen de manera fundamental a sus propiedades nutricionales y características sensoriales.

2.2.2.1. Perfil de ácidos grasos

Hanuš *et al.* (2016) definen el perfil de ácidos grasos en la leche como la determinación cualitativa y cuantitativa de las diferentes especies lipídicas presentes en la fracción grasa de una matriz biológica. En el ámbito de la ciencia animal, este perfil no solo representa una descripción química elemental, sino que constituye un indicador fundamental

de la calidad nutricional, aptitud tecnológica y valor funcional de la leche, debido a su impacto directo sobre las propiedades físicas de la materia grasa, así como sobre los atributos sensoriales y metabólicos del producto final (Hanuš *et al.*, 2016).

La grasa láctea exhibe una complejidad estructural única, caracterizada por una mayor proporción de ácidos grasos saturados, seguidos en orden de abundancia por los ácidos grasos monoinsaturados y, en una menor concentración relativa, los poliinsaturados (Walstra *et al.*, 2005). Sus componentes predominantes y con mayor relevancia son los ácidos palmítico (C16:0), oleico (C18:1), esteárico (C18:0) y linoleico (C18:2), cuya relación y balance molecular definen significativamente el valor nutricional del alimento (Walstra *et al.*, 2005).

No obstante, la composición de este perfil lipídico no es estática, sino altamente dinámica y sensible a la regulación fisiológica y nutricional del animal. Modificaciones específicas en el patrón de fermentación ruminal inducidas principalmente por la naturaleza de la dieta poseen la capacidad de alterar los procesos de biohidrogenación de los AGPI por parte de la microbiota del rumen (Bauman y Griinari, 2003). Este fenómeno da origen a la acumulación de intermediarios metabólicos específicos, entre los cuales destaca el isómero trans-10, cis-12 CLA (ácido linoleico conjugado), un compuesto bioactivo que actúa a nivel molecular inhibiendo de manera coordinada la expresión génica de las enzimas mamarias claves responsables de la síntesis de novo de la grasa láctea (Bauman y Griinari, 2003).

2.2.3. Cromatografía de gases

La cromatografía de gases constituye una técnica analítica de amplia selección en el estudio de compuestos orgánicos termoestables que poseen volatilidad o que exhiben la capacidad de ser transformados a fase de vapor sin sufrir descomposición térmica (Ruiz, 2012). El principio operativo de este método analítico tiene como finalidad primordial la separación, identificación y cuantificación de las especies químicas presentes en una muestra compleja.

2.2.3.1. Detector de ionización de llama

El detector FID es ampliamente empleado en cromatografía de gases para el análisis de compuestos orgánicos. Su principio se fundamenta en la combustión de los analitos en una llama generada por hidrógeno y aire, proceso en el cual se producen iones cuya intensidad es directamente proporcional a la concentración presente. Este tipo de detector destaca por su elevada sensibilidad y resulta adecuado para la cuantificación de sustancias orgánicas (Aranda, 1998).

2.2.3.2. Detector de espectrometría de masas

El detector MS permite identificar compuestos con alta precisión mediante procesos de ionización y fragmentación molecular. Como resultado, se obtiene un espectro característico basado en la relación masa/carga, el cual puede ser contrastado con bases de datos especializadas para establecer la identidad de los analitos. La integración de esta técnica con la cromatografía de gases incrementa la sensibilidad y especificidad del análisis (Hernández, 2009).

2.3. Definición de términos básicos

- **Ácidos grasos insaturados (AGI):** presentan uno o más enlaces dobles en su estructura química, abarcando tanto formas monoinsaturadas como poliinsaturadas.
- **Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI):** ácidos grasos que contienen un único doble enlace en su cadena.
- **Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI):** Ácidos grasos que poseen dos o más dobles enlaces en su estructura molecular.
- **Ácidos grasos saturados (AGS):** Tipo de ácidos grasos caracterizados por la ausencia de dobles enlaces en su cadena carbonada.

- **Cromatografía de gases (GC):** Método analítico orientado a la separación, identificación y cuantificación de compuestos volátiles o previamente derivados.
- **Ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMES):** compuestos obtenidos mediante la reacción de los ácidos grasos presentes en los triglicéridos de la fracción lipídica con metanol en presencia de un catalizador ácido o básico (transesterificación), con el fin de aumentar su volatilidad y facilitar su análisis por cromatografía de gases.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis nula

Los perfiles de ácidos grasos en la leche no presentan variaciones según el ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas.

2.4.2. Hipótesis alterna

Los perfiles de ácidos grasos en la leche presentan variaciones según el ganado vacuno en el distrito de Yurimaguas.

2.5. Identificación de variable

Variable:

- Perfil de ácidos grasos

Dimensiones:

- Ácidos grasos saturados (AGS)
- Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI)
- Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 2. Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Técnica	Instrumento
Perfil de ácidos grasos	Ácidos grasos saturados	Porcentaje de AGS	%	Cromatografía de Gases	Cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama (GC-FID)
	Ácidos grasos monoinsaturados	Porcentaje de AGMI	%		
	Ácidos grasos poliinsaturados	Porcentaje de AGPI	%		

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Básica, debido a que tuvo como finalidad generar conocimiento sobre el perfil lipídico en la leche de vaca, cuyos resultados pueden ser utilizados para mejorar la calidad de la leche producida en los hatos ganaderos locales.

3.2. Nivel de investigación

Descriptivo, ya que se orientó a determinar la composición del perfil lipídico presente en la leche de ganado Criollo, Gyr × Holstein y Jersey.

3.3. Métodos de investigación

Enfoque cuantitativo, debido a que se realizaron la medición y el análisis de la concentración de los ácidos grasos presentes en las muestras de leche, expresados en valores numéricos obtenidos mediante cromatografía de gases.

3.4. Diseño de investigación

No fue experimental ni de corte transversal, ya que no se manipularon las variables de estudio y se realizó el análisis de muestras de leche recolectadas en un único periodo de tiempo.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población estuvo constituida por la totalidad de vacas en producción pertenecientes a hatos ganaderos del distrito de Yurimaguas.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por vacas criollas, Gyr × Holstein y Jersey. El tamaño muestral se determinó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando la accesibilidad a los hatos ganaderos y la disponibilidad de animales en producción.

La distribución de las muestras se detalla a continuación:

Tabla 3. Distribución de muestras

Hato Ganadero	Ganado Vacuno	Muestras
Fundo Mori	Criollo	n = 8
Rancho Juan Carlos	Gyr × Holstein	n = 8
CPDI 2 Mundos	Jersey	n = 16

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la obtención de datos se recurrió a la técnica de cromatografía de gases, que posibilitó la separación, identificación y cuantificación de los ácidos grasos presentes en las muestras de leche, previamente sometidas a un proceso de derivatización para su conversión en FAMES. El instrumento empleado fue un cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de llama (GC-FID), utilizado para el análisis de las muestras.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se elaboró una base de datos en Microsoft Excel (versión 2019), en la cual se registró la información obtenida de los reportes generados por el software Xcalibur (versión 4.3), incluyendo tiempos de retención y áreas de los picos.

Posteriormente, se organizaron, depuraron y codificaron los datos de acuerdo con las variables de estudio, con el fin de facilitar su análisis estadístico.

3.8. Tratamiento estadístico

La información recolectada fue organizada y procesada mediante el uso del software RStudio. Para su análisis, se empleó estadística descriptiva, considerando la media, así como el valor mínimo, máximo y desviación estándar.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Descripción del trabajo de campo y/o laboratorio

4.1.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en tres hatos ganaderos dedicados a la producción de leche, ubicados en el distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto. Los hatos evaluados fueron Fundo Mori, Rancho Juan Carlos y el Centro de Producción y Desarrollo Integral (CPDI) 2 Mundos.

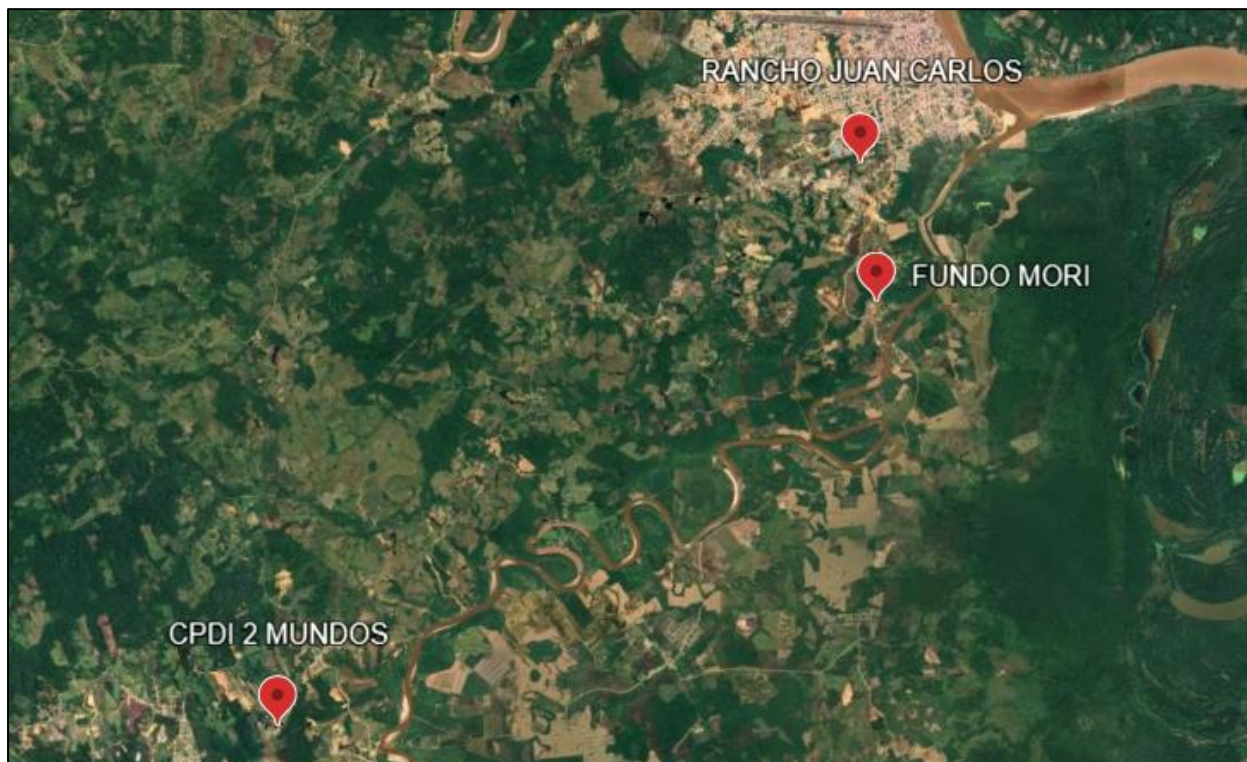


Figura 1. Mapa del área de estudio

Tabla 4. Información de ubicación de los hatos ganaderos

Hato Ganadero	Ubicación	Latitud	Longitud	Altitud (Msnm)
Fundo Mori	Yurimaguas - Valle del Shanusi	- 5.929955	- 76.111655	139
Rancho Juan Carlos	Av. Víctor Sifuentes N° 1352	- 5.912158	- 76.113717	150
CPDI 2 Mundos	Yurimaguas – Tarapoto	- 5.984159	- 76.188071	170

4.1.2. Trabajo de campo

4.1.2.1. Caracterización de hatos ganaderos

La caracterización de los hatos ganaderos evaluados se realizó considerando el tipo de ganado, el sistema de crianza y el tipo de alimentación en cada unidad productiva.

Tabla 5. Caracterización de los hatos ganaderos

Hato Ganadero	Ganado Vacuno	Sistema de Crianza	Tipo de Alimentación
Fundo Mori	Criollo	Semi-Extensivo	Pasto de corte + Pastoreo
Rancho Juan Carlos	Gyr × Holstein	Semi-Extensivo	Pasto de corte + Pastoreo
CPDI 2 Mundos	Jersey	Semi-Intensivo	Alimento Balanceado + Pastoreo

4.1.2.2. Recolección de muestras

El muestreo de leche se realizó de acuerdo con la Norma Internacional ISO 707:2008 / IDF 50:2008¹ (sección 9), desarrollada por la Organización Internacional de Normalización.

El procedimiento se llevó a cabo de la siguiente manera:

- a. Se realizó la limpieza del pezón de la vaca utilizando un paño estéril humedecido con alcohol al 70%, asegurando su completa desinfección, con especial énfasis en la punta.
- b. Se efectuó el ordeño manual, descartando los primeros chorros de leche. La muestra fue recolectada directamente en un frasco de vidrio estéril, obteniéndose

¹ Norma ISO 707:2008 / IDF 50:2008 Milk and milk products - Guidance on sampling

de manera equitativa de los cuatro cuartos mamarios, evitando el contacto del pezón con el borde del recipiente.

- c. Inmediatamente después de la recolección, la muestra fue homogeneizada mediante agitación suave durante 1 minuto, con movimientos verticales, evitando la formación de espuma.
- d. El frasco fue cerrado herméticamente, rotulado adecuadamente y verificado para asegurar la ausencia de fugas o derrames.
- e. Las muestras fueron conservadas en un contenedor térmico portátil con pilas refrigerantes, manteniendo una temperatura entre 0 °C y 4 °C.
- f. Finalmente, las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas en un tiempo no mayor a 24 horas para su posterior análisis.

4.1.3. Trabajo de laboratorio

4.1.3.1. Tratamiento de las muestras

El tratamiento de las muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Química Analítica e Instrumental de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), ubicado en el distrito del Rímac, ciudad de Lima.

Preparación de muestras

La preparación de las muestras se realizó conforme a la Norma Internacional ISO 14156:2001/IDF 172:2001² (sección 7.1.):

- a. La muestra fue transferida a un vaso de precipitados de 500 mL.
- b. Se calentó en baño María entre 35 y 40 °C y homogeneizó mediante inversión repetida.

² Norma ISO 14156:2001/IDF 172:2001 Milk and milk products - Extraction methods for lipids and liposoluble compounds

- c. Posteriormente, se enfrió rápidamente hasta alcanzar $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Extracción de lípidos

La extracción de lípidos se realizó de acuerdo con la Norma Internacional ISO 14156:2001/IDF 172:2001 (sección 8.3):

- a. Se transfirieron 100 mL de la muestra al embudo de decantación de 1 L.
- b. Se añadieron 80 mL de etanol (96 %) y 20 mL de solución de amoníaco (28 – 30 %), agitando durante 1 minuto.
- c. Se incorporaron 100 mL de éter dietílico, agitando hasta la formación de dos fases, eliminándose posteriormente la fase acuosa.
- d. Se añadieron 100 mL de n-pentano, repitiéndose el proceso de separación de fases.
- e. Se realizaron dos lavados sucesivos con 100 mL de solución de sulfato de sodio, eliminando la fase acuosa en cada caso.
- f. Finalmente, la fase orgánica fue transferida a un matraz Erlenmeyer.

Transesterificación de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMES)

Se realizó de acuerdo con la Norma Internacional ISO 15884:2002/IDF 182:2002³ (sección 9):

- a. Se pesaron 100 mg del extracto lipídico y se trasvasó a un tubo de ensayo de 10 mL.
- b. Se añadieron 5 mL de n-hexano y se mezcló hasta su completa disolución.
- c. Se añadió 0.2 mL del reactivo de transesterificación (KOH en metanol) agitando en vórtex durante 1 minuto.
- d. La mezcla se dejó reaccionar durante 5 minutos a temperatura ambiente.
- e. Se añadió 0.5 g de hidrogenosulfato de sodio monohidrato para detener la reacción.

³ Norma ISO 15884:2002/IDF 182:2002 Milk fat - Preparation of fatty acid methyl esters

- f. Posteriormente, se agitó en vórtex durante 1 minuto y se centrifugó a 4000 RPM × g durante 10 minutos a 5 °C.
- g. Se recuperó la fase superior, transfiriéndose aproximadamente 3.75 mL a un vial de vidrio para su análisis.

4.1.3.2. Análisis de las muestras

El análisis de las muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas.

El análisis se realizó mediante el equipo cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama (GC-FID), de marca THERMO SCIENTIFIC, modelo TRACE 1310, equipado con una columna capilar polar TR-WAX (30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de espesor de película), adecuada para la separación de FAMEs, conforme con la Norma Internacional ISO 15885:2002/IDF 184:2002⁴:

- a. Los FAMEs fueron disueltos en 7 mL de n-hexano.
- b. Se trasvasó 1.5 µL en un vial y se analizó en el cromatógrafo de gases.
- c. Cada muestra fue analizada por triplicado.

Condiciones cromatográficas

- Gas portador : Helio (He)
- Caudal : 1.5 mL/min
- Temperatura de entrada : 250 °C
- Volumen de inyección : 1 µL
- Modo de inyección : Split
- Relación de división : 20:1
- Tiempo de análisis : 75 minutos
- Rampas de temperatura : descritas en la Tabla 6.

⁴ Norma ISO 15885:2002/IDF 184:2002 Milk fat - Determination of the fatty acid composition by gas-liquid chromatography

Tabla 6. Programa de rampas de temperatura del horno para la separación cromatográfica

Descripción	Pendiente	Temperatura	Tiempo de espera
Rampa Inicial		75 °C	1 minuto
Rampa N° 1	5 °C/minuto	150 °C	10 minutos
Rampa N° 2	2 °C/minuto	225 °C	10 minutos

Identificación de ácidos grasos

Se realizó aplicando la comparación de los tiempos de retención con el estándar Supelco 37 Component FAME Mix.

Cuantificación de ácidos grasos

La cuantificación se realizó aplicando el método de normalización de áreas, expresando los resultados como porcentaje relativo, de acuerdo con la siguiente ecuación:

- **Contenido de compuesto en muestra (C_i):**

$$C_i = \frac{A_i}{\sum A_i} \times 100\%$$

A_i : Área del pico del compuesto

$\sum A_i$: Suma de todas las áreas de los picos.

4.2. Presentación de análisis

4.2.1. Ácidos grasos totales

En la Tabla 7 se observa que la leche de ganado Jersey presentó la mayor concentración de ácidos grasos saturados totales (19.49%). Asimismo, la leche proveniente del ganado Gyr × Holstein registró los valores más altos de ácidos grasos monoinsaturados (7.68%), mientras que la leche de ganado Criollo destacó por presentar la mayor concentración de ácidos grasos poliinsaturados totales (1.11%).

Tabla 7. Perfil lipídico total (%) en leche de ganado vacuno

Ácido Graso	Criollo	Gyr × Holstein	Jersey
Saturados	17.33	17.5	19.49
Monoinsaturados	6.05	7.68	6.81
Poliinsaturados	1.11	1.07	0.89

4.2.2. Ácidos grasos saturados

En la Tabla 8 se observa que el ganado criollo presentó los valores promedio más altos en los ácidos grasos C10:0 (0.42%) y C11:0 (2.34%). En cambio, el ganado Gyr × Holstein alcanzó la mayor media en los ácidos grasos C8:0 (2.12%), C12:0 (0.12%) y C13:0 (0.42%). Por su parte, el ganado Jersey destacó con las mayores concentraciones promedio de los ácidos grasos C15:0 (3.58%), C18:0 (10.47 %), así como de los ácidos C20:0 (0.16%), C21:0 (0.41%) y C22:0 (0.10%), los cuales no fueron detectados (ND) en el ganado Criollo y Gyr × Holstein.

Tabla 8. Concentraciones de ácidos grasos saturados (%) en leche de ganado vacuno

Ácidos Grasos	Ganado Vacuno	Mínimo	Máximo	Media	DE
Ácido Caprílico (C8:0)	Criollo	0.28	3.77	1.30	1.14
	Gyr × Holstein	0.88	3.95	2.12	1.19
	Jersey	1.14	2.34	1.83	0.41
Ácido Cáprico (C10:0)	Criollo	0.04	1.52	0.42	0.48
	Gyr × Holstein	0.08	0.81	0.32	0.24
	Jersey	0.15	0.26	0.21	0.04
Ácido Undecanoico (C11:0)	Criollo	1.62	3.02	2.34	0.52
	Gyr × Holstein	1.96	2.35	2.19	0.15
	Jersey	1.42	2.84	2.30	0.50
Ácido Láurico (C12:0)	Criollo	0.10	0.12	0.11	0.02
	Gyr × Holstein	0.08	0.16	0.12	0.04
	Jersey	0.07	0.13	0.10	0.02
Ácido Tridecanoico (C13:0)	Criollo	0.27	0.44	0.34	0.05
	Gyr × Holstein	0.25	0.64	0.42	0.13
	Jersey	0.17	0.60	0.33	0.12
Ácido Pentadecanoico (C15:0)	Criollo	2.61	3.63	3.11	0.37
	Gyr × Holstein	2.69	3.82	3.10	0.45
	Jersey	3.11	4.11	3.58	0.27

Ácidos Grasos	Ganado Vacuno	Mínimo	Máximo	Media	DE
Ácido Estearico (C18:0)	Criollo	7.59	11.64	9.71	1.47
	Gyr × Holstein	8.19	10.52	9.23	0.96
	Jersey	8.74	11.99	10.47	1.15
Ácido Araquídico (C20:0)	Criollo	ND	ND	ND	ND
	Gyr × Holstein	ND	ND	ND	ND
	Jersey	0.12	0.22	0.16	0.03
Ácido Heneicosanoico (C21:0)	Criollo	ND	ND	ND	ND
	Gyr × Holstein	ND	ND	ND	ND
	Jersey	0.23	0.68	0.41	0.14
Ácido Behénico (C22:0)	Criollo	ND	ND	ND	ND
	Gyr × Holstein	ND	ND	ND	ND
	Jersey	0.08	0.17	0.10	0.03

*DE: Desviación estándar; ND: No detectado

4.2.3. Ácidos grasos monoinsaturados

En la Tabla 9 se observa que el ganado Jersey presentó la mayor concentración promedio del ácido graso C14:1 (1.64%). Por su parte, el ganado Gyr × Holstein destacó por registrar los valores promedio más elevados en los ácidos grasos C15:1 (1.57%), C17:1 (2.85%) y C18:1 n-9 trans (1.44%).

En relación con el ácido graso C16:1 n-7, no se observó diferencia en los valores promedio del ganado Criollo y Gyr × Holstein (0.44%), mientras que el ganado Jersey exhibió la concentración media más baja (0.31%).

Tabla 9. Concentraciones de ácidos grasos monoinsaturados (%) en leche de ganado vacuno

Ácidos Grasos	Ganado Vacuno	Mínimo	Máximo	Media	DE
Ácido Miristoleico (C14:1)	Criollo	0.94	1.59	1.26	0.21
	Gyr × Holstein	1.27	1.52	1.38	0.08
	Jersey	1.28	1.90	1.64	0.23
Ácido Pentadecenoico (C15:1)	Criollo	0.77	1.90	1.21	0.43
	Gyr × Holstein	1.34	2.17	1.57	0.33
	Jersey	0.84	2.07	1.39	0.37
Ácido Palmitoleico (C16:1 n-7)	Criollo	0.27	0.74	0.44	0.15
	Gyr × Holstein	0.32	0.54	0.44	0.07
	Jersey	0.24	0.44	0.31	0.07

Ácido Heptadecenoico (C17:1)	Criollo	1.40	2.96	1.82	0.48
	Gyr × Holstein	1.95	3.84	2.85	0.71
	Jersey	0.33	3.02	2.06	0.83
Ácido Elaídico (C18:1 n-9 <i>trans</i>)	Criollo	0.94	1.87	1.32	0.36
	Gyr × Holstein	1.00	1.97	1.44	0.35
	Jersey	1.04	2.12	1.41	0.34

*DE: Desviación estándar

4.2.4. Ácidos grasos poliinsaturados

En la Tabla 10 se observa que el ganado Criollo y Gyr × Holstein presentó la misma concentración promedio para el ácido graso C18:2 n-6 (0.42%). Asimismo, el ganado criollo exhibió el valor promedio más alto en los ácidos grasos C18:3 n-3 (0.24%) y C20:4 n-6 (0.45%). En contraste, el ganado Jersey mostró las menores concentraciones promedio para estos ácidos grasos, con valores de 0.21%, 0.18% y 0.23%, respectivamente. Por otra parte, el ácido graso C22:6 n-3 no fue detectado (ND) en el ganado Criollo ni en el Gyr × Holstein; sin embargo, en el ganado Jersey se registró una concentración media de 0.27%.

Tabla 10. Concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados (%) en leche de ganado vacuno

Ácidos Grasos	Ganado Vacuno	Mínimo	Máximo	Media	DE
Ácido Linoleico (C18:2 n-6)	Criollo	0.33	0.74	0.42	0.13
	Gyr × Holstein	0.19	0.58	0.42	0.11
	Jersey	0.11	0.35	0.21	0.08
Ácido γ -Linolénico (C18:3 n-3)	Criollo	0.17	0.31	0.24	0.06
	Gyr × Holstein	0.14	0.26	0.21	0.05
	Jersey	0.12	0.30	0.18	0.05
Ácido araquidónico (C20:4 n-6)	Criollo	0.22	1.17	0.45	0.33
	Gyr × Holstein	0.28	0.64	0.44	0.13
	Jersey	0.10	0.63	0.23	0.14
Ácido docosahexaenoico (C22:6 n-3)	Criollo	ND	ND	ND	ND
	Gyr × Holstein	ND	ND	ND	ND
	Jersey	0.18	0.33	0.27	0.06

*DE: Desviación estándar; ND: No detectado

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Ácidos grasos saturados

Los resultados evidenciaron la elevada concentración del ácido undecanoico (C11:0) en los tres grupos evaluados (entre 2.19% y 2.34%), valor inusualmente alto para este ácido graso de cadena impar. Los ácidos grasos de cadena impar en leche de vaca se originan principalmente a través de la síntesis de novo en la glándula mamaria a partir de propionato, un ácido graso volátil producido por fermentación ruminal (Bauman & Griinari, 2003).

Por otro lado, el ganado Jersey presentó mayores concentraciones de ácidos grasos de cadena larga, como C16:0 y C18:0, lo cual coincidió con lo reportado por Wang *et al.* (2022), quienes señalaron que esta raza tendió a presentar un perfil lipídico caracterizado por un mayor contenido de ácidos grasos saturados de cadena par. Asimismo, la detección exclusiva de los ácidos grasos C20:0, C21:0 y C22:0 en este grupo sugirió una mayor complejidad en su perfil lipídico, posiblemente influenciada por factores genéticos y fisiológicos propios del tipo de ganado.

La variabilidad observada entre los grupos evaluados fue consistente con lo reportado por Eisenstecken *et al.* (2021), quienes indicaron que la composición de ácidos grasos en la leche podía variar en función de la alimentación, el manejo y las condiciones ambientales. En este sentido, las diferencias encontradas reflejaron las condiciones productivas del distrito de Yurimaguas.

4.3.2. Ácidos grasos monoinsaturados

En relación con la presencia del ácido elaídico (C18:1 n-9 trans) en concentraciones de 1.32% a 1.44% en los tres grupos, se refleja la actividad de biohidrogenación ruminal sobre los ácidos grasos poliinsaturados de la dieta. A diferencia de los ácidos grasos trans de origen industrial, los isómeros trans producidos naturalmente en el rumen como el ácido

vaccénico (C18:1 n-11 *trans*) han mostrado efectos metabólicos diferenciados (Wang et al. 2022). No obstante, la cuantificación específica de los distintos isómeros *trans* requeriría una columna cromatográfica de mayor longitud (100 m) o el uso de GC-MS, lo que constituye una limitación del presente estudio.

Por su parte, el ganado Jersey presentó la mayor concentración de C14:1, lo cual podría estar relacionado con una mayor actividad de la enzima $\Delta 9$ -desaturasa, responsable de la conversión de ácidos grasos saturados en monoinsaturados (Lock & Garnsworthy, 2003). Asimismo, los valores similares de C16:1 n-7 en el ganado Criollo y Gyr \times Holstein sugieren patrones metabólicos comparables entre ambos.

4.3.3. Ácidos grasos poliinsaturados

La detección exclusiva de ácido docosahexaenoico (C22:6 n-3; media: 0.27%) en el ganado Jersey sugiere que su incorporación a la leche derivó del aporte dietético a través del alimento balanceado comercial suministrado en este hato. En rumiantes, la síntesis endógena de DHA a partir de ácido alfa-linolénico es muy limitada debido a la biohidrogenación ruminal (Bauman & Griinari, 2003), por lo que su presencia en la leche depende principalmente del suministro directo en la dieta. Estos resultados coinciden con lo reportado por Alvear *et al.* (2021), quienes evidenciaron variaciones en la concentración de ácidos grasos poliinsaturados en función de la región y las condiciones de producción.

Asimismo, la detección de ácido docosahexaenoico (0.27%) en el ganado Jersey podría estar relacionada con las características del sistema de alimentación de este grupo, que incluía alimento balanceado comercial, el cual podría contener fuentes de ácidos grasos de cadena larga. En los rumiantes, el DHA no se sintetiza eficientemente a partir de precursores intermediarios debido a la biohidrogenación ruminal, por lo que su incorporación a la leche depende principalmente del aporte dietético (Bauman & Griinari, 2003).

Por otro lado, las menores concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados en el ganado Jersey, en comparación con su mayor contenido de ácidos grasos saturados, evidencian una tendencia inversa entre estos grupos lipídicos. Estas diferencias podrían estar influenciadas por factores como la dieta, el manejo y la fisiología del animal, tal como lo señalaron Wang *et al.* (2022).

CONCLUSIONES

- Se determinó el perfil de ácidos grasos en la leche de ganado vacuno del distrito de Yurimaguas mediante cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama (GC-FID), identificándose ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados.
- Se identificaron diecinueve ácidos grasos presentes en la leche de ganado vacuno (Criollo, Gyr × Holstein y Jersey), destacando entre los saturados el ácido esteárico (C18:0) y el ácido pentadecanoico (C15:0), entre los monoinsaturados el ácido elaídico (C18:1 n-9 *trans*), y entre los poliinsaturados el ácido linoleico (C18:2 n-6).
- Se cuantificaron diecinueve ácidos grasos presentes en la leche, evidenciándose diferencias en su distribución; el ganado Criollo presentó mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados, el Gyr × Holstein mayor proporción de ácidos grasos monoinsaturados, y el Jersey mayor proporción de ácidos grasos saturados.
- Las variaciones observadas en el perfil lipídico total sugieren la influencia del genotipo animal y del sistema de alimentación sobre la composición lipídica de la leche.

RECOMENDACIONES

- Evaluar los perfiles de ácidos grasos en leche de ganado vacuno bajo diferentes sistemas de producción.

- Evaluar los perfiles de ácidos grasos en leche de ganado vacuno en épocas de lluvia y sequía.

- Evaluar el perfil de aminoácidos y proteínas en la leche de ganado vacuno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvear, D., Guerrero, J., Bonifaz, N., & Noriega, P. (2021). Calidad composicional y concentración de ácidos grasos omega-3 (alfa-linolénico) y omega-6 (linoleico) presentes en leche bovina de tres regiones naturales del Ecuador. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 68(2), 150–169. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v68n2.98027>
- Aranda, M. (1998). Cuantificación de los componentes del aroma producido por *C. fimbriata* por cromatografía de gases. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://ru.dgb.unam.mx/items/e472b5ae-bb30-4b37-9aba-c99f0a0e3649>
- Bauman, D., & Griinari, J. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*, 23, 203–227. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.23.011702.073408>
- Bhavadarini, B., Dehghan, M., Mente, A., Rangarajan, S., Sheridan, P., Mohan, V., Iqbal, R., Gupta, R., Lear, S., Wentzel-Viljoen, E., Avezum, A., Lopez-Jaramillo, P., Mony, P., Varma, R. P., Kumar, R., Chifamba, J., Alhabib, K. F., Mohammadifard, N., Oguz, A., Yusuf, S. (2020). Association of dairy consumption with metabolic syndrome, hypertension, and diabetes in 147 812 individuals from 21 countries. *BMJ Open Diabetes Research & Care*, 8(1), e000826. <https://doi.org/10.1136/bmjdr-2019-000826>
- Díaz-Quevedo, C. (2014). Evaluación de pasturas y producción de leche en 5 hatos lecheros del distrito de Yurimaguas. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3813>
- Eisenstecken, D., Stanstrup, J., Robatscher, P., Huck, C. W., & Oberhuber, M. (2021). Fatty acid profiling of bovine milk and cheese from six European areas by GC-FID and GC-MS. *International Journal of Dairy Technology*, 74(1), 215–224. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12749>

- FAO. (2018). Producción y productos lácteos: Composición de la leche. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-composition/es>
- FAO. (2024). Composición de la leche. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/composicion-de-la-leche/es/>
- Fernández, E. F., Hernández, J. A. M., Suárez, V. M., Villares, J. M. M., Yurrita, L. R. C., Cabria, M. H., & Rey, F. J. M. (2015). Documento de Consenso: Importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 92–101. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8253>
- Fuentes, P. (2019). Determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases para la diferenciación de nueces (*Juglans regia*) según su origen. Universidad de Cádiz. https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/22384/TFM_Fuentes_Pablo_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hanuš, O., Křížová, L., Samková, E., Špička, J., Kučera, J., Klimešová, M., Roubal, P., & Jedelská, R. (2016). The effect of cattle breed, season, and type of diet on the fatty acid profile of raw milk. *Archives Animal Breeding*, 59(3), 373–380. <https://doi.org/10.5194/aab-59-373-2016>
- Hernández, G. (2024). El consumo de leche en hogares peruanos se redujo 18 % en los últimos 5 años. RPP Noticias. <https://rpp.pe/economia/economia/consumo-de-leche-en-hogares-peruanos-se-redujo-18-en-ultimos-5-anos-noticia-160>
- Hernández, J. (2009). Identificación presuntiva en orina de metabolitos de benzodiazepinas. Universidad Nacional Autónoma de México. https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000646239

ISO (2002a). ISO 15884:2002 | IDF 182:2002 Milk fat - Preparation of fatty acid methyl esters. International Organization for Standardization.

<https://www.iso.org/es/contents/data/standard/02/88/28897.html>

ISO (2002b). ISO 15885:2002 | IDF 184:2002 Milk fat - Determination of the fatty acid composition by gas-liquid chromatography. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/02/88/28899.html>

ISO (2008). ISO 707:2008 | IDF 50:2008 Milk and milk products - Guidance on sampling. International Organization for Standardization.

<https://www.iso.org/standard/37882.html>

ISO (2001). ISO 14156:2001 | IDF 172:2001 Milk and milk products - Extraction methods for lipids and liposoluble compounds. International Organization for Standardization.

<https://www.iso.org/standard/92562.html>

Jin, S., Ba, G., Zou, J., Chen, C., He, J., Wang, P., & Zhu, Y. (2025). Establishment of fatty acid profile and comparative analysis of volatile substances in regular and DHA-biofortified raw milk. *Applied Sciences*, 15(4), 1749. <https://doi.org/10.3390/app15041749>

Lindmark, H. (2008). Fatty acids in bovine milk fat. *Food & Nutrition Research*, 52(1), 1821.

<https://doi.org/10.3402/fnr.v52i0.1821>

Lock, A., & Garnsworthy, P. (2003). Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and $\Delta 9$ -desaturase activity in dairy cows. *Livestock Production Science*, 79(1), 47–59.

[https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00118-5](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00118-5)

López, A., & Barriga, D. (2016). La leche: Composición y características. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural e Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/436502c6-f47c-42ab-a053-f3ab26dee712>

Lutz, C., & Przytulski, K. (2011). *Nutrición y dietoterapia* (5.^a edición). Editorial McGraw-Hill.

https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24910w/Tema_4_Nutricion_y_Dietoterapia.pdf

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2026). Tablero estadístico de la producción agropecuaria nacional [Panel interactivo de Power BI].

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiY2NIOTFkOTMtMjgxYy00NThjLWE0MjUtNGQwMDA0YTY1Nzc1IiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9&pageName=ReportSectioncdbc240117bc1370448b>

Nasiff-Hadad, A., & Meriño-Lbarra, E. (2003). Ácidos grasos omega-3: pescados de carne azul y concentrados de aceites de pescado. *Revista Cubana de Medicina*, 42(2), 49–55.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75232003000200008

Rodríguez, F. (2017). Identificación de los ácidos grasos presentes en la leche de cabra (*Capra hircus*), mediante el método de cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas. Universidad Politécnica Salesiana.

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13643>

Ruiz, C. (2012). Autenticación de aceites vegetales mediante el empleo de cromatografía de gases y espectrometría de masas . Cuantificación de aceite de oliva Tesis Doctoral Cristina Ruiz Samblás [Universidad de Granada].

<http://hdl.handle.net/10481/22218>

Schettino, B., Escobar, A., Gutiérrez, R., Vega, S., Pérez, J., & González, M. (2018). Composición láctea y perfil de ácidos grasos en leche de cabra de Guanajuato, México.

Revista de Salud Animal, 40(2), 1–14.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2018000200001

Ulaş, M., Özsoy, T., Büyükkiliç, S., Kaliber, M., & Konca, Y. (2019). Milk and fatty acid composition of Anatolian water buffalo (*Bubalus Bubalis*) from different provinces.

Buffalo Bulletin, 38(1), 107–118.

<https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/BufBu/article/view/2450>

Walstra, P., Wouters, J.T.M., & Geurts, T.J. (2005). Dairy Science and Technology (2nd ed.).

CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420028010>

Wang, F., Chen, M., Luo, R., Huang, G., Wu, X., Zheng, N., Zhang, Y., & Wang, J. (2022).

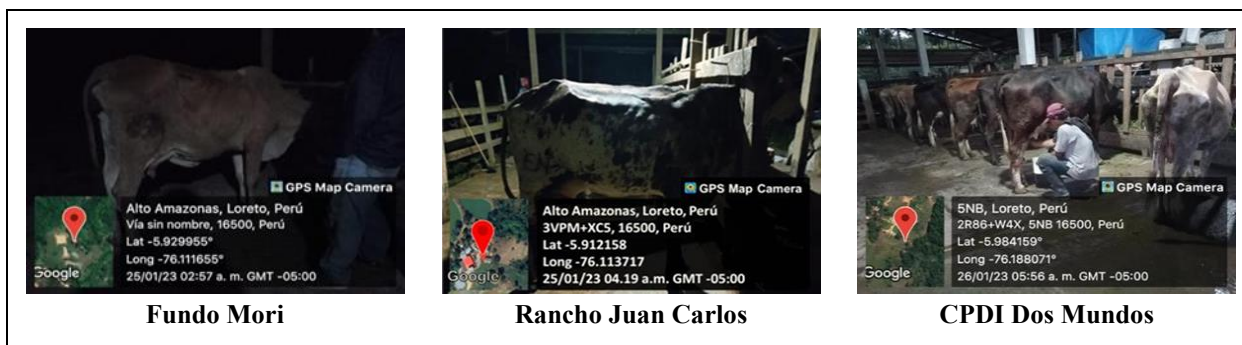
Fatty acid profiles of milk from Holstein cows, Jersey cows, buffaloes, yaks, humans, goats, camels, and donkeys based on gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Dairy Science*, 105(2), 1687–1700. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20750>

Wu, X., Wang, F., Chen, M., Wang, J., & Zhang, Y. (2023). Quantification of Free Short-Chain

Fatty Acids in Raw Cow Milk by Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Foods* 2023, 12, 1367. <https://doi.org/10.3390/foods12071367>

ANEXOS

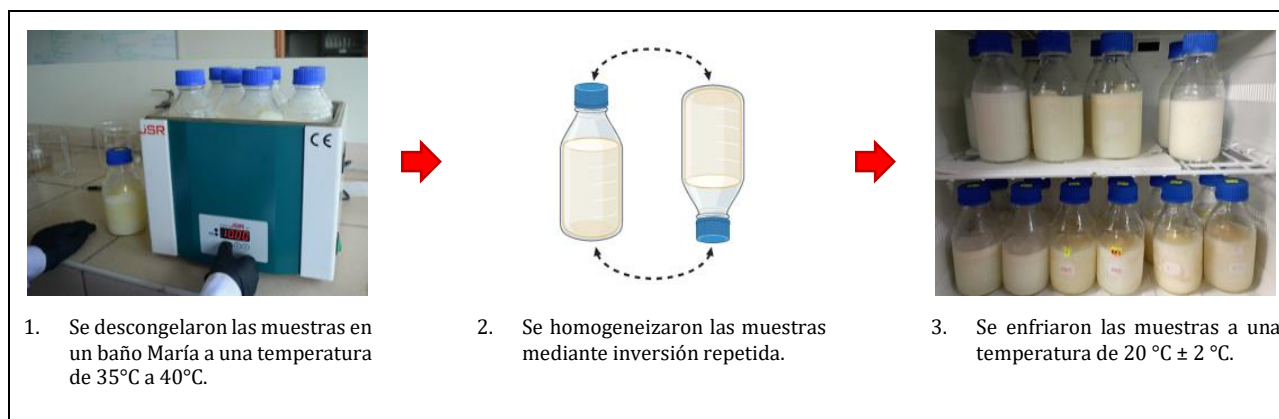
Anexo 1. Puntos de recolección de muestras



Anexo 2. Procedimiento de recolección de muestras



Anexo 3. Procedimiento de pretratamiento de muestras



Anexo 4. Procedimiento de extracción de lípidos



1. Se empleó un sistema de filtración compuesto por un soporte universal, un aro de sujeción y una pera de decantación.



2. Se trasladaron 100 ml de cada muestra, se añadieron 80 ml de etanol, 20 ml de solución de amoníaco y se agitó durante 1 minuto.



3. Se añadieron 100 ml de éter dietílico, se agitó durante 1 minuto, se descartó la fase acuosa y se conservó la fase orgánica (1.^a separación de fases).



6. Se añadieron 100 ml de solución de sulfato de sodio, se agitó durante 1 minuto, se descartó la fase acuosa y se conservó la fase orgánica (4.^a separación de fases).



5. Se añadieron 100 ml de solución de sulfato de sodio, se agitó durante 1 minuto, se descartó la fase acuosa y se conservó la fase orgánica (3.^a separación de fases).



4. Se añadieron 100 ml de n-pentano, se agitó por 1 minuto, se descartó la fase acuosa y se conservó la fase orgánica (2.^a separación de fases).



7. La fase orgánica se trasladó a un matraz, se añadieron 5 g de sulfato de sodio anhidro, se mezcló durante 10 minutos y se filtró.



8. La solución filtrada se trasladó a un frasco y se secó en una campana extractora durante 24 horas. Posteriormente se retiró y pesó el extracto obtenido.



9. Los extractos de las muestras presentaron una masa inferior al 2% de la masa inicial de la muestra (100 ml).

Anexo 5. Procedimiento de preparación de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMEs)

1. Se trasvasaron 100 mg de extracto a un tubo de ensayo.



2. Se añadieron 5 ml de n-hexano y se mezcló en un vórtex durante 1 minuto.



3. Se añadieron 0.2 ml de reactivo de transesterificación y se mezcló en un vórtex durante 1 minuto.



6. Se obtuvieron ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMEs) a partir de muestras de leche.

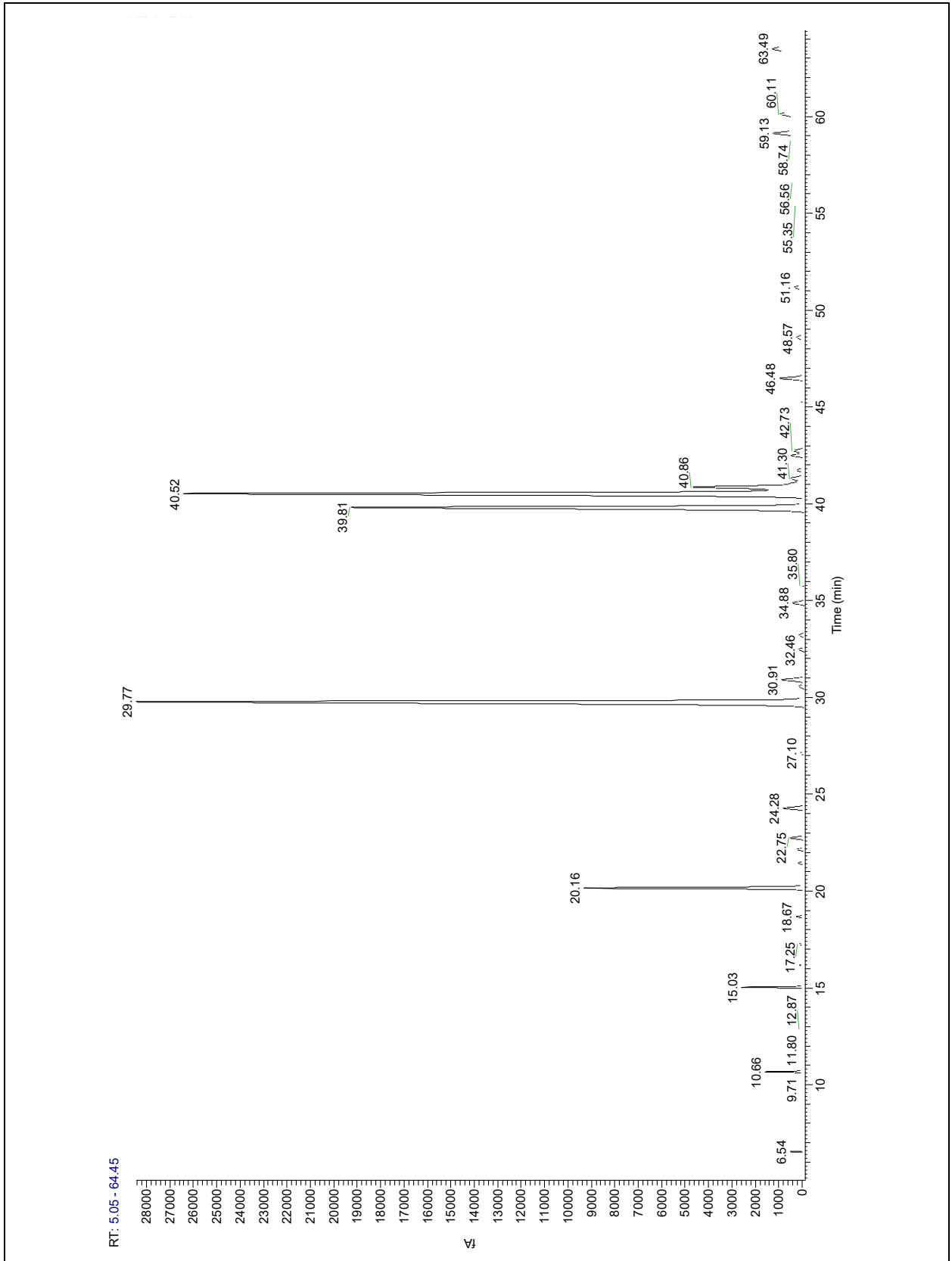


5. La mezcla se centrifugó a 3000 RPM, a 40 °C durante 10 minutos; se trasvasaron 3.75 ml de la fase sobrenadante y se secó en una campana extractora.

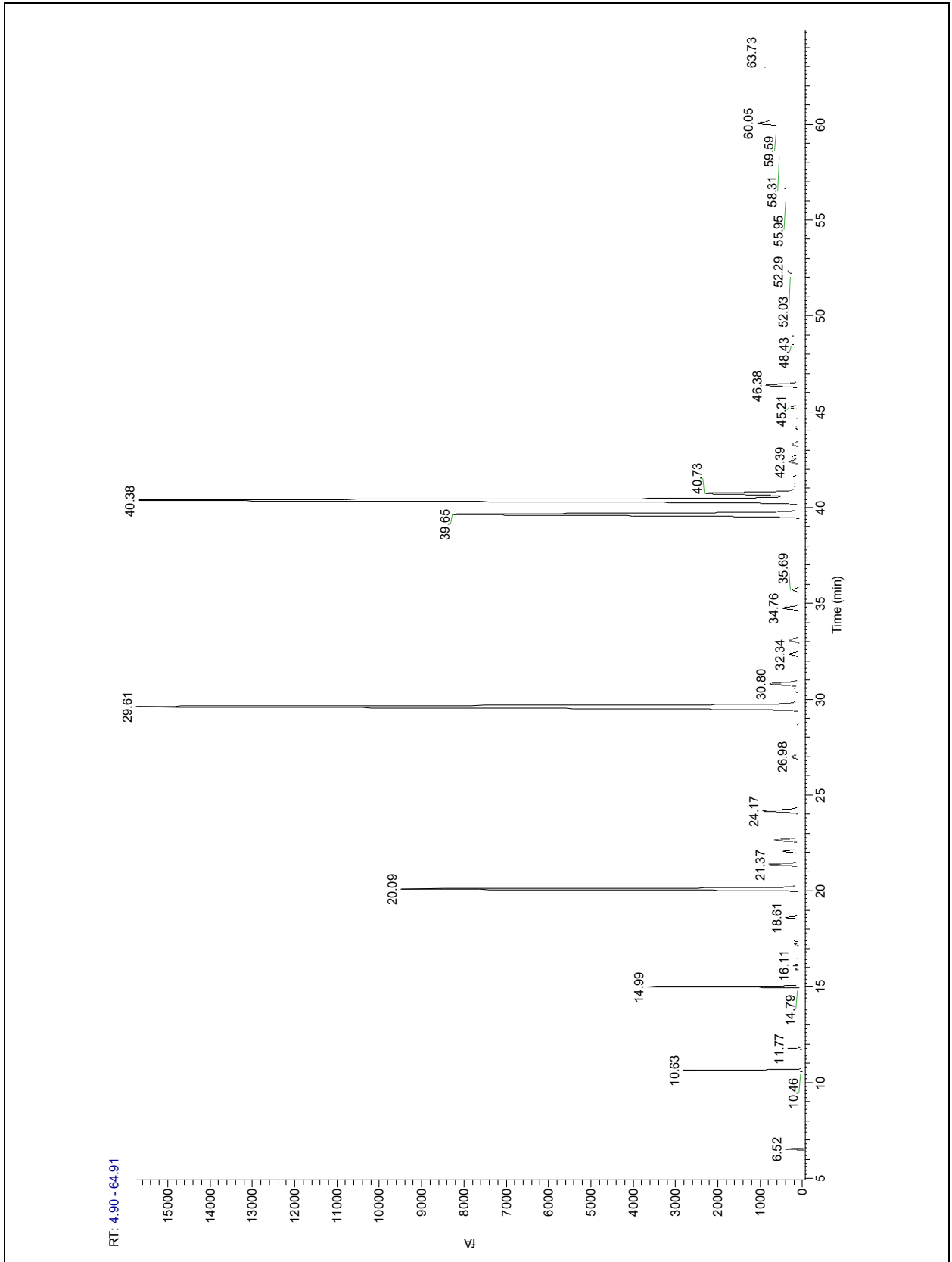


4. Se añadieron 0.5 g de hidrogenosulfato de sodio monohidrato y se mezcló en un vórtex durante 1 minuto.

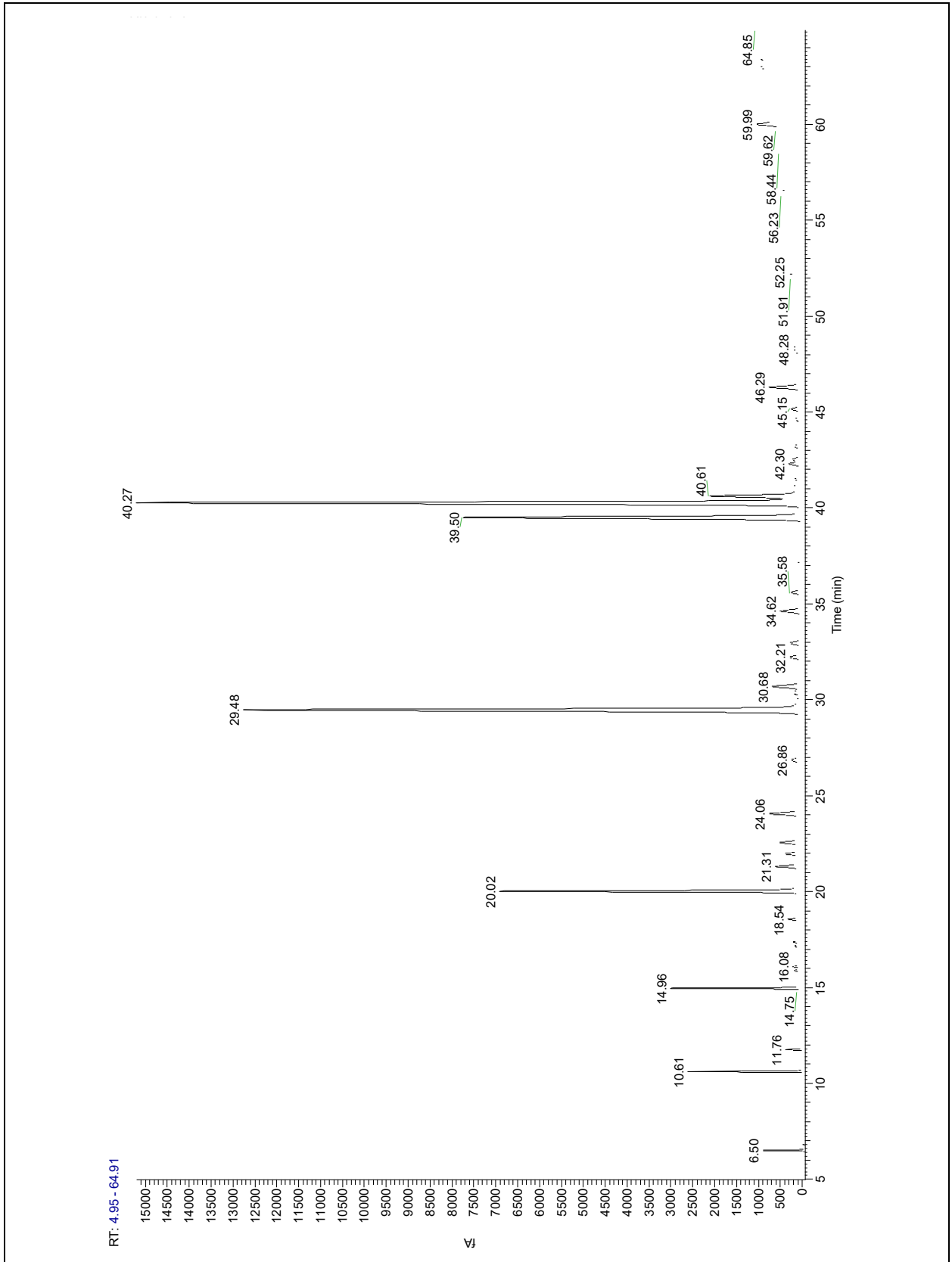
Anexo 6. Cromatograma de estándar de ácidos grasos



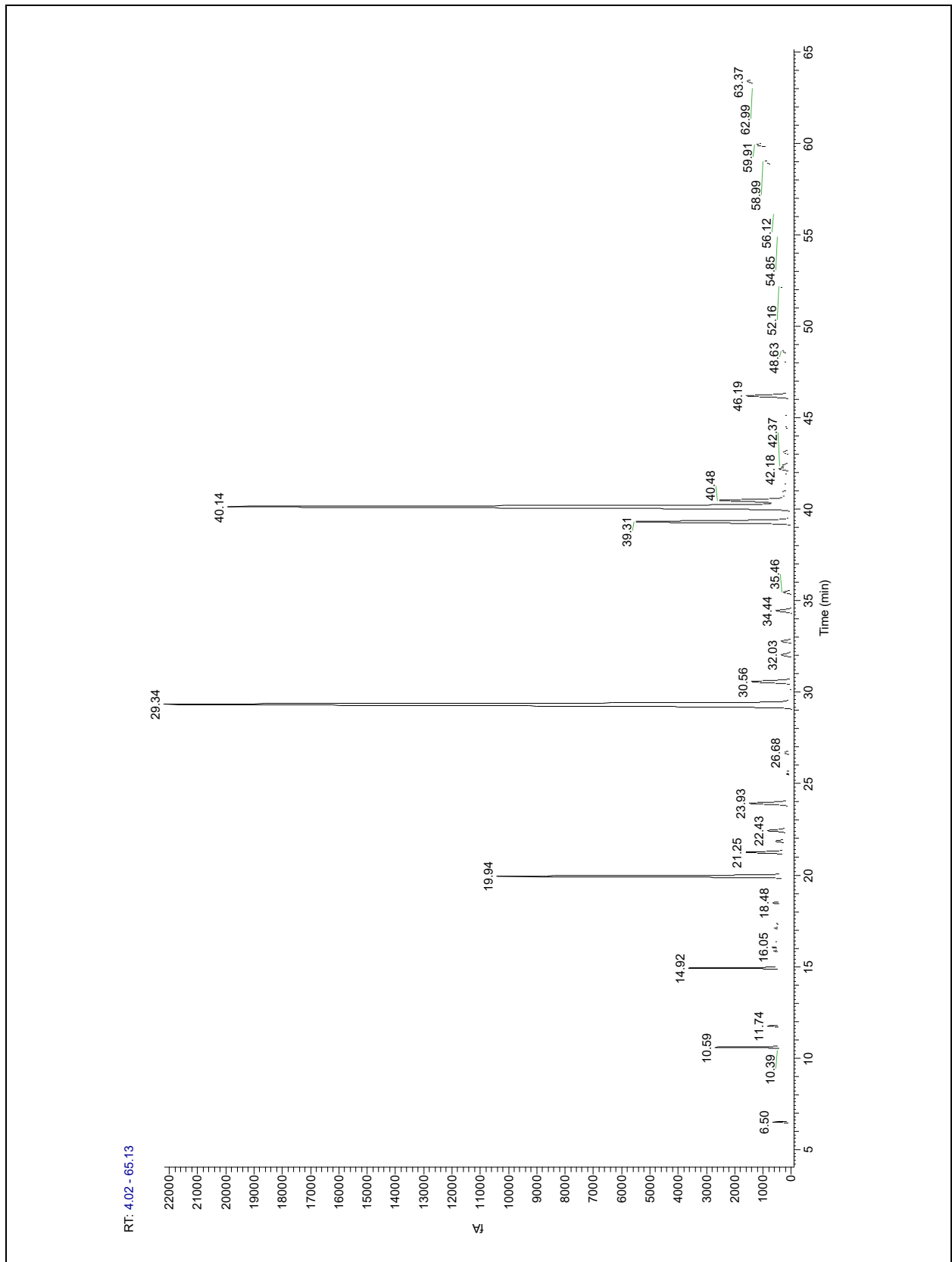
Anexo 7. Cromatograma de muestra de leche de vaca criolla



Anexo 8. Cromatograma de muestra de leche de vaca Gyr × Holstein



Anexo 9. Cromatograma de muestra de leche de vaca Jersey



Anexo 10. Reporte de TURNITIN (% de Similitud)

Página 1 de 39 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid:::15388:602876059

Erick Walter Huansi Ordoñez**INFORME DE TESIS - Erick Walter Huansi Ordoñez.pdf** Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas**Detalles del documento**Identificador de la entrega
trn:oid:::15388:602876059Fecha de entrega
26 jun 2026, 12:09 p.m. GMT-5Fecha de descarga
26 jun 2026, 12:11 p.m. GMT-5Nombre del archivo
INFORME DE TESIS - Erick Walter Huansi Ordoñez.pdfTamaño del archivo
457.5 KB

32 páginas

6880 palabras

36.671 caracteres



Página 1 de 39 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid:::15388:602876059




19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 15%  Fuentes de Internet
- 8%  Publicaciones
- 12%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.