UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

TESIS:

Determinación del tiempo de conservación de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho, almacenada a diferentes temperaturas, mediante el método Oxitest, 2025

Para optar el grado académico de:

MAGISTER SCIENTIAE EN AGRONEGOCIOS

PRESENTADO POR:

Bach. Yenifer Angela LIZARBE FELIX

ASESOR:

Dr. Alberto Luis HUAMANÍ HUAMANÍ

AYACUCHO - PERÚ

2026

DEDICATORIA

A mis maravillosos padres Celso y Magdalena, por ser luz y el refugio donde siempre encuentro aliento y amor; a mis hermanos Yuly, Elizabeth y Liam, cuya presencia en mi vida es sinónimo de amor incondicional, de apoyo constante para culminar este camino con éxito.

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios, por ser el guía de mi camino y la luz en mis momentos de incertidumbre

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por haberme acogido en sus aulas para poder fortalecer los conocimientos y capacidades profesionales.

A toda la plana docente de la maestría en Agronegocios por inculcarme sus conocimientos y experiencias.

A mi asesor el Dr. Alberto Luis Huamaní Huamaní docente de la Escuela de Posgrado, por su aporte y colaboración con sus invaluables conocimientos en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi familia quienes son el pilar y mi inspiración para continuar con mi camino y seguir avanzando a paso firme en este largo proceso de mi vida.

A Andy, por su compañía, comprensión y apoyo durante esta etapa, y por estar presente y compartir este logro conmigo.

A mis queridos amigos por su amistad y apoyo durante esta etapa y hacer que este camino sea más llevadero.

ÍNDICE

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

ÍNDICE iii

ÍNDICE DE TABLAS viii

ÍNDICE DE FIGURAS ix

ÍNDICE DE ANEXOS xi

RESUMEN xiii

ABSTRACT xiv

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

1.1 Descripción de la situación problemática 2

1.2 Formulación del problema 3

1.2.1 Problema general 3

1.2.2 Problemas específicos 3

1.3 Objetivos de investigación 4

1.3.1 Objetivo general 4

1.3.2 Objetivos específicos 4

1.4 Hipótesis de investigación 4

1.4.1 Hipótesis general 4

1.4.2 Hipótesis específicas....4

1.4.3 Justificación de la investigación 5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO 7

2.1 Antecedentes....7

2.1.1 Nivel internacional 7

2.2 Bases teóricas 13

2.2.1 Leche cruda....13

2.2.2 Composición de la leche cruda 14

2.2.2.1 Requisitos fisicoquímicos de la leche cruda....15

2.2.2.2 Proteína 16

2.2.2.3 Características de la caseína 17

2.2.2.4 Lactosa....17

2.2.2.5 Grasas totales 18

2.2.2.6 Solidos no grasos 19

2.2.2.7 Densidad 20

2.2.2.8 Punto crioscópico o de congelación 20

2.2.2.9 Acidez 21

2.2.2.10 Minerales 21

2.2.2.11 pH de leche cruda 22

2.3 Microbiología de la leche cruda 23

2.4 Factores que afectan la vida útil de la leche cruda 24

2.5 Temperatura de almacenamiento 24

2.6 Perecibilidad de la leche 25

2.7 Vida útil de la leche cruda 26

2.8 Manipulación y condiciones higiénicas 26

2.9 Oxidación lipídica - Oxitest 28

2.9.1 Autooxidación 31

2.9.2 Fotoxidación 31

2.9.3 Parámetros cinéticos derivados de las curvas de acumulación de LOOH 32

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA 35

3.1 Delimitación del área de estudio 35

3.2 Lugar y ambiente de ejecución 37

3.3 Tipo de investigación 37

3.4 Nivel de investigación 37

3.5 Diseño de investigación 38

3.6 Método de investigación 38

3.7 Población y muestra 38

3.8 Recolección y preparación de las muestras 38

3.9 Materiales e instrumentos 39

3.9.1 Muestra 39

3.9.2 Materiales de laboratorio 39

3.9.3 Reactivos 40

3.9.4 Equipos 40

3.10 Operacionalización de variables 41

3.11 Métodos y técnicas de análisis.....42

3.12 Análisis fisicoquímico de la leche cruda por pruebas rápidas 42

3.13 Determinación de vida útil de la leche cruda por cambios químicos (pH) a diferentes temperaturas. 43

3.14 Determinación de la oxidación lipídica de la leche cruda 50

3.14.1 Obtención de mantequilla 50

3.14.2 Estabilidad oxidativa acelerada de la grasa de leche (mantequilla) 50

3.15 Análisis estadístico 53

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES.....54

4.1 Calidad fisicoquímica de la leche cruda 54

4.2 Evaluación de vida útil de la leche cruda por variación de pH a diferentes temperaturas.....58

4.3 Estabilidad oxidativa acelerada de la grasa de leche cruda (mantequilla) ...65

CONCLUSIONES 73

RECOMENDACIONES.....74

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 75

ANEXOS 88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones físico-químicas de la leche cruda 14

Tabla 2 Requisitos físico – químicos de la leche 15

Tabla 3 Porcentaje y concentración de lípidos en la leche (g/L) 19

Tabla 4 Operacionalización de variables de leche cruda 41

Tabla 5 Evaluación fisicoquímica de leche cruda 54

Tabla 6 Análisis de varianza ANOVA para evaluación para la variación de pH de leche cruda 62

Tabla 7 Prueba de Tukey para la comparación de los diferentes puntos de venta de leche cruda 63

Tabla 8 Parámetros resultantes de las funciones experimentales y sigmoidales ajustadas a las curvas cinéticas de consumo de oxígeno obtenidas mediante prueba de Oxitest durante la oxidación lipídica de la leche cruda a 90°C con presión 6 bar..... 70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Curva cinética de la acumulación de hidroperóxidos lipídicos (LOOH) durante la peroxidación del aceite a 100 °C. 30

Figura 2 La vía de autooxidación de los lípidos 32

Figura 3 Delimitación geográfica del proyecto 35

Figura 4 Ubicación del proyecto - distrito de Ayacucho 36

Figura 5 Puntos de toma de muestra de leche cruda en el distrito de Ayacucho 36

Figura 6 Análisis de la leche cruda en el equipo MILKOTESTER Master Eco 43

Figura 7 Esquema de confección del sistema Arduino – para el pH 44

Figura 8 Placa y sensores Arduino 47

Figura 9 Distribución de la leche cruda 47

Figura 10 Muestras de leche cruda con sensor pH-metro 48

Figura 11 Lectura del pH con sistema Arduino 48

Figura 12 Análisis de pH a temperaturas diferentes 49

Figura 13 Sistema de medición de pH desarrollado con Arduino 49

Figura 14 Sistema de reactor de prueba de oxidación – Oxitest 53

Figura 15 Evaluación fisicoquímica de leche cruda de distintos puntos de venta en el distrito de Ayacucho 57

Figura 16 Variación de pH de la leche cruda de cinco esquinas almacenada a temperatura 4, 10 y 20 °C. 58

Figura 17 Variación de pH de la leche cruda de tienda UNSCH almacenada a temperatura 4, 10 y 20 °C. 59

Figura 18 Variación de pH de la leche cruda de puente enace almacenada a temperatura 4, 10 y 20 °C. 61

Figura 19 Medias marginales estimadas en tiempo de conservación de la leche cruda..... 64

Figura 20 Curva cinética del consumo de oxígeno en función al tiempo de la leche cruda del punto de venta de cinco esquinas a 90°C. 65

Figura 21 Curva cinética del consumo de oxígeno en función al tiempo de la leche cruda del punto de venta de tienda UNSCH a 90°C 66

Figura 22 Curva cinética del consumo de oxígeno en función al tiempo de la leche cruda del punto de venta puente Enace a 90°C..... 67

Figura 23 Comparación de curva cinética del consumo de oxígeno en función al tiempo de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho 68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Tabla de resultados fisicoquímicos evaluados con Milkotester en el punto de venta tienda UNSCH..... 89

Anexo 2: Tabla de resultados fisicoquímicos evaluados con Milkotester en el punto de venta puente Enace..... 90

Anexo 3: Tabla de resultados fisicoquímicos evaluados con Milkotester en el punto de venta cinco esquinas..... 91

Anexo 4: Tabla de resultados de evaluación de conservación de leche cruda de tres diferentes puntos de venta..... 92

Anexo 5: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto de cinco esquinas (PCE) a 20°C..... 98

Anexo 6: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto de cinco esquinas (PCE) a 10°C..... 98

Anexo 7: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto de cinco esquinas (PCE) a 4°C..... 99

Anexo 8: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto de tienda UNSCH (PTU) a 20°C..... 99

Anexo 9: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto de tienda UNSCH (PTU) a 10°C..... 100

Anexo 10: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto de tienda UNSCH (PTU) a 4°C..... 100

Anexo 11: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto puente Enace (PE) a 20°C..... 101

Anexo 12: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto puente Enace (PE) a 10°C..... 101

Anexo 13: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto Enace (PE) a 4°C 102

Anexo 14: Tabla de evaluación de oxidación lipídica con equipo Oxitest 103

Anexo 15: Imágenes de la evaluación fisicoquímica de leche cruda con equipo Milkotester..... 118

Anexo 16: Imágenes de la evaluación tiempo de conservación de leche cruda por variación de pH..... 120

Anexo 17: Imágenes de la evaluación de estabilidad oxidativa de leche cruda..... 122

Anexo 18: Matriz de consistencia 123

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar el tiempo de conservación de la leche cruda, almacenada a diferentes temperaturas, mediante método Oxitest,2025. Se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental de nivel descriptivo. La población se conformó por los comercializadores de leche cruda y la muestra son tres puntos de venta (tienda UNSCH, cinco esquinas y puente Enace), seleccionadas mediante muestreo no probabilístico, para la calidad fisicoquímica se tomó 15 ml de leche cruda para cada lectura diaria durante 6 se manas utilizando el equipo Milkotester los resultados fueron porcentaje de grasa (3,17 a 3,9 %); solidos no grasos (8,74 – 9,0 %); punto de congelación (-0,600 a -0,550); proteína (3,15 a 3,36 %); lactosa (4,64 a 5,10 %); sales minerales 0,7 y agua añadida 0,0%; cumpliendo con lo establecido por la NTP 202:001.2016; la evaluación por variación e pH se realizó mediante el sistema Arduino a diferentes temperaturas (4,10 y 20°C) y resultó que a temperatura de 4 y 10°C tiene mejor tiempo de conservación en el punto de venta tienda UNSCH con 21,06 y 17,7 horas respectivamente; a 20°C la leche cruda de cinco esquinas resultó 13,5 horas; y se evaluó la estabilidad oxidativa, se elaboró mantequilla y se analizó mediante el equipo Oxitest en condiciones de 90 °C a presión de 6 bares se registraron 3528 mediciones de consumo de oxígeno, una por minuto; en la fase de iniciación el (IP) para tienda UNSCH resultó 1047 minutos; para cinco esquinas 1005 minutos y puente Enace 929 minutos.

Palabras clave: Leche cruda; tiempo de conservación; Oxitest, pH; Milkotester.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the shelf life of raw milk stored at different temperatures using the Oxitest method 2025. The study was conducted using a quantitative approach with a non-experimental, descriptive design. The population consisted of raw milk vendors, and the sample included three points of sale (the UNSCH store, Cinco Esquinas, and Puente Enace), selected through non-probabilistic sampling. For physicochemical quality analysis, 15 ml of raw milk was collected for each daily reading over a period of 6 weeks using the Milkotester. The results were as follows: fat content (3.17–3.9%); non-fat solids (8.74–9.0%); freezing point (-0.600 to -0.550); protein (3.15 to 3.36%); lactose (4.64 to 5.10%); mineral salts 0.7; and added water 0.0%; all in compliance with NTP 202:001.2016; The evaluation of pH variation was conducted using the Arduino system at different temperatures (4.10 and 20°C), and it was found that at 4 and 10°C, the product had a longer shelf life at the UNSCH store, with 21.06 and 17.7 hours, respectively; at 20°C, the "Cinco Esquinas" raw milk had a shelf life of 13.5 hours; Oxidative stability was also evaluated; butter was produced and analyzed using the Oxitest device under conditions of 90 °C at a pressure of 6 bar, recording 3,528 oxygen consumption measurements, one per minute; in the initiation phase (IP), the value for the UNSCH store was 1,047 minutes; for "Cinco Esquinas," it was 1,005 minutes, and for "Puente Enace," it was 929 minutes.

Keywords: Raw milk; shelf life; Oxitest, pH; Milkotester

INTRODUCCIÓN

La leche cruda constituye un alimento de alto valor nutricional. Pero su carácter perecedero y su susceptibilidad a la proliferación microbiana la convierten en un vehículo potencial de riesgos para la salud pública, especialmente en canales de comercialización que carecen de una cadena de frío estricto, este trabajo de investigación se plantea ante la evidente problemática de la falta de datos precisos sobre la vida útil real de este producto en condiciones de almacenamiento variables.

La leche debido a su composición rica en nutrientes y su pH cercano a la neutralidad es un medio ideal para el crecimiento microbiano, lo que representa un desafío crítico para su conservación y seguridad a lo largo de la cadena de comercialización.

El problema central de esta investigación radica en las carencias de evaluaciones subjetivas y rápidas que, mediante parámetros fisicoquímicos clave permitan cuantificar con precisión el grado de deterioro y estimular la vida útil de la leche cruda comercializada en Ayacucho. Se justifica en la ampliación de métodos instrumentales accesibles y de respuesta inmediata, como el Oxitest para medir el consumo de oxígeno asociado a la actividad oxidativa de la leche. El Milkotester evalúa la composición fisicoquímica y también se puede determinar si la leche que se comercializa es de buena calidad o simplemente se adulteran agregando agua. Para monitorizar la acidificación con el fin de correlacionar estas variables con el tiempo de almacenamiento a diferentes temperaturas (4, 10 y 20 °C). El objetivo general es determinar el tiempo de conservación de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho, evaluando la calidad fisicoquímica, variación del pH a diferentes temperaturas y la estabilidad lipídica de la leche.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la situación problemática

La venta de leche cruda en la región es una tradición arraigada ya que para el consumidor es una opción económica, sin embargo, la leche cruda es un alimento altamente perecedero debido a su alta actividad de agua, su valor nutricional y su pH casi neutro condiciones que favorecen el crecimiento de microorganismos patógenos y su deterioro. Con frecuencia se comercializan en el distrito de Ayacucho bajo condiciones inconsistentes de manipulación, temperatura e higiene, lo que aumenta la posibilidad de que se echen a perder rápidamente y de que surjan problemas con la inocuidad alimentaria (Dávila et al, 2025).

Los factores que afectan la vida útil de la leche cruda es la temperatura de almacenamiento y transporte. Estos factores hacen que se generen fluctuaciones térmicas que favorecen el crecimiento microbiano, la degradación de compuestos bioactivos y cambios fisicoquímicos indeseables. Sin embargo, existe una limitada información científica local que permita establecer con precisión el tiempo de conservación de la leche cruda bajo diferentes condiciones de temperatura en esta región (O'Connell et al., 2016).

Asimismo, los métodos tradicionales para evaluar la calidad de la leche, como el recuento microbiológico convencional o pruebas fisicoquímicas básicas, pueden resultar insuficientes para detectar cambios tempranos en su deterioro. En este contexto, los análisis como técnicas instrumentales rápidas, microbiología predictiva o herramientas

basadas en sensores representan una alternativa prometedora para estimar de manera más precisa la vida útil del producto. En consecuencia, surge la necesidad de determinar el tiempo de conservación de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho, almacenada a diferentes temperaturas, mediante la aplicación de métodos que faciliten el análisis que permitan generar información científica confiable para mejorar su manejo, conservación y seguridad alimentaria (Upton et al., 2013).

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cuánto es el tiempo de conservación de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho, almacenada bajo diferentes temperaturas, mediante el método Oxitest?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son las leches frescas crudas comercializadas en el distrito de Ayacucho que cumplen con la calidad fisicoquímica según la NTP 202.001:2016?
- ¿Cuál es el comportamiento del pH de las leches crudas comercializadas en el distrito de Ayacucho durante su almacenamiento a diferentes temperaturas 4, 10 y 20°C?
- ¿Cuánto tiempo de estabilidad oxidativa presenta la leche cruda, determinada mediante el método Oxitest?

1.3 Objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

- Determinar el tiempo de conservación de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho, almacenada a diferentes temperaturas, mediante el método Oxitest, 2025

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar las leches frescas crudas comercializadas en el distrito de Ayacucho si cumplen con la calidad fisicoquímica según la NTP 202.001:2016.
- Evaluar el comportamiento del pH de las leches crudas comercializadas en el distrito de Ayacucho durante su almacenamiento a diferentes temperaturas 4, 10 y 20°C.
- Evaluar el tiempo de estabilidad oxidativa de la leche cruda mediante el método Oxitest.

1.4 Hipótesis de investigación

1.4.1 Hipótesis general

- Es posible determinar el tiempo de conservación de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho, almacenada a diferentes temperaturas, mediante el método Oxitest.

1.4.2 Hipótesis específicas

- Las leches frescas crudas comercializadas en el distrito de Ayacucho cumplen con la calidad fisicoquímica según la NTP 202.001:2016.
- Existe variación en el comportamiento del pH de las leches crudas

comercializadas en el distrito de Ayacucho durante su almacenamiento a diferentes temperaturas 4,10 y 20°C.

- El tiempo de estabilidad oxidativa de las leches crudas determinada mediante el método Oxitest es muy corta.

1.4.3 Justificación de la investigación

El estudio sobre el consumo y la calidad de la leche en Ayacucho es socialmente relevante porque afecta directamente a la salud pública, la seguridad alimentaria y el desarrollo socioeconómico regional son sumamente importantes para el consumidor. Esto se debe a que la leche cruda a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento durante periodos prolongados bajo condiciones inadecuadas la leche experimenta un progresivo deterioro de sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, causar daños en particular a los niños, las mujeres embarazadas y los adultos mayores (Castañeda et al., 2025).

Mejorar la calidad e inocuidad de la leche cruda contribuye no solo en proteger la salud de los consumidores sino contribuye al desarrollo económico y social de las comunidades dedicadas a la ganadería y producción lechera. La comercialización que cumplen las condiciones y estándares de calidad favorece a la formalización de la actividad, además es más competitivo y genera mayores oportunidades de acceso a más mercados (Dávila et al., 2025).

Asimismo, los resultados del estudio constituirían un aporte importante para la toma de decisiones por parte de productor, comercializadores y autoridades competentes, al proporcionar información útil del tiempo de conservación de cada punto de venta, en ese sentido, la investigación se justifica por su contribución a la mejora de la confianza

del consumidor, lo que favorece una mayor aceptación de la leche local y su competitividad en el mercado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Nivel internacional

En la tesis de investigación realizada por Cañar et al. (2024); en Ecuador, se evaluó la **"**Calidad fisicoquímica e higiénico-sanitaria de la leche cruda considerando distintos sistemas de ordeño (manual y mecánico) y tipos de alimentación (pasto natural y fermentado)". El objetivo fue determinar cómo estas variables afectan los parámetros de calidad del producto. La investigación empleó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo bifactorial, aplicando cuatro tratamientos con tres repeticiones. Los resultados indicaron que tanto el sistema de ordeño como el tipo de alimentación influyen significativamente en variables como el pH, la acidez, los sólidos totales, la grasa y la presencia de bacterias. En particular, el uso de pasto fermentado y el ordeño mecánico mejoraron la calidad fisicoquímica, mientras que el ordeño manual incrementó el conteo bacteriano. Este estudio evidencia la importancia de las buenas prácticas de ordeño y alimentación controlada para garantizar la inocuidad y calidad de la leche cruda destinada al consumo humano, y sirve como base fundamental para investigaciones que analicen la relación entre el sistema de comercialización y la calidad del producto.

Según Ding et al. (2024), el propósito de estudio "Investigación sobre el deterioro de la calidad de los productos lácteos ultra altos durante su vida útil: microorganismos centrales y características relacionadas", el propósito de la investigación fue determinar los cambios en las características de la calidad y en los perfiles de microbiota de la leche de la calidad normal y de la leche UHT deteriorado como metodología se recolectaron

muestras de leche UHT en 3 plantas lácteas pertenecientes a la misma marca y se realizaron análisis físico químicos (proteína, grasa, lactosa, pH y color, pruebas sensoriales como amargor acidez y astringencia, se realizó la determinación de ácidos grasos, actividades enzimáticas y estudios microbiológicos y los resultados mostraron que la leche deteriorada presenta disminución de PH, mayor amargor y astringencia, tendencia al color amarillo- marrón y menor riqueza microbiana en comparación con la leche normal. Así mismo,se identificaron 3 géneros como microbiota funcional clave: *Pseudomonas, Streptococcus y Acinetobacter*. En particular, la abundancia de pseudomonas. En la leche deteriorada se correlacionó con altos niveles de proteasas, termoestables, mientras que *Acinetobacter baumanni* contribuyó significativamente a la actividad lipasa. Estas enzimas fueron responsables de defectos como separación de grasa y rancidez. El estudio concluyó que la calidad de la leche se ve comprometida durante el almacenamiento debido a la acción de microorganismos psicrótrofos que producen enzimas resistentes al calor. *Seudmonas* y *Acinetobacter* fueron identificados como los principales responsables del deterioro de la calidad. Lo que evidencia la necesidad de un control más riguroso de la microbiota en la materia prima y durante el proceso industrial.

Torres et al. (2020) en la investigación titulada "Evaluación de la calidad fisicoquímica, higiénica y microbiológica de la leche en un centro de acopio en Boyacá Colombia" el objetivo de este estudio fue evaluar la calidad fisicoquímica, higiénica y microbiológica en leches de un centro de acopio de Vetaquemada – Boyacá – Colombia, mediante un estudio descriptivo de corte transversal, se tomaron 42 muestras de leche cruda procedentes de 14 tanques de acopio (3 muestras por tanque). Se determinaron parámetros fisicoquímicos: proteína, grasa, lactosa, sólidos no grasos y totales;

parámetros higiénicos: recuento de células somáticas (RCS) y pruebas microbiológicas: recuento de bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales (CT) y fecales (CF). Se obtuvo proteína ≥ 2,9%, grasa ≥ 3,97%, lactosa ≥ 4,47%, sólidos totales ≥ 11,30 SNG ≥ 7,50. Para el RCS, el 90,9% de los tanques evaluados presentaron valores < 400 000 células (cel) /mililitro (mL), de los cuales el 42,42% < 200 000 cel/mL y el 48,49% entre 200 001 a 400 000 cel/mL, el 9,09% restante corresponde a valores superiores 400 000 cel/mL. El recuento de bacterias mesófilas aerobias se encontró en un rango de 17 x 103 y 16 x 106 (UFC) con una media global de 22 x 105 UFC/mL, donde el 60% de las muestras cumplieron con los límites microbiológicos establecidos, reportando recuentos bacterianos por debajo del valor máximo permitido para la Región 1, considerándose aceptables para consumo humano, el restante (40%) se encontraron fuera del límite microbiológico para bacterias aerobias mesófilas (> 20 x 104 UFC/mL). Los valores de CT hallados oscilaron entre 120 y > 2400 (Numero más probable) NMP mL-1 y CF < 3 y 120 NMP mL-1, donde el 40% de las muestras fueron superiores a > 3 NMP/mL. Los resultados demostraron que, para asegurar la calidad composicional e higiénica de la leche es necesario cumplir a cabalidad las normas establecidas para prácticas de ordeño, transporte y almacenamiento de la leche durante toda la cadena de producción

Tal como exponen Caruso et al. (2017) en la investigación titulada “Evaluación de la estabilidad oxidativa de los productos de panadería mediante el método Oxitest y el análisis sensorial”, el objetivo de estudio fue evaluar la estabilidad oxidativa de productos de panadería con alto contenido graso mediante el método de Oxitest y análisis sensorial, considerando la oxidación lipídica. La metodología fue analizar tres tipos de productos crackers con aceitunas, palitos de pan con aceite de oliva y galletas con limón los cuales

fueron almacenados por doce meses y evaluados por intervalos de tiempo mediante análisis fisicoquímico como índice de peróxidos, p-anisidina, acidez, totox y estabilidad oxidativa con el equipo Oxitest. Los resultados mostraron que las galletas con limón presentaron mayor estabilidad oxidativa debido al uso de aceite de palma; por ello los autores concluyeron que el método Oxitest constituye una herramienta útil y rápida para evaluar la estabilidad oxidativa y predecir la vida útil de diferentes productos.

Suárez et al. (2016) en la investigación titulada "Calidad de la leche cruda en el noroeste de Colombia" tiene como objetivo: evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica de la leche y la salud de la ubre en el noroeste de Colombia, a través de la leche cruda recibida en una planta lechera líder en Valledupar (Colombia). Métodos: se realizó un muestreo no probabilístico y un estudio transversal. Se recolectaron muestras de leche cruda de 186 fincas de carne y leche (doble propósito). Se determinaron parámetros fisicoquímicos, recuentos de células mesófilas y somáticas. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva utilizando el software SAS. Resultados: los parámetros fisicoquímicos estuvieron dentro del rango normal de acuerdo con el Decreto Colombiano N°. 616 de 2006. El recuento promedio de células mesófilas y somáticas fue de 305,279 unidades formadoras de colonias (UFC)/mL, y 523,207 células somáticas (CS)/mL, respectivamente. El 68% de las granjas presentaban recuentos de células somáticas superiores a 200 000 SC/ml, umbral para la mastitis bovina. Conclusión: la calidad fisicoquímica de la leche era buena, pero se observaron deficiencias en la calidad microbiológica y la salud de la ubre. Por lo tanto, es necesario realizar esfuerzos para prevenir estos problemas e implementar prácticas de manejo óptimas en las granjas.

2.1.2 Nivel nacional

En la investigación realizada por Cosme, (2024), titulado “Calidad de la leche cruda y su importancia en el valor de pago en un establo intensivo del valle Huaura – Sayán”, en un corral intensivo del valle de Huaura Sayán, el objetivo fue examinar la evaluación entre la calidad de la leche y el precio por kilogramo de leche cruda. El estudio adoptó un diseño longitudinal con tendencia y promoción, recolectando información durante 4 años analizando las variables de porcentaje de sólidos totales (%ST), recuento de Aerobios Mesófilos (UFC/ml) y valor de pago. Resultando así un porcentaje de sólidos totales que mostró tendencia positiva, el recuento de Aerobios Mesófilos tuvo una tendencia negativa y el valor de pago se comportó de manera similar al porcentaje de sólidos totales. Concluyendo, qué existe una correlación positiva y significativa entre los sólidos totales y el valor de pago también la estabilidad afecta tanto el porcentaje de sólidos totales como el valor de pago, lo que genera variaciones en los precios durante el año.

Cáceres et al. (2017), en la investigación “Implementar una empresa de elaboración de leche fresca y pura ultra pasteurizada y su comercialización a domicilio en 5 distritos de Lima norte”, el objetivo de la tesis es proponer un proyecto de inversión sostenible que se encuentre relacionado con la producción, distribución y venta de leche fresca de vaca ultra pasteurizada en Lima Norte. La investigación identificó que la preferencia por la leche fresca está asociada a factores culturales, hábitos de consumo y confianza en el productor, aunque también se evidenciaron preocupaciones relacionadas con la inocuidad y la falta de regulación en la cadena de distribución. Los resultados

concluyen que la demanda de leche fresca permanece significativa, especialmente en sectores donde predomina el consumo tradicional, lo que abre oportunidades para el fortalecimiento de estrategias de comercialización y control sanitario en la industria láctea local.

2.1.3. Nivel regional

Quispe (2024), en su investigación “Calidad e inocuidad de la leche cruda producida en el centro poblado de Chanquil - Los Morochucos, acopiada y comercializada en Ayacucho”**,** se abordó la influencia de los canales de comercialización en la rentabilidad de los productores de leche fresca. El estudio tuvo como objetivo principal determinar cómo los diferentes tipos de comercialización venta directa, venta a acopiadores e intermediarios afectan los ingresos y márgenes de ganancia de los pequeños ganaderos. Mediante una metodología de enfoque cuantitativo, diseño no experimental y tipo correlacional, se recolectaron datos a través de encuestas dirigidas a productores locales. Los hallazgos mostraron que los productores que acceden a canales de venta directa obtienen mejores precios por litro de leche, mientras que quienes dependen de intermediarios enfrentan menores márgenes de rentabilidad, además de una limitada capacidad de negociación. Este estudio es relevante para investigaciones que exploran la relación entre comercialización y calidad, ya que evidencia cómo la estructura del sistema comercial no solo impacta lo económico, sino también indirectamente puede influir en los estándares de producción y manipulación del producto.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Leche cruda

Los mamíferos producen leche, un alimento líquido rico en nutrientes, de color blanco o pálido, que contiene proteínas y grasas disueltas en agua. La leche es una fuente de alimento fundamental y un aporte vital de nutrientes para el desarrollo corporal (Sharma y Oberoi, 2026).

La leche cruda es rica en nutrientes esenciales, incluyendo proteínas, grasas, vitaminas y minerales, lo que la convierte en una parte vital de una dieta bien equilibrada (Smith et al. 2022).

La leche de vaca es un líquido biológico, con una complejidad y unos componentes singulares, que tiene en su composición una gran cantidad de nutrientes con elementos bioactivos como lípidos, proteínas, vitaminas, minerales y lactosa. Es un alimento que se consume mucho a nivel global por niños pequeños e infantes, (Liang et al., 2021; Yang et al., 2017). Por lo tanto, es esencial evaluar y manejar apropiadamente la frescura de la leche para prevenir su deterioro y su eventual categorización en los alimentos después de consumir leche en mal estado.

Tripathy et al. (2018), señala que la leche natural, al ser un alimento con abundantes proteínas, nutrientes y vitaminas, no debería ser adulterada de ninguna manera, pues eso puede suponer amenazas peligrosas para la salud.

2.2.2 Composición de la leche cruda

La composición de la leche puede ser variable, pero se puede afirmar que tiene 87,1% de agua, 3.3% de proteínas, 5,0% de carbohidratos, 3,9% de grasas y 0,7% de minerales. El tipo de alimento que consumió la vaca, su edad, raza, etapa de lactancia, estación del año y hasta la hora de ordeña influyen en la composición, (Morales y Riveros, 2014; Valenzuela, 2017).

La leche contiene proteínas, lactosa, grasas, vitaminas, minerales y enzimas, distinguen entre sí en cuanto a su solubilidad y a su tamaño molecular, lo que convierte a la leche en un sistema fisicoquímico complejo: Las moléculas más pequeñas que están presentes, como las sales, la lactosa y las vitaminas hidrosolubles, los lípidos y las proteínas se encuentran en estado coloidal, MIDAGRI (2005); además Vargas (2011), señala que la acidez titulable es de 16 a 17 por cada 100 ml de leche cuando se le agrega NaOH al 0,1N, que la densidad relativa oscila entre los valores de 1,028 a 1,033 g/ml y que el pH está entre 6,5 y 6,8.

Tabla 1

Especificaciones físico-químicas de la leche cruda

Característica	Unidad	Mínimo	Máximo
Densidad a 15 °C	g/ml	10,296	10,340
Materia grasa láctea	g/100g	3,2	—
Acidez titulable, como ácido láctico	g/100g	0,13	0,17
Ceniza	g/100g	—	0,7
Extracto seco a	g/100g	11,4	—
Extracto seco magro b, c	g/100g	8,2	—
Caseína en la proteína láctea	g/100g	Proporción natural entre la caseína y la proteína	—

Fuente: MIDAGRI (2005)

2.2.2.1 Requisitos fisicoquímicos de la leche cruda

La leche cruda deberá cumplir con los limite máximos permisibles de contaminantes de acuerdo a la legislación nacional vigente, o en su defecto al *Codex Alimentarius*.

Tabla 2
Requisitos físico – químicos de la leche

Ensayo	Requisitos	Método de ensayo
Materia grasa (g/100 g)	Mínimo 3,2	NTP 202 126 NTP 202.028 ISO 2446/IDF 226
Sólidos no grasos (g/100 g)	Mínimo 8,2	*
Sólidos totales (g/100 g)	Mínimo 11,4	NTP 202.118
Acidez, expresada en g. de ácido láctico (g/100 g)	0,13 - 0,17	NTP 202.116
Densidad a 15°C (g/mL)	1,0296 - 1,0340	NTP 202.007 NTP 202.008
Índice de refracción del suero, 20 °C	Mínimo 1,34179 (lectura refracto-métrica 37,5)	NTP 202.016
Ceniza total (g/100 g)	Máximo 0,7	NTP 202.172
Alcalinidad de la ceniza total (mL de Solución de NaOH 1 N)	Máximo 1,7	NTP 202.172
Índice crioscópico	Máximo – 0,540 °C	ISO 5764 / IDF 108 NTP 202.184
Sustancias extrañas a su naturaleza	Ausencia	**
Prueba de alcohol (74 % v/v)	No coagulable	NTP 202.030
Prueba de la reductasa con azul de metileno	Mínimo 4 horas	NTP 202.014

(*) Por diferencia entre los sólidos totales y la materia grasa.
(**) Métodos mencionados en los apartados 2.2.11 al 2.2.18.
Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 202.001 (2016)

2.2.2.2 Proteína

La leche de vaca brinda una cantidad significativa de proteínas de alto valor biológico y que se digieren con facilidad, debido a que estas proteínas suministran los aminoácidos necesarios para satisfacer las necesidades humanas, incluidos aquellos esenciales. En los años recientes, se han detallado partes de proteínas de la leche bovina que surgen de la digestión parcial de cada una de estas proteínas. Además de su valor nutritivo, estos fragmentos tienen la capacidad de ser absorbidos por medio de la mucosa intestinal. Aparentemente, tienen una acción particular a nivel sistémico y gastrointestinal como inmunomoduladores y gracias a sus características antihipertensivas, antimicrobianas y antitrombóticas., (Fernández et al., 2015).

La proteína de la leche según Garmendia Martínez (2019), indican que las sustancias nitrogenadas de la leche se pueden clasificar en tres grupos: caseínas o sustancias que forman el queso propiamente, las llamadas proteínas del suero, y las sustancias nitrogenadas no proteicas. El grupo de las caseínas conforman del 78 al 80% de las proteínas de la leche. Las proteínas del suero que contienen fracciones de globulina y albúmina no pueden obtenerse en forma de queso sino como su nombre lo indican se encuentra en el suero y constituyen el otro 20% del contenido de la leche.

El contenido de proteína en la leche de vaca es importante en la dieta humana ya que aporta entre 30-32 gr/L. Las proteínas solubles son las proteínas del suero como la lactoalbúmina, la lactoglobulina y otras sustancias nitrogenadas no proteicas como la urea que representan el 20% y las proteínas insolubles representadas por la caseína entre el 78-80%, la proteína se mantiene en valores aceptables de 3,01 a 3,25% (Contero et al., 2021; Villar et al., 2025), indica que la leche cruda entera debería tener valores por encima del

2,73 % o el 2,9 %, según los estándares de calidad establecidos por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) y la Unión Europea (UE).

2.2.2.3 Características de la caseína

Las caseínas son los componentes proteicos de la leche que se investigan más, por el papel crucial que desempeñan en el estado y la estabilidad del sistema al que pertenecen. Se encuentra únicamente en la leche, donde tiene el porcentaje más alto, que oscila entre el 2,6 y el 3%. Así mismo Vásquez Castillo (2018) indica que una proteína de alto peso molecular contiene 19 aminoácidos, se distingue de las demás por su elevado contenido de ácido fosfórico.

2.2.2.4 Lactosa

La lactosa es el carbohidrato principal que se encuentra de manera natural en la leche y los productos lácteos. La lactosa está formada por dos azúcares simples, galactosa y glucosa, los cuales el organismo emplea directamente para generar energía. La lactasa transforma a la lactosa en galactosa y glucosa. La leche materna tiene un 7,2% de lactosa (la leche común solo posee un 4,7%) y satisface hasta el 50% de las necesidades energéticas infantiles. De los dos elementos que conforman la leche, la lactosa es el más elevado, con un porcentaje que oscila entre el 4,7% y el 5,2%. Además, con un 42%, es el más variable, (Alfaro; et al, 2014).

2.2.2.5 Grasas totales

Fernández et al. (2015) indica que la grasa es el elemento más variable de la leche, y determinante principal de sus propiedades físicas y organolépticas, y determinante principal de sus propiedades físicas y organolépticas. Villar et al. (2025), afirma que la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos) y la Unión Europea determinan que el porcentaje de grasa en la leche fluida total y no procesada no debe bajar del 3,5 % ni del 3,25 %, respectivamente.

De esta manera Vásquez (2018), menciona que las partículas más grandes y livianas de la leche son los glóbulos grasos, por lo que cuando se deja reposar la leche en un recipiente, tiende a ascender hacia arriba. La materia grasa se transforma más lentamente que la lactosa. Aunque sus cambios no generan alteraciones significativas en la estructura fisicoquímica de la leche, sí son relevantes porque dan lugar a sabores poco agradables. La raza tiene poca influencia en la composición de la grasa de la leche, mientras que el tipo de alimentación sí tiene un gran impacto. Las propiedades de la leche son el resultado de los ácidos grasos que contiene.

El 98% de las grasas se presentan en forma de triglicéridos y el resto son ácidos grasos libres, fosfolípidos, y esteroles incluyendo al colesterol. A nivel de triglicéridos, el 60% son saturados y el 40% son insaturados. La composición de grasas depende directamente de la alimentación de la vaca. La grasa de la leche es una mezcla compleja de lípidos que incluye principalmente triglicéridos, fosfolípidos y colesterol. Los triglicéridos están compuestos de ácidos grasos (AG) que se ensamblan durante la fase de final de formación de gotas de grasa que se secretan a la leche, y pueden clasificarse de

acuerdo a su estructura (tipo de enlace) y/o tamaño (largo de la cadena de átomo de carbono) (Rodiles et al., 2022)

Tabla 3

Porcentaje y concentración de lípidos en la leche (g/L)

Lípido	Porcentaje del total de lípidos (%)	Concentración (g/L)
Triacilglicéridos	96–98	31
Diacilglicéridos	2,10	0,72
Monoacilglicéridos	0,08	0,03
Fosfolípidos	1,1	0,35
Ácidos grasos libres	0,2	0,08
Colesterol	0,45	0,15
Hidrocarburos	Rastros	Rastros
Ésteres de esteroles	Rastros	Rastros

Fuente: Vásquez (2018)

2.2.2.6 Solidos no grasos

Los minerales, lactosa y proteínas forman parte de esta categoría. La lista de alteraciones está vinculada con SNG, que se puede calcular de manera furtiva por medio del lactómetro de Bertizzi, generando un valor denominado índice lactométrico. El número estimado también se puede conseguir mediante cálculos empíricos que tienen como fundamento la densidad y el porcentaje de grasa. Los SNG poseen una variabilidad un poco más baja que los sólidos totales, con cifras que fluctúan entre el 8,4 % y el 9,2 %. Los valores más bajos pueden indicar la presencia de agua extra o leche de mala calidad, mientras que los más altos pueden indicar el uso de reguladores de densidad,

Alais (1988). Como manifiesta Villar et al. (2025), Unión Europea, el contenido normal de sólidos no grasos en la leche cruda no puede ser menor al 8,59%.

2.2.2.7 Densidad

La densidad de la leche puede oscilar entre 1,028 y 1,034 g/cm^3 a una temperatura de 15ºC, con una variación de 0,0002 g/cm^3 por cada grado centígrado que cambia la temperatura. La densidad de la leche fluctúa entre los valores proporcionados dependiendo de su composición, ya que está determinada por el conjunto de densidades de sus componentes, los cuales son:

- ✓ **Agua:** 1,00 g/cm^3
- ✓ **Grasa:** 0,93 g/cm^3
- ✓ **Proteínas:** 1,35 g/cm^3
- ✓ **Lactosa:** 1,67 g/cm^3
- ✓ **Minerales:** 5,50 g/cm^3

La densidad mencionada (entre 1,028 y 1,034 g/cm^3) es para una leche entera, pues la leche descremada está por encima de esos valores (alrededor de 1,036 g/cm^3), mientras que una leche aguada tendrá valores menores de 1,028 g/cm^3, (Gustavo et al., 2009).

2.2.2.8 Punto crioscópico o de congelación

El punto de congelación es la temperatura en la cual la fase sólida y la fase liquida de una sustancia o mezcla de sustancias están presentes simultáneamente en el equilibrio en la leche cruda debe tener de -0,530 a -0,550 °C, (Giovanni et al., 2021).

El punto crioscópico es un parámetro de gran importancia tecnológica, utilizado por la industria para detección de aguado. El valor promedio es de -0,512°C con un máximo de -0,508°C en primavera y un mínimo de -0,516°C en invierno, (Oliszewski, 2016).

2.2.2.9 Acidez

La acidez de una leche fresca es del 0,15 al 0,16%. Esta acidez se origina en un 40% a causa de la anfoterica, y el otro 40% por los ácidos orgánicos, el CO_2 disuelto y la contribución de la acidez de las sustancias minerales; el 20% restante es consecuencia de las reacciones secundarias que tienen lugar con los fosfatos existentes. Una acidez inferior al 0,15% puede ser el resultado de la mastitis, de que la leche se haya aguado o de que se haya alterado por algún producto alcalinizante. La acción de contaminantes microbiológicos genera una acidez que sobrepasa el 0,16%, (Gustavo et al., 2009).

2.2.2.10 Minerales

Abril y Pillco (2013) afirma que “La leche es un producto de gran complejidad química y física constituida principalmente por agua y elementos nutritivos totales como grasa glúcidos, proteínas, gran cantidad de minerales y una variedad de vitaminas, el porcentaje de minerales debe oscilar entre 0,72%”.

2.2.2.11 pH de leche cruda

La leche es ligeramente ácida presentando comúnmente un pH entre 6,5 y 6,7. Es bien tamponado por las proteínas y por las sales minerales, en especial por causa de los fosfatos. La mayor acción tampón se da entre el pH 5 y 6 es alcanzada en la medida que la leche se va tomando ácida y no por causa de la acidez de la leche fresca. Cuando la leche es calentada, al principio el pH desciende por la liberación de dióxido de carbono, para luego aumentar por la liberación de iones hidrógeno, cuando el calcio de el fósforo conforma compuestos insolubles. Un equilibrio entre estas dos fuerzas opuestas previene de grandes cambios durante los tratamientos térmicos a que es sometida industrialmente la leche. Además, si el pH de la leche es inferior a 6,5 comienza el crecimiento de bacterias lácticas, (Guevara, 2014).

Por otro lado Aydogdu et al. (2023) menciona que el pH en la leche cruda se sitúa de 6,50 – 6,80; si el pH es mayor puede ser a causa de la presencia de mastitis y un pH inferior a 6,5 indica que existe una tendencia a la acidificación de la leche.

La leche fresca tiene un valor de pH de 6,7; un valor inferior puede ser indicio de deterioro debido a la degradación bacteriana, cuando la lactosa se descompone y se forma ácido láctico por la presencia de bacterias ácido lácticas (BAL), lo que puede provocar una coagulación o formación de grumos con un color y sabor característico a agrio. Por lo tanto, valores de pH que sean superiores a 6,7 pueden indicar la presencia de mastitis por lo que la medición del pH puede ser una herramienta rápida para detectar esta enfermedad. Pequeñas variaciones en el pH 6,7 pueden afectar el tiempo requerido para la pasteurización y la estabilidad de la leche después del tratamiento, (Villar et al., 2025).

2.3 Microbiología de la leche cruda

La leche cruda puede contaminarse a través de tres fuentes principales: los microorganismos relacionados con la mastitis que se encuentran en la ubre, los organismos del medio ambiente que se transmiten por la suciedad presente en la superficie de los pezones y la ubre, y una limpieza e higiene deficientes de los utensilios y el equipo para ordeñar, Oliver et al. (2005). Sin embargo, las malas prácticas de manipulación e higiene, la refrigeración a temperaturas inadecuadas y el prolongado almacenamiento de la leche pueden incrementar el número de microorganismos en la leche, desde su obtención hasta llegar al consumidor, Martínez et al. (2014). Además de los restos de leche que permanecen en las superficies y que proveen nutrientes para el crecimiento y la multiplicación de microorganismos, otra causa común es la limpieza insuficiente del equipo de ordeño, los depósitos de leche o los utensilios que se utilizan, (Ruiz, 2012).

Otras razones que pueden llevar a un conteo elevado de microorganismos que indican la calidad higiénico sanitaria son: ordeñar pezones sucios o empapados y no poder enfriar la leche a una temperatura inferior a 4 - 6°C rápidamente, Mukesh et al. (2022). Una situación muy común en Cuba y en países de la región es la presencia en la leche de microorganismos mesófilos, termófilos y psicrótrofos, en cantidades que superan los niveles permisibles, con prácticas de refrigeración a temperaturas superiores a los 4ºC, (Kousta et al., 2010).

2.4 Factores que afectan la vida útil de la leche cruda

Según Andres et al. (2014) la obtención de productos lácteos de calidad involucra una serie de actividades que contribuyen con el complimiento de los requisitos mínimos para producir leche apta para consumo humano y su adecuado procesamiento para la elaboración de productos lácteos. Los riesgos de modificación de la calidad de leche se ubican en dos niveles: los anteriores al ordeño, los posteriores al ordeño y la temperatura al cual son almacenadas de esta forma se puede obtener leche de buena calidad, sin embargo, cuando no se mantienen buenas prácticas higiénicas después del ordeño esta puede contaminarse fácilmente. Si los utensilios no están limpios, si el ordeñador no se lava las manos y el ambiente tiene polvo, insectos o si la leche no se enfría rápidamente, pueden ingresar bacterias como *Escherichia coli, salmonella, Staphylococcus aureus.* Estas bacterias se alteran la calidad de la leche, provoca una fermentación indeseada, mal olor acidez elevada e incluso pueden causar enfermedades en el consumidor.

2.5 Temperatura de almacenamiento

Además, es conocido que las temperaturas inapropiadas aumentan la carga microbiana de la leche. En este sentido, en la mayoría de los países se aconseja conservar la leche a 4°C para controlar el crecimiento de bacterias. En un cambio de temperatura por debajo de los 3°C puede ocasionar la congelación, lo cual se debe evitar porque puede modificar su composición y calidad; (FAO y OMS, 2011). Además de esto, los microorganismos pueden contaminar la leche por dos vías principales: la vía mamaria y la vía externa, de esta forma, los microorganismos que pueden estar en la ubre contaminan

la leche antes o después del ordeño. Así, las bacterias alcanzan la leche por medio de las vías mamarias ascendente y descendente, por la vía ascendente lo hacen bacterias como *Staphylococcus aureus, Streptococcus* y Coliformes, que se adhieren a la piel de la ubre y posterior al ordeño entran al esfínter del pezón, (Jurado et al., 2019).

2.6 Perecibilidad de la leche

La leche de vaca es altamente perecedera y frecuentemente propensa a reacciones de deterioro durante su vida útil, como la actividad microbiana, la oxidación de lípidos y proteínas, y la lipólisis, (Romero et al., 2021).

La leche es una emulsión o coloide de glóbulos de grasa butírica dentro de un fluido acuoso que contiene carbohidratos disueltos y agregados proteicos, además de minerales, Loffi et al. (2021). El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) recomienda una temperatura de almacenamiento de la leche de entre 0,0 y 4,4 °C. Por consiguiente, la leche de vaca se distribuye y almacena en sistemas de cadena de frío para garantizar su seguridad y frescura (James & James, 2010; Mercier et al., 2017).

Sin embargo, a menudo está sujeta a frecuentes errores de aplicación de temperatura que ocurren en la etapa de distribución, tiendas minoristas y refrigeradores domésticos. Por lo tanto, monitorear la frescura de la leche es fundamental para mantener la seguridad alimentaria y la salud humana. Además, existe una necesidad urgente de desarrollar métodos y sistemas de sensores rápidos, sensibles, confiables y rentables para las técnicas de evaluación rápida que permiten detectar el crecimiento de bacterias en una etapa temprana Poghossian et al. (2019). Típicamente, la frescura de la leche de vaca se

estima mediante análisis fisicoquímicos (acidez, densidad específica, ácidos grasos) y ensayos de crecimiento microbiano (bacterias aeróbicas totales, bacterias psicrotróficas, bacterias de ácido láctico, etc.). Sin embargo, estas técnicas de evaluación utilizadas convencionalmente para la frescura de la leche requieren equipo analítico, técnico capacitado, mano de obra y tiempo. Especialmente, el análisis microbiano requiere largos períodos (48 h) para la incubación y la enumeración posterior.

2.7 Vida útil de la leche cruda

La vida útil se refiere al intervalo o periodo de tiempo durante el cual un alimento cuando se almacena en las condiciones especificadas es seguro para los consumidores conserva sus cualidades sensoriales, químicas, físicas y microbiológicas óptimas (Lazar et al, 2015).

La oxidación lipídica se considera la principal causa del deterioro de los alimentos con alto contenido graso, la oxidación se asocia con la formación de olores y sabores desagradables que comprometen la aceptabilidad de los productos; además afecta la calidad nutricional de los alimentos, en particular el contenido de ácidos grasos, el Oxitest es un instrumento innovador y prometedor. El reactor Oxitest se emplea para monitorizar la estabilidad oxidativa de diferentes productos (Caruso et al., 2017).

2.8 Manipulación y condiciones higiénicas

La manipulación de la leche debe ser inocuo, el transporte y el almacenamiento apropiados son esenciales, dado que la contaminación de la leche puede deberse a que ha

estado en contacto con equipos en condiciones insalubres o con sustancias ajenas; (Jurado et al., 2019).

De Los Reyes et al. (2010) indica que es fundamental tener en cuenta que los estándares de calidad de la leche que se utilizarán para diferenciar el precio que se pagará al productor deben estar en consonancia con la realidad del país. La producción de leche de alta calidad es extremadamente compleja, mucho más que la de otros productos, debido a que el producto a manipular es muy delicado y se ve muy afectado por dicha manipulación. En la producción de leche interactúan numerosos factores, y todos ellos están relacionados de una u otra manera en la producción de leche, interactúan diversos factores, y todos ellos están relacionados de una forma u otra. El manejo zootécnico y nutricional de los animales; limpieza y desinfección de los utensilios de ordeño (baldes, perolas, coladores, ordeñadoras y utensilios); limpieza y sanitización de las instalaciones de ordeño, incluyendo mejoría en su estructura, pequeñas reformas de establos y suministro adecuado de agua; limpieza y desinfección de los ordeñadores y pezones de los animales y fortalecer la cadena fría de la leche.

Los estándares de inocuidad y calidad de la leche se expresan a través de indicadores higiénico-sanitarias, organolépticos, físico-químicos y la ausencia de peligros bacterianos. Esto permite obtener productos lácteos que no pongan en peligro al consumidor ni se deterioren el punto de venta debido a problemas relacionados con la higiene o la sanidad; Martínez et al. (2015). Estas deficiencias se hallaron vinculados, en primer lugar, con el incumplimiento de las normas de buenas prácticas en los locales, la rutina de ordeño, la limpieza y desinfección de los utensilios, así como con la recolección

y conservación de la leche desde que se obtiene hasta que llega al consumidor; (Martínez et al., 2014).

La calidad de la leche está representada esencialmente por la concentración en componentes, y por un bajo recuento bacteriano. Por tanto, la leche para consumo humano debe estar libre de microorganismos patógenos, libre de sedimentos y materias extrañas o nocivas, y tener bajo conteo bacteriano total, entre otras. Un alto recuento bacteriano está estrechamente asociado con pérdidas de producción lechera y disminución del volumen, además de los riesgos inherentes a la población de contraer ETAs Mariscal et al. (2013). La calidad de la leche se mide no solo observando sus propiedades organolépticas, sino también haciendo las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas, que son el método más usado para medir su calidad. La leche que se vende al público tiene que cumplir con las propiedades microbiológicas y fisicoquímicas definidas en los reglamentos sanitarios.

2.9 Oxidación lipídica - Oxitest

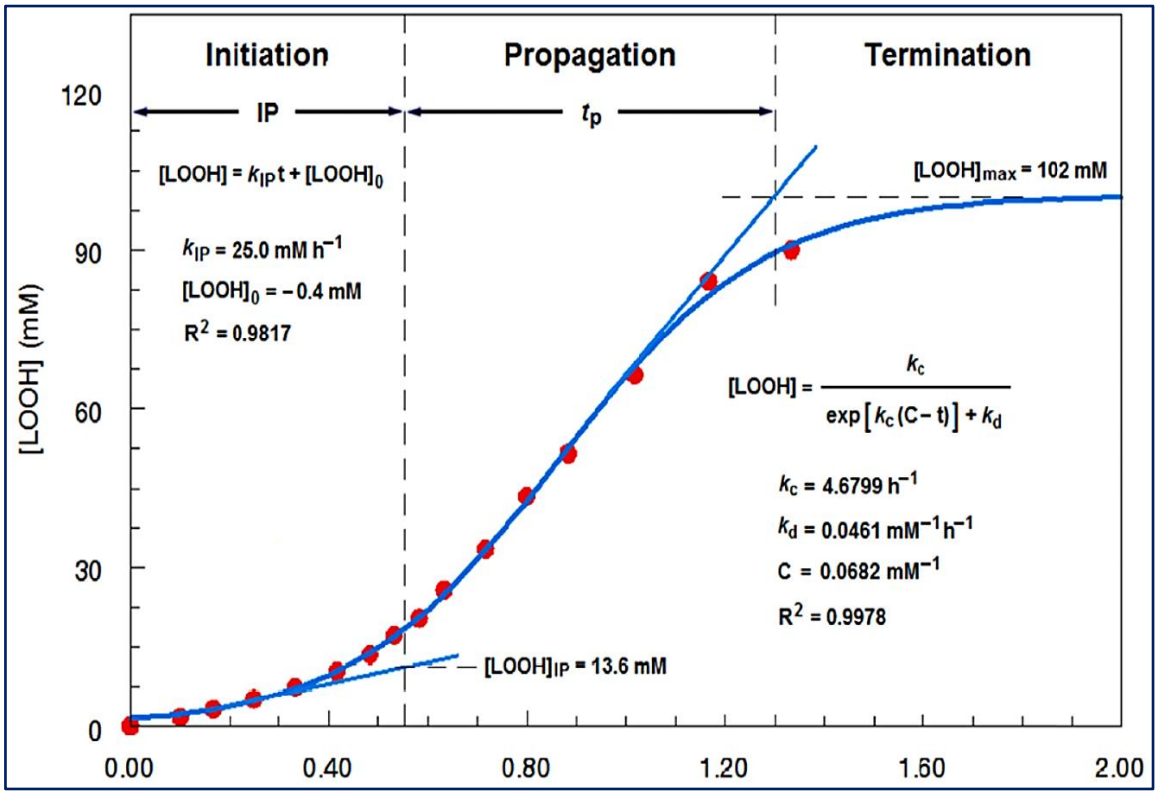
La peroxidación lipídica es una de las reacciones químicas más básicas que afecta negativamente a la calidad nutricional y la seguridad de los sistemas lipídicos. En cuanto a la concentración de hidroperóxidos lipídicos (LOOH) como productos primarios de la oxidación, el proceso suele ocurrir en tres etapas consecutivas: iniciación, propagación y terminación. Los LOOH son intermedios inestables que se desintegran con facilidad en una diversidad de productos secundarios, los cuales tienen un impacto negativo significativo en la toxicidad y las propiedades sensoriales del sistema; (Farhoosh, 2021a).

La oxidación de los lípidos es un proceso complejo. La oxidación térmica y la oxidación por aire son las principales vías de oxidación de los lípidos Domínguez et al. (2019). A altas temperaturas, los lípidos sufren oxidación, descomposición, polimerización y condensación para generar los correspondientes ácidos grasos, hidroperóxidos y aldehídos, así como dímeros y trímeros, lo que da lugar a una disminución de la calidad de los alimentos. La reacción de oxidación de los lípidos en contacto con el aire es muy variada, y los métodos más comunes incluyen la autooxidación, la fotooxidación y la oxidación enzimática. Estos métodos de oxidación que implican la participación del aire tienen un gran impacto en la calidad de los alimentos durante el almacenamiento y el procesamiento (Ghnimi et al., 2017; Marković y Milenković, 2020; Waraho et al., 2011). Según se presenta en la figura 1, el proceso de autooxidación molecular de los lípidos generalmente se manifiesta como un conjunto de tres fases diferentes: una fase inicial en la que aparecen radicales, una fase de propagación en la que crece el número de compuestos reactivos y una fase final en la que estos compuestos reactivos se descomponen o interactúan entre ellos para crear compuestos no reactivos.

El análisis de estabilidad oxidativa se lleva a cabo utilizando el OXITEST, que consta de dos cámaras de titanio termostatizadas y herméticamente selladas, cada una de las cuales puede albergar hasta tres soportes de muestras de titanio. Está conectado a un ordenador que ejecuta el software OXISoft para el procesamiento de datos (VELP Scientifica, Usmate, Italia). El Oxitest mide la presión en la zona de oxidación provocada por el consumo de oxígeno de la muestra, y su respuesta es el IP periodo de indicción, (Albrecht-Ruiz et al., 2025).

Figura 1

Curva cinética de la acumulación de hidroperóxidos lipídicos (LOOH) durante la peroxidación del aceite a 100 °C.



Nota: La figura muestra los datos cinéticos de las funciones lineales y sigmoidales ajustadas a la fase de iniciación. **Fuente:** Farhoosh (2021a).

Donde:

IP: periodo de inducción

tp: duración de la fase de propagación

$[LOOH]_0$: concentración de LOOH en t = 0; [LOOH]

IP: concentración de LOOH en IP

[LOOH]máx.: concentración máxima de LOOH

kIP: constante de velocidad de orden pseudo-cero de la fase de iniciación

kc: constante de velocidad compuesta (pseudo-primer orden)

kd: constante de velocidad de descomposición (pseudo-segundo orden) de la reacción bimolecular del LOOH preformado

C: constante de integración

2.9.1 Autooxidación

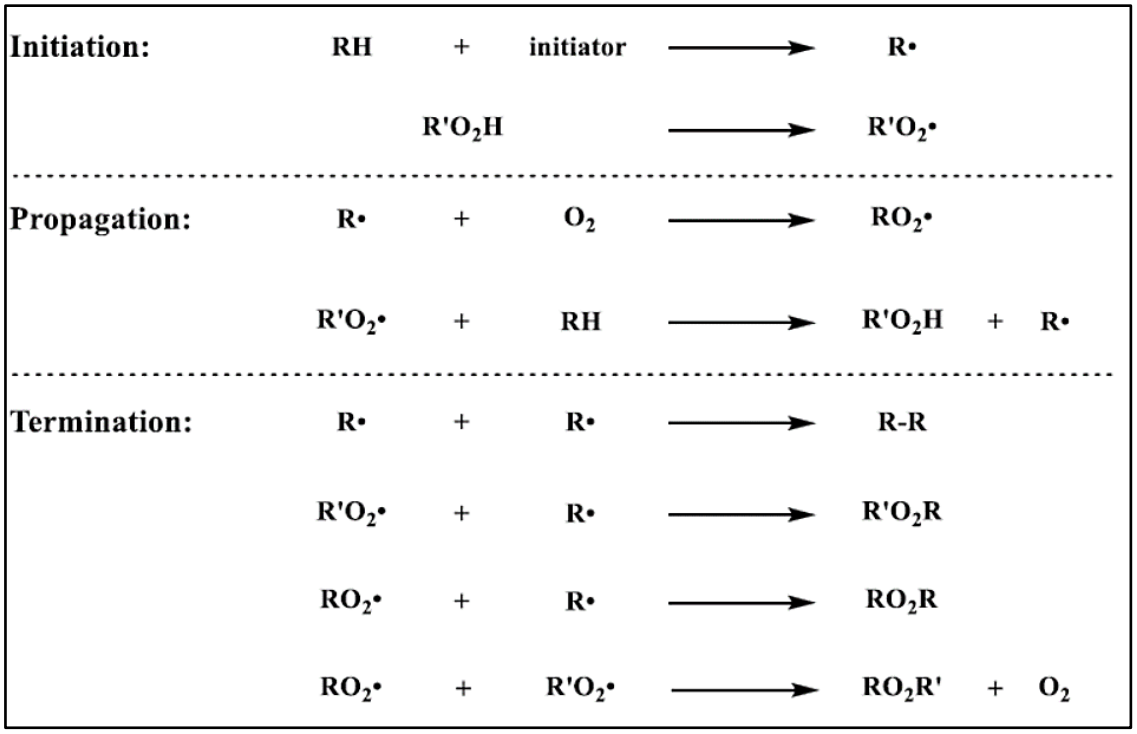
Wang et al. (2023) manifiesta que la autooxidación es el proceso principal por el cual se combinan los ácidos grasos insaturados y el oxígeno, lo que ocasiona una degradación de los alimentos por la autooxidación es el proceso principal por el cual se combinan los ácidos grasos insaturados y el oxígeno, lo que ocasiona una degradación de los alimentos por oxidación. Simic y Taylor (1988), indicaron que las reacciones de oxidación mediadas por el oxígeno en el sistema alimentario suelen ser llamadas autooxidación. Con esto propusieron un razonamiento muy simple y persuasivo de la autooxidación.

2.9.2 Fotoxidación

Los ácidos insaturados se producen con frecuencia durante el proceso de fotooxidación mediante reacciones no radicalarias. Además del oxígeno en estado fundamental (triplete) presente en la autooxidación, el oxígeno en estado excitado (singulete) puede reaccionar directamente con los grupos C=Cs para participar en la fotooxidación, (Diaz-Uribe et al., 2021).

Figura 2

La vía de autooxidación de los lípidos



La figura representa el mecanismo clásico de reacción en cadena de la autooxidación radicalaria.

Fuente: Wang et al. (2023).

2.9.3 Parámetros cinéticos derivados de las curvas de acumulación de LOOH

Las curvas cinéticas de acumulación de LOOH se trazaron representando gráficamente las variaciones de PV (mM) en función del tiempo (h) (ecuación 1). La ecuación lineal [1] se ajustó a la fase inicial de las curvas cinéticas de acumulación de LOOH, (Farhoosh, 2021a):

$$[LOOH] = K_{IP}(t) + [LOOH]_0 \longrightarrow \quad (1)$$

donde K_{IP} (mM h−1) es la constante de velocidad de orden pseudo-cero de la fase de iniciación y $[LOOH]_0$ (mM) es la concentración de [LOOH] en t = 0. La ecuación sigmoidal [2] se ajustó a todo el rango de puntos de datos cinéticos en las fases de iniciación y propagación de la acumulación de LOOH:

$$[LOOH] = \frac{k_c}{exp[k_c(C-t)] + k_d} \quad ----------\rightarrow (2)$$

donde kc y kd son las constantes de velocidad de composición y descomposición de pseudo-primer y pseudo-segundo orden, respectivamente, del LOOH producido en la fase de propagación; y C (mM−1) es una constante de integración. La ecuación tiende asintóticamente al valor finito [LOOH]max (mM), donde la velocidad de acumulación de LOOH llega a cero en el infinito:

$$[LOOH]_{max} = lim_{t\rightarrow\infty}\left\{\frac{k_c}{exp[k_c(C-t)] + k_d}\right\} = \frac{k_c}{k_d} \quad ----------\rightarrow (3)$$

Los valores de Rmax (mM h−1) y el parámetro de oxidabilidad de propagación Rn (h−1) se calcularon mediante la ecuación [4] y la ecuación [5], respectivamente:

$$R_{max} = \left(\frac{d[LOOH]}{dt}\right)_{max} = \frac{k_c^2}{4k_d} \quad ----------\rightarrow (4)$$

$$R_n = \frac{R_{max}}{[LOOH]_{max}} \quad ----------\rightarrow \quad (5)$$

Los parámetros IP (h) y [LOOH]IP (o CMCL, mM) se calcularon mediante:

$$\mathrm{IP} = \frac{\mathrm{k_c}(2 - \mathrm{k_c C} + \ln \mathrm{k_d}) - 4[\mathrm{LOOH}]_0 \mathrm{k_d}}{4\mathrm{k_{IP}k_d} - \mathrm{k_c^2}} \quad ----------\rightarrow (6)$$

$$[LOOH]_{IP} = k_{IP}(IP) + [LOOH]_0 \quad ----------\rightarrow (7)$$

Los parámetros de oxidabilidad inicial Oi (mM^(−1) h⁻²) y tp (h) se proporcionaron de la siguiente manera:

$$O_i = \frac{IP}{k_{IP}} \quad ----------\rightarrow (8)$$

$$t_P = \frac{4k_d R_{max} - k_c R_n (2 - k_c C + ln k_d)}{4k_d R_{max} R_n} \quad ----------\rightarrow (9)$$

CAPÍTULO III

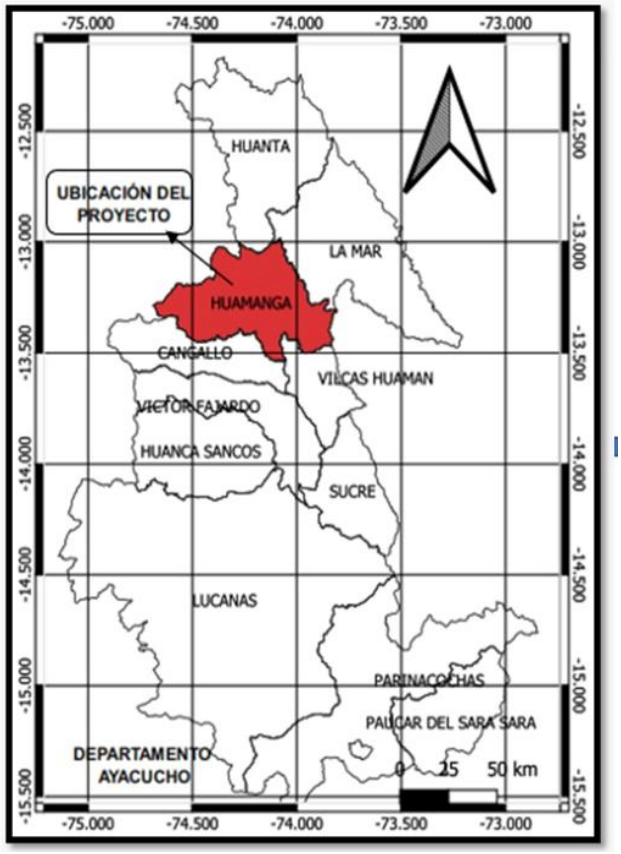
METODOLOGÍA

3.1 Delimitación del área de estudio

La zona geográfica donde se realizó la investigación fue la provincia de Huamanga del distrito de Ayacucho, los puntos de muestreo se consideraron a los lugares con mayor comercialización de leche cruda en el distrito indicado (Cinco esquinas, puente Enace y tienda UNSCH).

Figura 3

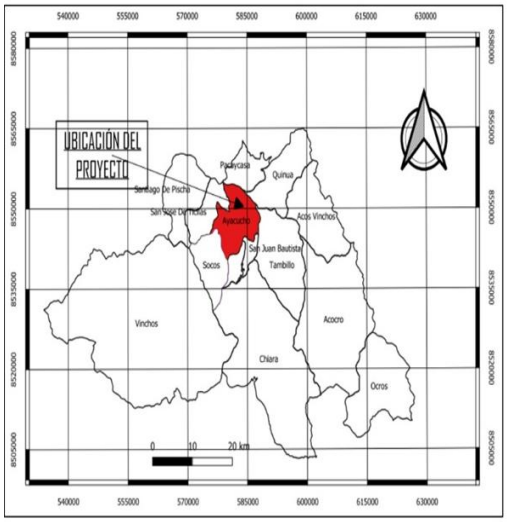
Delimitación geográfica del proyecto



Fuente: Elaboración propia

Figura 4

Ubicación del proyecto - distrito de Ayacucho



Fuente: Elaboración propia

Figura 5

Puntos de toma de muestra de leche cruda en el distrito de Ayacucho



Fuente: Elaboración propia

3.2 Lugar y ambiente de ejecución

Los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, que se encuentran en la ciudad universitaria Módulos UNSCH, fueron usados para el área experimental y para preparar la muestra; en concreto, los laboratorios detallados a continuación:

- ✓ Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia.
- ✓ Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia.

3.3 Tipo de investigación

La investigación es aplicada con un enfoque cuantitativo, debido a que se recopilaron datos numéricos obtenidos de la evaluación de la calidad de la leche y la estabilidad oxidativa; de acuerdo a lo mencionado por Alberto y Novoa (2017) la investigación cuantitativa surgió de la búsqueda del conocimiento científico, caracterizándose por conocer la realidad de los diferentes fenómenos sociales, que se conocieron a través de la mente humana.

3.4 Nivel de investigación

La investigación fue de nivel descriptivo, debido a que se evaluó el tiempo de deterioro de la leche cruda a diferentes temperaturas mediante la variación de pH y el tiempo de oxidación lipídica mediante el método Oxitest. Permitió describir y medir las

variables de estudio, mediante la observación y evaluación de sus características y comportamiento en las condiciones establecidas.

3.5 Diseño de investigación

La investigación presentó un diseño no experimental, debido a que las variables no fueron manipuladas deliberadamente, se observó lo ocurrido de forma natural en un momento determinado.

3.6 Método de investigación

Se aplicará el método científico en donde se medirá de forma objetiva las características de la leche fresca lo cual implica el uso de escalas de medición y técnicas analíticas; se emplearán instrumentos técnicos o de laboratorio también se incluirán observaciones estructuradas en los puntos de venta, si se evalúan condiciones higiénicas.

3.7 Población y muestra

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia con el fin de garantizar la representatividad de las principales zonas de comercialización de leche cruda vendida en el distrito de Ayacucho. La leche cruda se adquirió en tres puntos de venta (puente Enace, tienda UNSCH y cinco esquinas), en tienda UNSCH se compró en un horario de 10:30 am, en puente Enace y cinco Esquinas se compro entre 5:00 pm a 6:00 pm.

3.8 Recolección y preparación de las muestras

Para recoger las muestras de leche cruda se adquirieron leche cruda de tres puntos de venta (puente Enace; cinco esquinas y tienda UNSCH), de los cuales se obtuvieron las

muestras utilizando frascos previamente estériles de 4 litros de capacidad estos frascos fueron rotulados para su correcta identificación. Luego se transportaron al laboratorio en una nevera portátil para evitar alteraciones fisicoquímicas antes de su análisis.

En el laboratorio, las muestras se dividieron en porciones más pequeñas, para cada punto de 15 ml para el análisis fisicoquímico; 250 ml para el análisis de variación de pH y para el análisis por método Oxitest se utilizó 1 litro de leche respectivamente, y cada una de ellas fueron analizadas por triplicado con el fin de garantizar la precisión.

3.9 Materiales e instrumentos

3.9.1 Muestra

Leche cruda comercializada en tienda UNSCH, puente Enace y cinco esquinas del distrito de Ayacucho.

3.9.2 Materiales de laboratorio

- Probetas de vidrio Duran® 1 litro, 500 ml y 100 ml
- Vasos precipitados de vidrio 250 ml, 500 ml y 1 L
- Matraz Erlenmeyer de vidrio Pirex® 500 ml
- Varilla de vidrio
- Termómetro digital de inmersión
- Placas Petri
- Pipeta graduada 10 ml
- Soporte universal
- Bureta 50 ml
- Espatula

- Recipiente de 6 litros

3.9.3 Reactivos

- Hidróxido de sodio NaOH 0,1N
- Fenolftaleína 1%
- Solución de buffer de pH 4 y 7
- Agua destilada

3.9.4 Equipos

- Analizador de leche digital – marca MILKOTESTER – modelo Master Eco
- Reactor OXITEST® – modelo Oxidation Stability Reactor – marca Velp Scientifica
- pHmetro – Jenway 3510 pH meter
- Laptop
- Refrigeradora

3.10 Operacionalización de variables

Tabla 4

Operacionalización de variables de leche cruda

Variable	Definición conceptual	Definición operacional			
		Indicadores	Unidad	Dimensiones	Instrumento
Variable independiente					
Tiempo de conservación	Periodo en el cual la leche cuando almacenada conservó sus cualidades sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas	Tiempo transcurrido de conservación	horas	Periodo de conservación	Equipo Milkotester
Temperatura de almacenamiento	Condición térmica a la que fueron sometidas las muestras de leche durante el periodo de conservación	Temperatura de almacenamiento	°C	Condición térmica de almacenamiento	Termómetros
	Variable dependiente				
Variación de pH	Se consideró como el cambio producido en el valor de pH de la leche durante el periodo de conservación	Variación de pH	adimensional	Comportamiento de pH	pH Arduino
Estabilidad oxidativa	Se consideró como la capacidad de la materia grasa de la leche cruda resistió los procesos de oxidación durante su conservación	Periodo de inducción (IP), duración de fase de propagación (tp) y tiempo de oxidación	adimensional	Estabilidad oxidativa	Equipo Oxitest

3.11 Métodos y técnicas de análisis

Se emplearon técnicas como la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR) o transformada de Fourier (FTIR) para detectar cambios en la composición de la leche. Asimismo, se usó sistema de medición basado en Arduino.

3.12 Análisis fisicoquímico de la leche cruda por pruebas rápidas

Se aplicó la metodología usada por Villar et al. (2025); empleando un equipo analizador de leche Milkotester, se cuantificaron las propiedades físicas (porcentaje de agua, punto de congelación y densidad) y los elementos de la leche (lactosa, grasa, proteínas y sólidos no grasos). Para iniciar la medición, se tomaron las muestras de leche cruda que fueron adquiridas en tres puntos de venta (puente Enace, cinco esquinas y tienda UNSCH), fueron transportadas al laboratorio en recipientes limpios y esterilizados. Una vez en el laboratorio, se procedió a realizar el análisis fisicoquímico utilizando el equipo Milkotester. Previamente para cada medición, el equipo fue colocado en modo de reposo de acuerdo con las condiciones establecidas para su funcionamiento. Posteriormente, se tomaron 15 ml de leche de cada muestra y se depositaron en un porta muestras del equipo, iniciándose inmediatamente el proceso de lectura. Cada determinación tuvo una duración aproximada de un minuto, tiempo durante el cual el equipo registró los parámetros correspondientes de la muestra analizada. Este procedimiento se realizó de forma independiente para cada una de las nuestras provenientes de los tres puntos de venta evaluadas. Asimismo, cada análisis fue efectuado por triplicado con el propósito de obtener mediciones repetidas para cada muestra. El procedimiento experimental Se repitió diariamente durante un período de

seis semanas siguiendo la misma secuencia de análisis y las mismas condiciones de medición de cada jornada experimental.

Figura 6

Análisis de la leche cruda en el equipo MILKOTESTER Master Eco



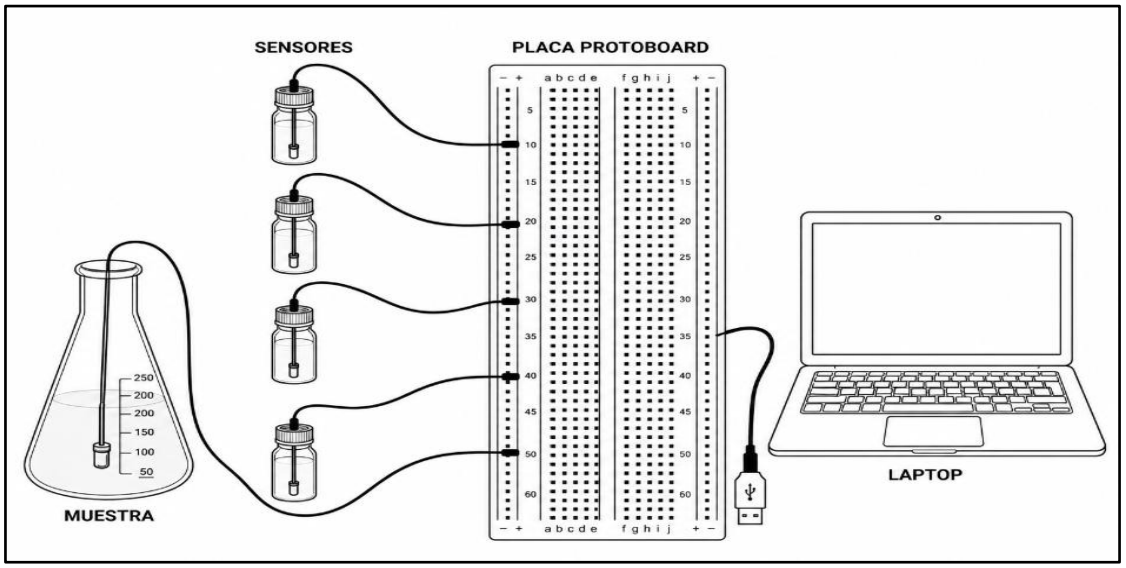
3.13 Determinación de vida útil de la leche cruda por cambios químicos (pH) a diferentes temperaturas.

Se realizó la medición del pH de la leche mediante el uso del sistema Arduino (un electrodo de pH acoplado a un módulo de acondicionamiento de señal y a una plataforma de microcontrolador) para la determinación del potencial eléctrico generado por la actividad de los iones hidrógeno (H^+) presentes en la muestra.

1. Se confeccionó el sistema pH - Arduino

Figura 7

Esquema de confección del sistema Arduino – para el pH



2. Se elaboró los códigos de calibración en el programa Sofware Arduino, el lenguaje C++.

```
// Sensor de pH + Arduino
const int pinPH = A0;
float voltaje = 0.0;
float valorPH = 0.0;
// Ajusta estos valores después de calibrar
float pendiente = -5.70;   // Ejemplo
float offset = 21.34;      // Ejemplo
void setup() {
Serial.begin(9600);
}
void loop() {
 int lectura = analogRead(pinPH);
 // Para Arduino UNO (ADC de 10 bits, referencia de 5 V)
 voltaje = lectura * (5.0 / 1023.0);
```

```
// Ecuación de calibración
valorPH = pendiente * voltaje + offset;
Serial.print("ADC: ");
Serial.print(lectura);
Serial.print("  Voltaje: ");
Serial.print(voltaje, 3);
Serial.print(" V  pH: ");
Serial.println(valorPH, 2);
delay(1000);
}
```

3. Se elaboró los códigos de lectura en el programa Sofware Arduino.

```
// Lectura de 6 sensores de pH
// Arduino Mega (A0-A5)
const byte phPins[6] = {A0, A1, A2, A3, A4, A5};
// Ajusta estos valores para cada sensor después de calibrarlo
float pendiente[6] = {-5.70, -5.70, -5.70, -5.70, -5.70, -5.70};
float offset[6]    = {21.34, 21.34, 21.34, 21.34, 21.34, 21.34};
void setup() {
  Serial.begin(115200);
}
void loop() {
for (int i = 0; i < 6; i++) {
 // Promedio de 10 lecturas para reducir ruido
long suma = 0;
for (int j = 0; j < 10; j++) {
suma += analogRead(phPins[i]);
delay(10);
   }
```

```
  float adc = suma / 10.0;

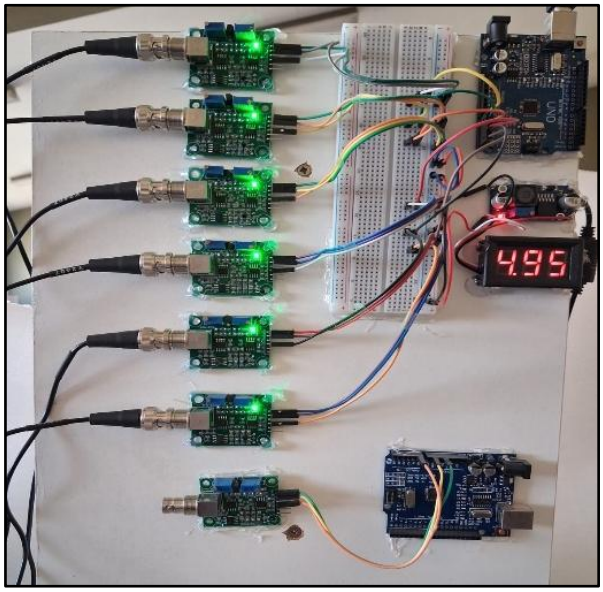
  // Conversión a voltaje (Arduino Mega/UNO, referencia 5 V)
  float voltaje = adc * (5.0 / 1023.0);

  // Conversión a pH
  float ph = pendiente[i] * voltaje + offset[i];
  Serial.print("Sensor ");
  Serial.print(i + 1);
  Serial.print("  ADC=");
  Serial.print(adc);
  Serial.print("  V=");
  Serial.print(voltaje, 3);
  Serial.print("  pH=");
  Serial.println(ph, 2);
 }
 Serial.println("------------------------------");
 delay(1000);
 }
```

4. Los sensores del pH-metro fueron calibrados con buffer 4 y 7 respectivamente.

El sistema queda expedito para su uso.

Figura 8
Placa y sensores Arduino



5. Se transfirieron 250 mL de leche a cada matraz Erlenmeyer de 500 mL.

Figura 9
Distribución de la leche cruda



6. Se introdujeron los sensores del pH-metro a cada Erlenmeyer con sus muestras respectivas.

Figura 10

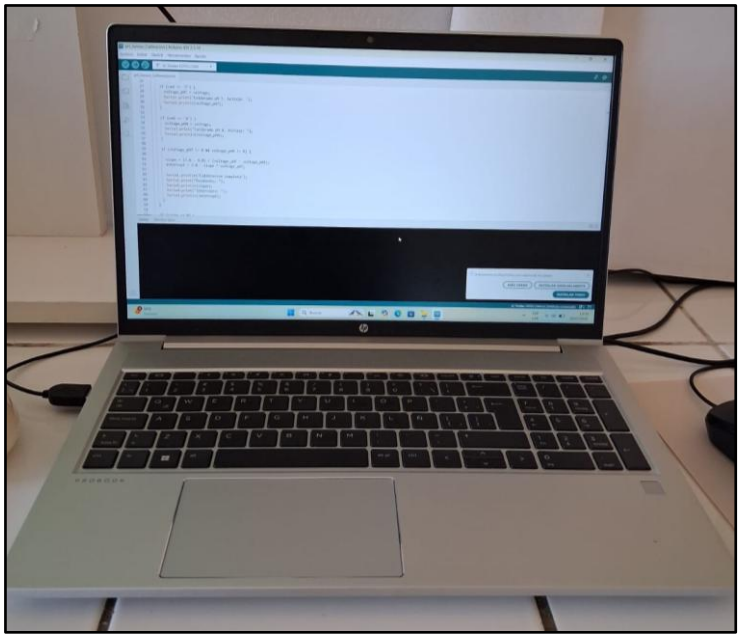
Muestras de leche cruda con sensor pH-metro



7. La laptop inmediatamente empieza a hacer la captura de pH para cada minuto programado.

Figura 11

Lectura del pH con sistema Arduino



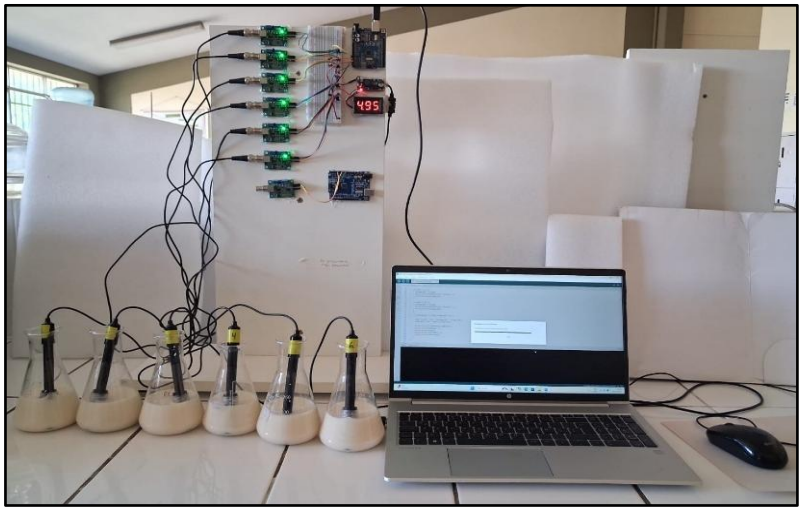
8. El procedimiento del 4 al 6 se realizaron para las temperaturas 4, 10 y 20°C respectivamente para cada uno por triplicado.

Figura 12
Análisis de pH a temperaturas diferentes



9. Procesamiento de datos: Los datos fueron guardados en la laptop en el programa Excel y graficados (pH vs tiempo) y fueron transferidos al documento.

Figura 13
Sistema de medición de pH desarrollado con Arduino



3.14 Determinación de la oxidación lipídica de la leche cruda

3.14.1 Obtención de mantequilla

El proceso inició con el almacenamiento de leche cruda la cual fue sometida a enfriamiento controlado hasta alcanzar una temperatura de 10°C, donde se mantuvo por 12 horas para poder favorecer la cristalización de los triglicéridos. Posterior a ello se procedió al batido mecánico a una temperatura constante de 14°C hasta obtener la inversión de las fases y la formación de granos de mantequilla (fase sólida) y el suero (fase líquida) finalmente se procedió a al desuero y el lavado de la masa con agua destilada a 8°C.

3.14.2 Estabilidad oxidativa acelerada de la grasa de leche (mantequilla)

La grasa de la leche de vaca está compuesta principalmente por un 98% de triglicéridos, conteniendo además más de 400 tipos de ácidos grasos. Su perfil lipídico consta de un ~65-70% de ácidos grasos saturados (AGS), un ~25-30% de monoinsaturados (AGMI) y un ~ 3-5% de poliinsaturados (AGPI)(Salas-Salvadó et al., 2018). La autooxidación depende de la composición de los ácidos grasos; un mayor ácido grasos insaturados acelera la tasa de oxidación (Vilca et al., 2022).

La estabilidad oxidativa de la grasa de la leche se evaluó utilizando un Reactor de Prueba de Oxidación (Velp® Scientifica, Usmate, Italia) siguiendo la metodología usada por Romeo et al. (2020):

1. Se peso 10,0 g de mantequilla y se distribuyeron homogéneamente en las dos cámaras de titanio herméticamente selladas del equipo.
2. Seguidamente el reactor se programó a 90 °C y presión de 6 bar.
3. Inicia el proceso de captura de datos.
4. El reactor fue extrayendo datos de reacción cada intervalo de 1 minuto de tiempo y acumulando los datos en la memoria de una laptop. Los datos experimentales fueron procesados usando un software Origin-pro (versión demo).
5. La presión de oxígeno se monitoreó utilizando el software OXISoft™ (Velp® Scientifica, Usmate, Italia).
6. La absorción de O_2 (%) por la grasa de leche durante la oxidación lipídica se calculó en diferentes momentos como:

$$O_2(\%) = \left(1 - \frac{OP_t}{OP_0}\right) * 100 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

OP_0: Presión de oxígeno a tiempo cero.

OPt: Presión de oxígeno a tiempo t.

7. Las curvas cinéticas de la absorción de O_2 en función del tiempo se ajustaron a los modelos lineales (Ec. (2)) y sigmoides (Ec. (3)) en todo el rango de los puntos de datos cinéticos en las fases de iniciación y propagación de la absorción de O_2.

$$Uptake\ O_2 = k_{ip}(t) + Uptake\ O_{2_0} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$Uptake\ O_2 = \frac{k_c}{exp[k_c(C-t)] + k_d} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

8. Las ecuaciones fueron adaptadas de (Farhoosh, 2020, 2021b)

9. Se calcularon diferentes parámetros cinéticos de la oxidación de lípidos (Eqs. (4)–(9)):

$$Uptake\ O_2máx = \frac{k_c}{k_d} \quad \text{.....(4)}$$

$$R_{máx} = \frac{{k_c}^2}{4k_d} \quad \text{.....(5)}$$

$$R_n = \frac{R_{máx}}{Uptake\ O_{2_{máx}}} \quad \text{.....(6)}$$

$$IP = \frac{k_c(2 - k_c C + ln k_d) - 4\left(Uptake.O_{2_0}.k_d\right)}{4k_{ip}k_d - k_c^2} \quad \text{.....(7)}$$

$$O_i = \frac{IP}{k_{IP}} \quad \text{.....(8)}$$

$$Uptake\ O_{2IP} = k_c(IP) + Uptake\ O_{20} \quad \text{.....(9)}$$

Donde:

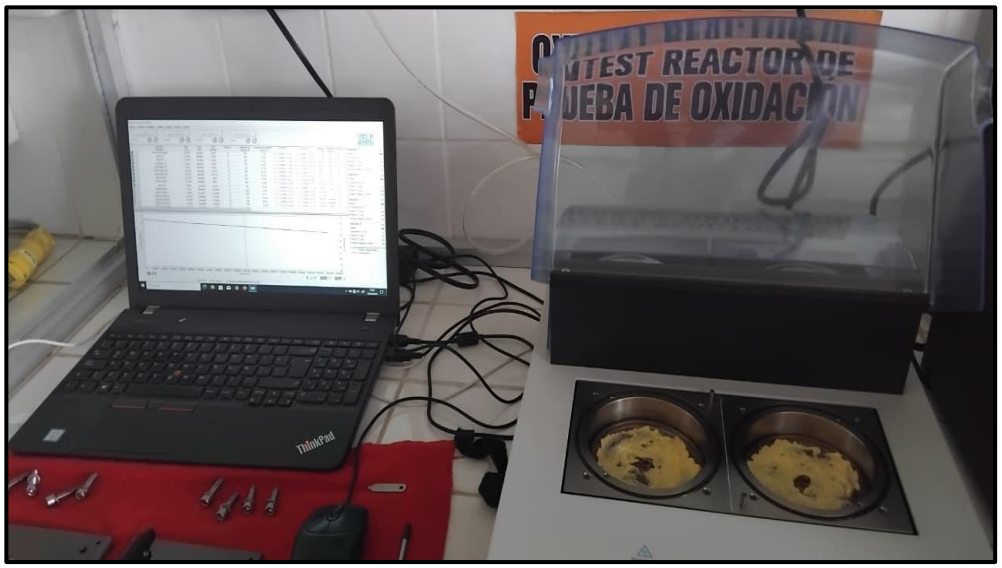
kc: constante de velocidad compuesta (pseudo-primer orden)

kd: constante de velocidad de descomposición (pseudo-segundo orden) de la reacción bimolecular del LOOH preformado

C: constante de integración

Figura 14

Sistema de reactor de prueba de oxidación – Oxitest



3.15 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante:

Análisis de varianza (ANOVA factorial) para evaluar efectos de temperatura y tiempo, prueba de Tukey para comparación de medias ($p < 0.05$). Análisis de regresión para modelar el deterioro. Evaluación de ajuste de modelos mediante coeficiente de determinación (R^2) y error cuadrático medio (RMSE).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Calidad fisicoquímica de la leche cruda

La evaluación fisicoquímica de la leche fresca cruda tomados de los puntos de venta Enace (PE), tiendas UNSCH (PTU) y 5 esquinas (PCE).

Tabla 5

Evaluación fisicoquímica de leche cruda

	Tienda UNSCH (PTU)		**Punto Enace (PE)**		**Cinco Esquinas (PCE)**	
Grasa (%)	3,9	±0,1	3,50	±0,2	3,17	±0,1
Solidos no grasos (%)	9,0	±0,1	8,74	±0,1	9,42	±0,1
Densidad (°L)	30,75	±0,5	29,71	±0,1	32,47	±0,4
Punto de congelación (°C)	-0,575	0,0	-0,550	0,0	-0,600	0,0
Agua (%)	0,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
Proteína (%)	3,3	±0,1	3,15	±0,1	3,36	±0,1
Lactosa (%)	4,9	±0,1	4,64	±0,1	5,10	±0,1
Sales minerales (m^2/cm)	0,7	±0,001	0,70	±0,001	0,70	±0,001

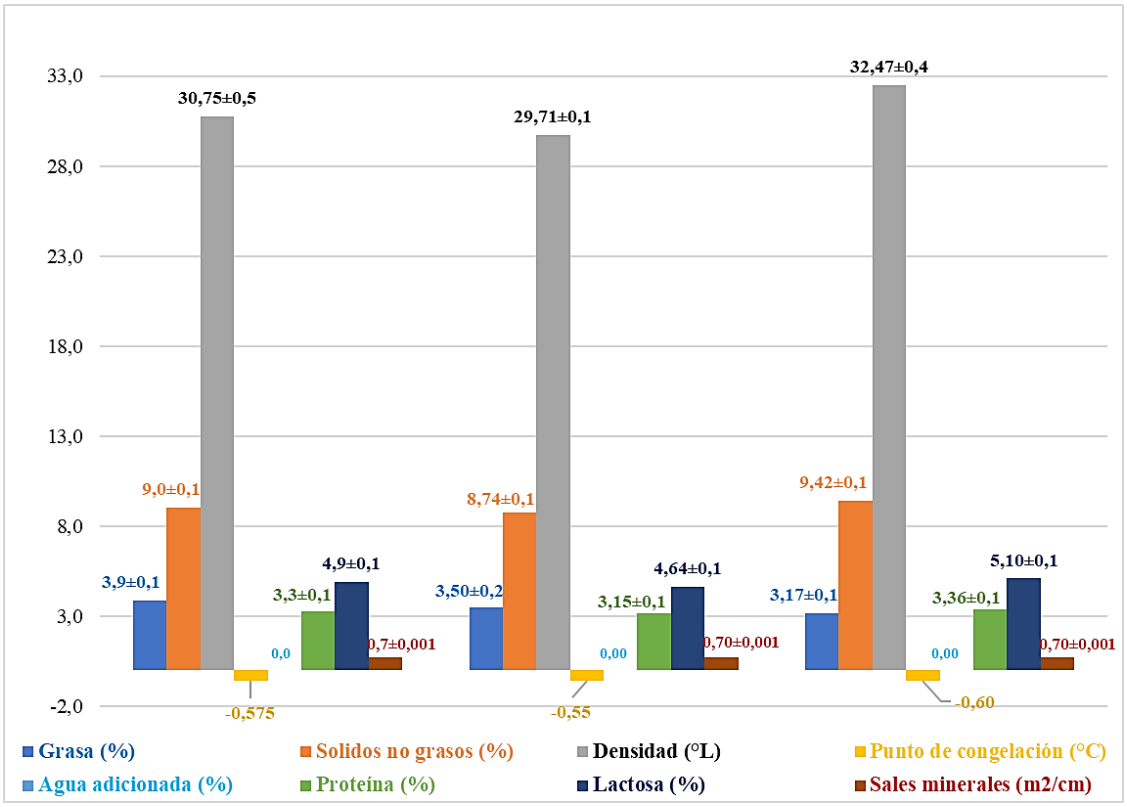
En la tabla 5 se evidencia los resultados de la evaluación fisicoquímica, se muestra que en el punto de venta tienda UNSCH (PTU) la cantidad de **grasa** de la leche es de 3,9%, en el punto de venta puente Enace (PE) es 3,5% y punto de venta cinco esquinas (PCE) 3,17%; Villar et al. (2025) afirma que en la leche cruda no debe tener menos de 3,25% entonces la leche analizada de este punto de venta (PTU y PE), se encuentra por encima del valor mínimo lo que indica que la leche es de buena calidad y la grasa es favorable para la elaboración de sus derivados, mientras que en el (PCE) es

menor a lo indicado por el autor; en comparación con la (NTP 202.001:2016) indica que como mínimo la cantidad de grasa debería ser 3,2% la diferencia obtenida con la muestra del PCE es muy ligera por lo que esta variación se debe a los factores nutricionales de las vacas; los **sólidos no grasos** obtenidos fueron (PTU es 9,0%; PE 8,74 % y PCE 9,42 %); Alais (1988) indica que ,los sólidos no grasos deben estar entre 8,4% a 9,2% si el valor resulta menor a este rango la leche es de mala calidad o se adicionó agua, mientras que Villar et al. (2025) menciona que los sólidos no grasos en leche cruda no debe ser menor a 8,59% y según la (NTP 202.001:2016) como mínimo debe ser 8,2 % y entonces las muestras de leche cruda de los tres puntos evaluados si cumplen con el valor mínimo; la **densidad** obtenida es de 1,03075 g/cm^3 (30,75 °L) para punto tienda UNSCH (PTU); 1,02971 g/cm^3 (29,71 °L) para el punto puente Enace (PE) y 1,03247 g/cm^3 (32,47 °Lactométrico) del punto cinco esquinas (PCE), Gustavo et al. (2009) sostiene que la leche cruda debe fluctuar entre 1,0280 a 1,0340 g/cm^3 y de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 202.001:2016 debe ser 1,0280 a 1,0340 g/cm^3 entonces las muestras de leche están cumpliendo con una densidad adecuada; el **punto de congelación** en el PTU resultó -0,575 °C; en el PE es -0,550°C y en el PCE es -0,600°C; según Giovanni et al. (2021) asevera que debe encontrarse entre -0,530 a -0,550 °C, sin embargo Oliszewski (2016) al respecto menciona que el punto crioscópico promedio debería ser -0,508 a -0,512°C y según la NTP 202.001:2016 indica que el índice crioscópico como máximo es -0,540°C; las evaluaciones resultaron más negativos que el rango de referencia lo que descarta la adición de agua este comportamiento puede atribuirse a una elevada concentración de solidos totales que pueda tener la leche cruda; la **proteína** en el PTU es 3,3%, PE es de 3,15% y en el PCE 3,36 % Contero et al. (2021) menciona que los

valores aceptables de proteína en la leche cruda deben ser 3,01% a 3,25% sin embargo Villar et al. (2025) menciona que los que no deben ser menores de 2,73% a 2,9%, la evaluación fisicoquímica realizada de las muestras refleja una concentración normal y evidencia una composición adecuada y conforme a lo establecido por los autores mencionados; la **lactosa** de la leche cruda del PTU resultó 4,9%; en PE fue 4,64% y en PCE resultó 5,10% según Alfaro et al.(2014) indica que la cantidad de lactosa debe encontrarse entre 4,7 a 5,2% lo cual los puntos PTU y PCE cumplen con la cantidad de lactosa en leche cruda sin embargo el punto PE tiene una ligera variación pero se mantiene dentro del rango aceptable al igual que la evaluación realizada por Villar et al. (2025) que obtuvo entre 4,67 a 4,97 % de lactosa, además es necesario señalar que la NTP 202.001:2016 no muestra exactamente un valor mínimo de lactosa ya que se utiliza parámetros indirectos que están relacionados como los sólidos no grasos y el punto de congelación que al realizar el análisis se encuentran dentro de lo establecido por la norma y esta ligera variación se debe a los factores naturales; las **sales minerales** obtenidos de las muestras evaluadas para los tres puntos (PTU, PE y PCE) resultaron 0,7%, según Abril y Pillco (2013) al respecto indican que los minerales de la leche cruda deben estar en el rango de 0,72% y las muestras que se evaluaron se encontraron dentro de este rango e indica un adecuado estado sanitario y se puede decir que hay ausencia de mastitis y este resultado contribuye a indicar que la leche tiene estabilidad y calidad adecuada.

Figura 15

Evaluación fisicoquímica de leche cruda de distintos puntos de venta en el distrito de Ayacucho

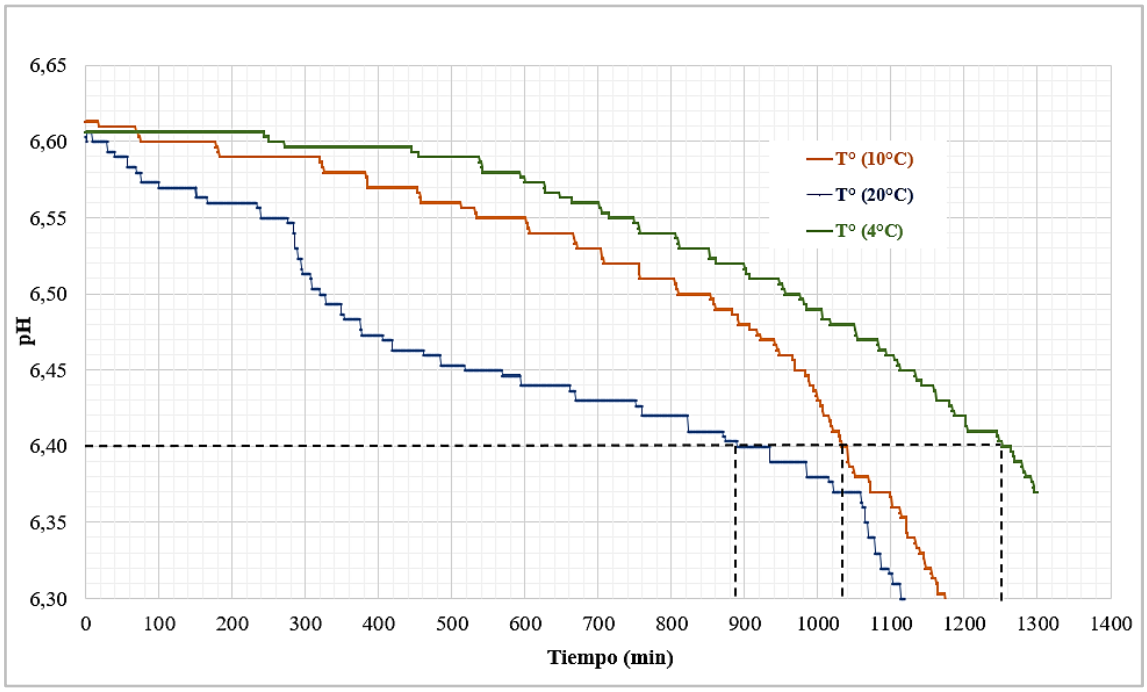


Finalmente se evaluó la **cantidad de agua añadida** en los tres puntos evaluados resultaron con 0,0% como se muestra en la Figura 15 de acuerdo a Tripathy et al. (2018) menciona que una leche no debe sufrir ninguna adulteración ya que eso generaría riesgos para la salud; entonces la leche cruda evaluada de los tres puntos en el distrito de Ayacucho mantiene su concentración natural y no presentan diluciones confirmando la autenticidad y el cumpliendo de los criterios que establece la NTP 202.001:2016 para la leche cruda.

4.2 Evaluación de vida útil de la leche cruda por variación de pH a diferentes temperaturas

Figura 16

Variación de pH de la leche cruda de cinco esquinas almacenada a temperatura 4, 10 y 20 °C.

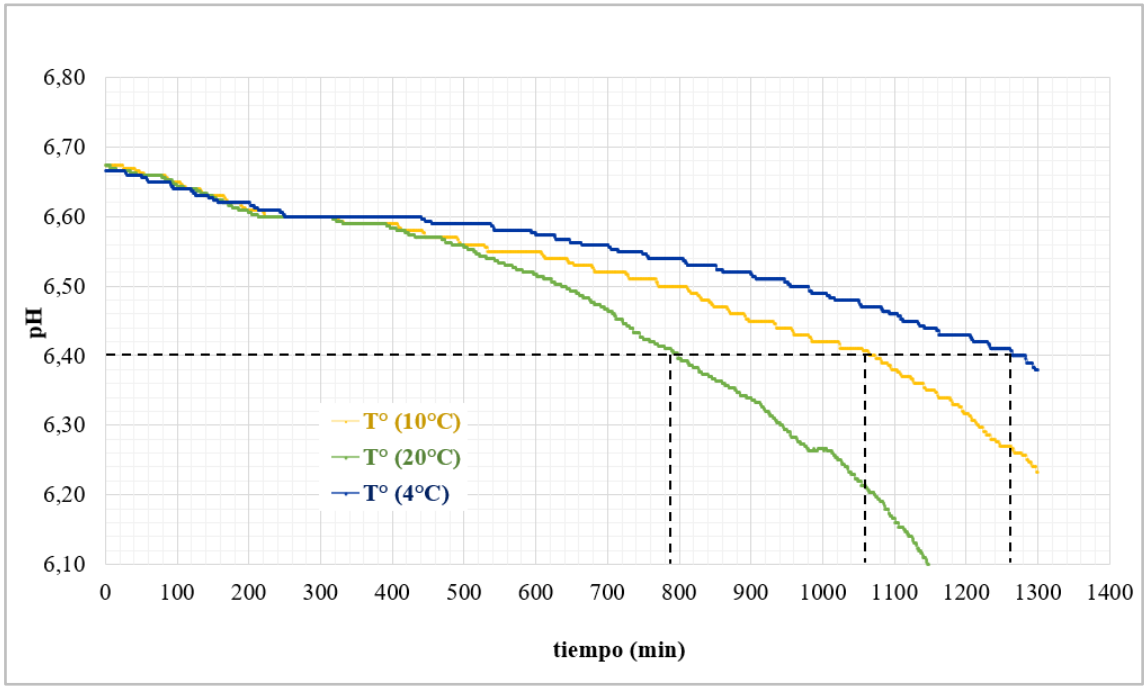


Se observa en la Figura 16 la evaluación de conservación de leche cruda del punto cinco esquinas (PCE) son almacenadas en baldes de polipropileno de acuerdo con Guevara (2014) refiere que la leche tiene una acidez ligera y una leche de buena calidad se encuentra entre 6,5 a 6,7 sin embargo la leche fue analizada con un pH inicial de 6,61 donde se realizó la medida del pH a diferentes temperaturas (20°C, 10°C y 4°C), entonces podemos mencionar que a una temperatura de 20°C la leche inicia su deterioro a partir del minuto 820 una vez que se realiza la compra de la leche se puede conservar

por 13,5 horas; a una temperatura de 10°C el tiempo de deterioro inicia al minuto 1031 y se conserva por 17 horas y a temperatura de 4 °C el deterioro inicia en el minuto1240 donde podemos conservar por 20,6 horas después de la compra de leche cruda; teniendo en cuenta que la leche inicia su deterioro a un pH de 6,4 razón por la cual podemos indicar que mientras mayor sea la temperatura el tiempo de conservación será menor al contrario con una temperatura menor la leche cruda evaluada tiene mayor tiempo de conservación, de acuerdo a Aydogdu et al. (2023) asevera que el pH de una leche adecuada para consumo humano debe ser de 6,5 hasta 6,8 así como Guevara (2014) indica que cuando el pH de la leche es inferior a 6,5 ya hay inicio de crecimiento de bacterias lácticas.

Figura 17

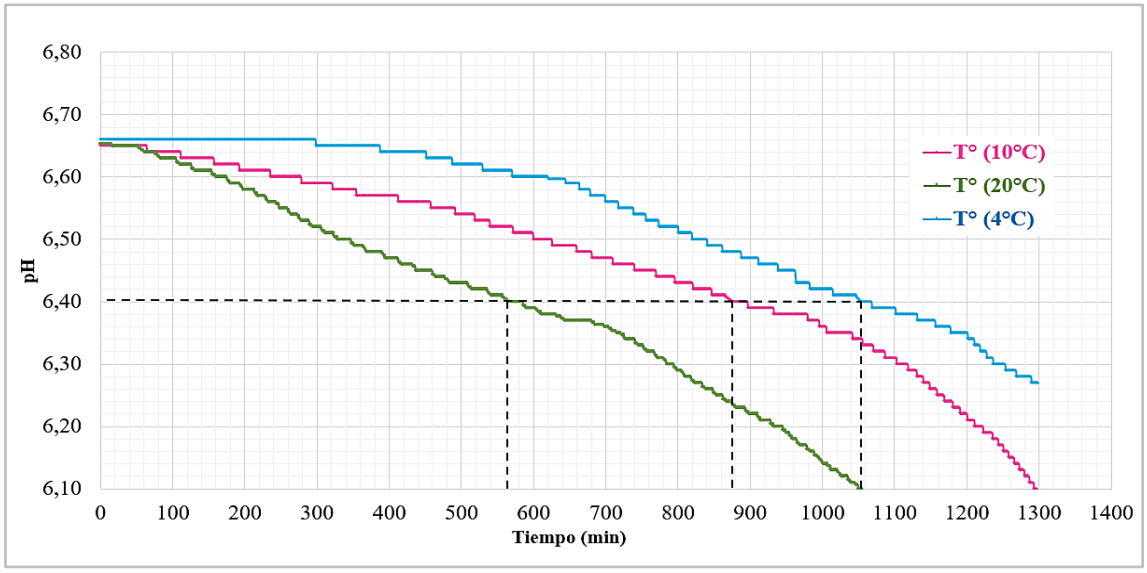
Variación de pH de la leche cruda de tienda UNSCH almacenada a temperatura 4, 10 y 20 °C.



En la Figura 17 se muestra la evaluación de conservación de leche cruda del punto tienda UNSCH (PTU) que son almacenadas en tarros lecheros de acero inoxidable de capacidad de 100 litros, según Guevara (2014) menciona que la leche tiene una acidez ligera y una leche de buena calidad se encuentra con un pH de 6,5 a 6,7 sin embargo la leche que fue analizada tenía un pH inicial de 6,67, Villar et al. (2025) indica que una leche fresca debe tener un pH de 6,7; por ello podemos mencionar que en la investigación realizada se ha sometido a una temperatura de conservación de 20°C (pH inicial 6,67) el deterioro inició a partir del minuto 792 llegando a un pH 6,4 entonces la leche se puede conservar por 13,2 horas; a una temperatura de 10°C inició el deterioro en el minuto 1064 equivalente a 17,7 horas y a 4 °C el comienzo de la desestabilización de la caseína se da a partir del minuto 1264 equivalente a 21,06 horas después de la compra de leche cruda; Aydogdu et al. (2023) asevera que el pH de una leche adecuada para consumo humano debe ser de 6,5 hasta 6,8, entonces podemos indicar que la leche evaluada en este punto de venta cumple con el tiempo de conservación promedio.

Figura 18

Variación de pH de la leche cruda de puente enace almacenada a temperatura 4, 10 y 20 °C.



La Figura 18 muestra la evaluación de conservación de leche cruda del punto de venta puente Enace (PE), esta leche son almacenadas en bidón lechero de plástico de polietileno de alta densidad (HDPE) de capacidad de 50 litros, el pH inicial de la leche es de 6,66 evaluando a una temperatura de 20°C el deterioro de la leche inicia en el minuto 561; a 10°C el deterioro se da en el minuto 870 y a una temperatura de 4°C el deterioro se dio en el minuto 1051, Villar et al. (2025) menciona que la leche fresca debe tener un pH de 6,7; entonces podemos indicar que la leche de este punto no cumple el pH inicial debido a que esta leche es transportada hasta llegar al punto de venta y transcurre un tiempo y está sometida a temperatura ambiente y el pH va disminuyendo por tal motivo se registra el pH inicial de 6,66; y según Aydogdu et al. (2023) asevera que el pH de una leche adecuada para consumo humano debe ser de 6,5 hasta 6,8, sin embargo leche del punto Enace cumple con esta condición ya que se encuentra dentro del rango establecido por el autor.

Tabla 6

Análisis de varianza ANOVA para evaluación para la variación de pH de leche cruda

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Valor p
Intersección	25569467,593	1	25569467,593	1156408,082	0,0001
Leche	286499,185	2	143249,593	6478,625	0,000
Temperatura	887295,630	2	443647,815	20064,474	0,001
Leche * Temperatura	22160,593	4	5540,148	250,559	0,000
Error	398,000	18	22,111		
Total	26765821,000	27			

En la tabla 6 se observa el Anova el cual muestra la leche cruda de diferentes puntos de venta y temperatura que ejercieron un efecto altamente significativo sobre el tiempo de conservación para llegar a un pH 6,4 (inicio de deterioro de leche cruda) ya que el valor - p es mucho menor α =0,05, la temperatura presentó un efecto mayor evidenciando el incremento térmico que aceleró significativamente el deterioro de la leche cruda reduciendo la vida útil de esta, por ello existen diferencias entre la muestras del punto de venta tienda UNSCH, puente Enace y cinco esquinas, entonces se realiza la prueba de comparación.

Tabla 7

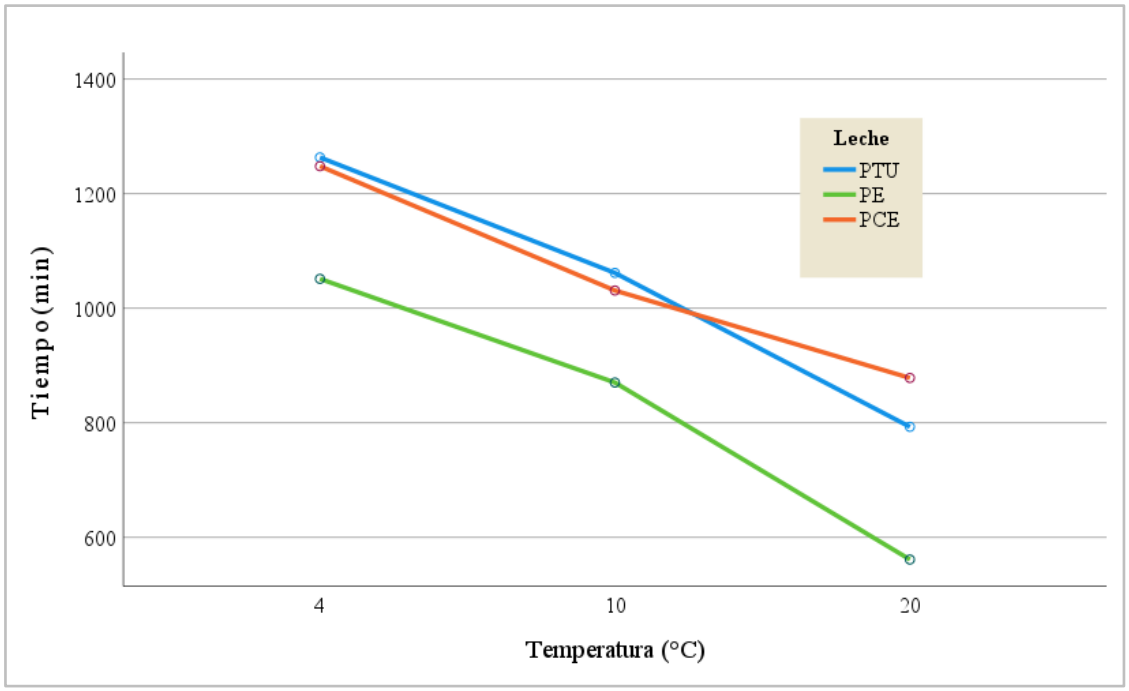
Prueba de Tukey para la comparación de los diferentes puntos de venta de leche cruda

		Subconjunto		
Leche	**N**	**1**	**2**	**3**
Puente Enace (PE)	9	827,67		
Cinco Esquinas (PCE)	9		1039,33	
Tienda UNSCH (PTU)	9			1052,44

En la Tabla 7 se observa la prueba de comparación Tukey de las tres muestras de leche cruda (PTU; PCE y PE), estas fueron ubicadas en subconjuntos diferentes lo que indica que ninguna comparte comportamientos estadísticos similares, significa que estas tres muestras son diferentes significativamente entre todas ellas respecto al tiempo de conservación, la muestra del punto de venta puente Enace PE presenta una media de tiempo (827,67) siendo menor en comparación de las otras dos muestras, evidenciando también que la media de tiempo de la leche del punto de venta tienda UNSCH es (1052,44) tiene mayor resistencia y mejor tiempo de conservación.

Figura 19

Medias marginales estimadas en tiempo de conservación de la leche cruda



Nota: Las muestras adquiridas son PTU: punto tienda UNSCH, PE: puente enace y PCE: punto cinco esquinas

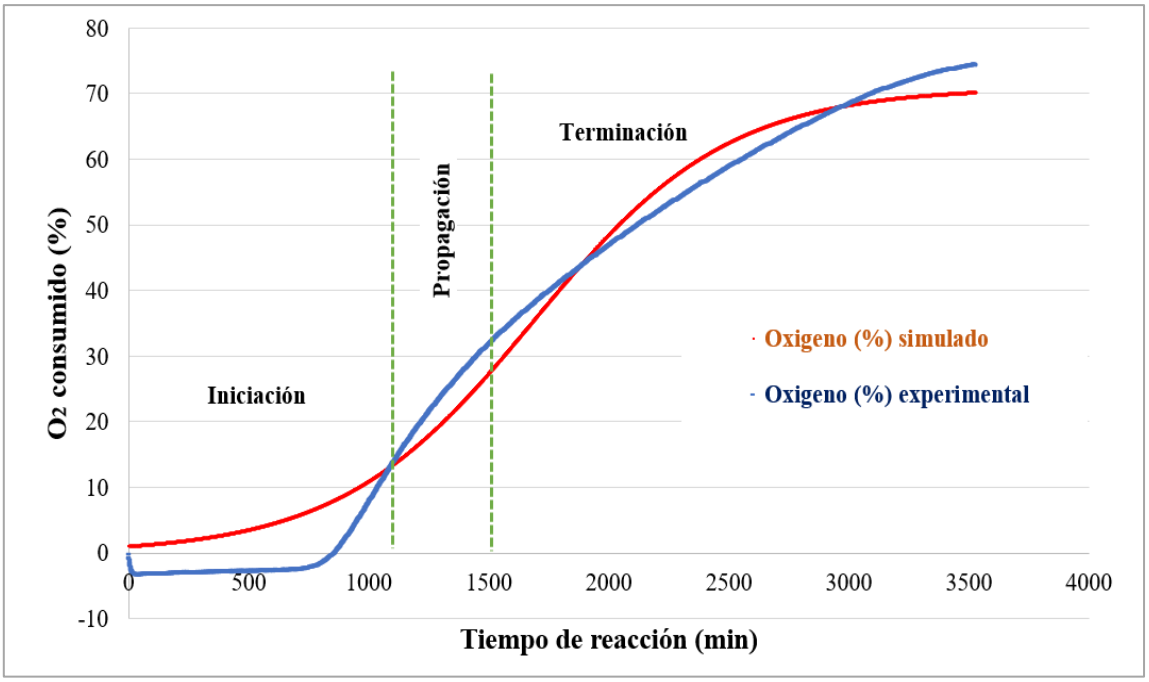
La Figura 19 muestra que a la leche del punto de tienda UNSCH tiene mejor tiempo de conservación a temperaturas de 4° y 10°C y a temperatura de 20°C la leche tiende a deteriorarse con mayor facilidad, sin embargo, la leche del punto de venta cinco esquinas se muestran que a 20°C el tiempo de conservación es mejor que los otros puntos de venta; además se evidencia que la leche del punto de venta puente Enace es la muestra con menor tiempo de conservación.

4.3 Estabilidad oxidativa acelerada de la grasa de leche cruda (mantequilla)

Se evaluó la estabilidad oxidativa acelerada de la leche cruda con el sistema Oxitest después de batirla, donde se establece tanto el tiempo de propagación (tp) como el periodo de inducción (IP) para la leche cruda de los tres puntos de venta.

Figura 20

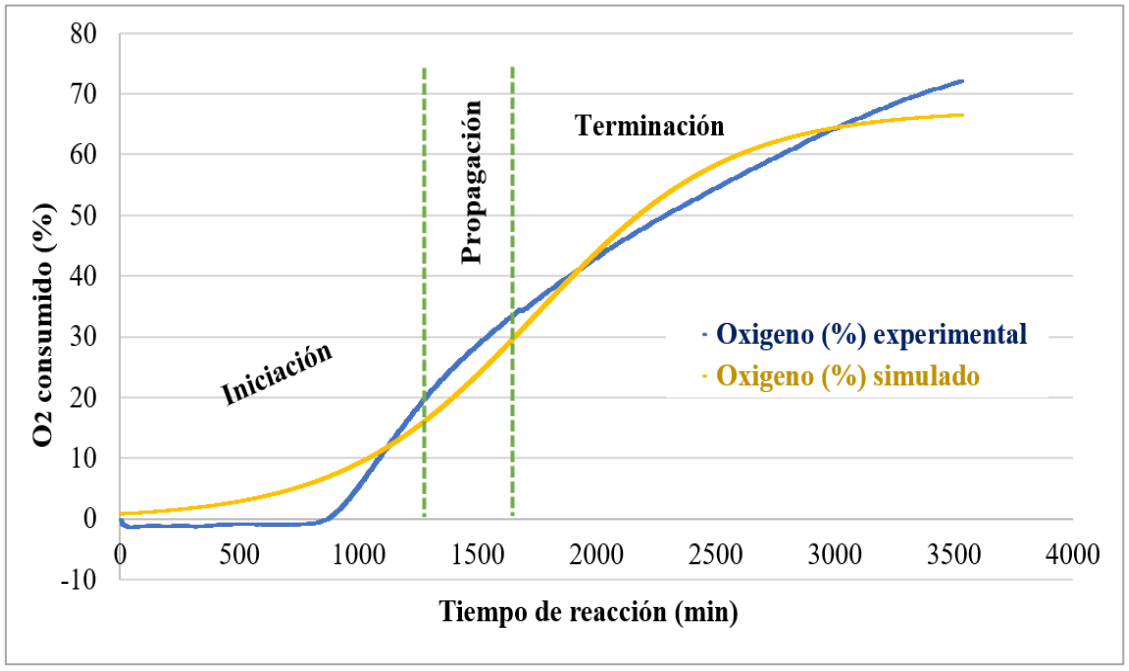
Curva cinética del consumo de oxígeno en función al tiempo de la leche cruda del punto de venta de cinco esquinas a 90°C.



En la Figura 20 se muestra la curva de consumo de oxígeno para la leche cruda adquirida en el punto de venta cinco esquinas el cual muestra las tres fases de la oxidación lipídica de la leche cruda, en la fase de iniciación la leche cruda de este punto culmina en el minuto 1005 equivalente a (16,75 horas) es aquí donde la leche cruda aún se mantiene su estabilidad oxidativa, luego pasa a la fase de propagación donde inicia

en el minuto 1006 hasta el minuto 1491 (24,85 horas) y finalmente se observa la fase de terminación que inicia en el minuto 1492 y culmina en el minuto 3528 (58,8 horas).

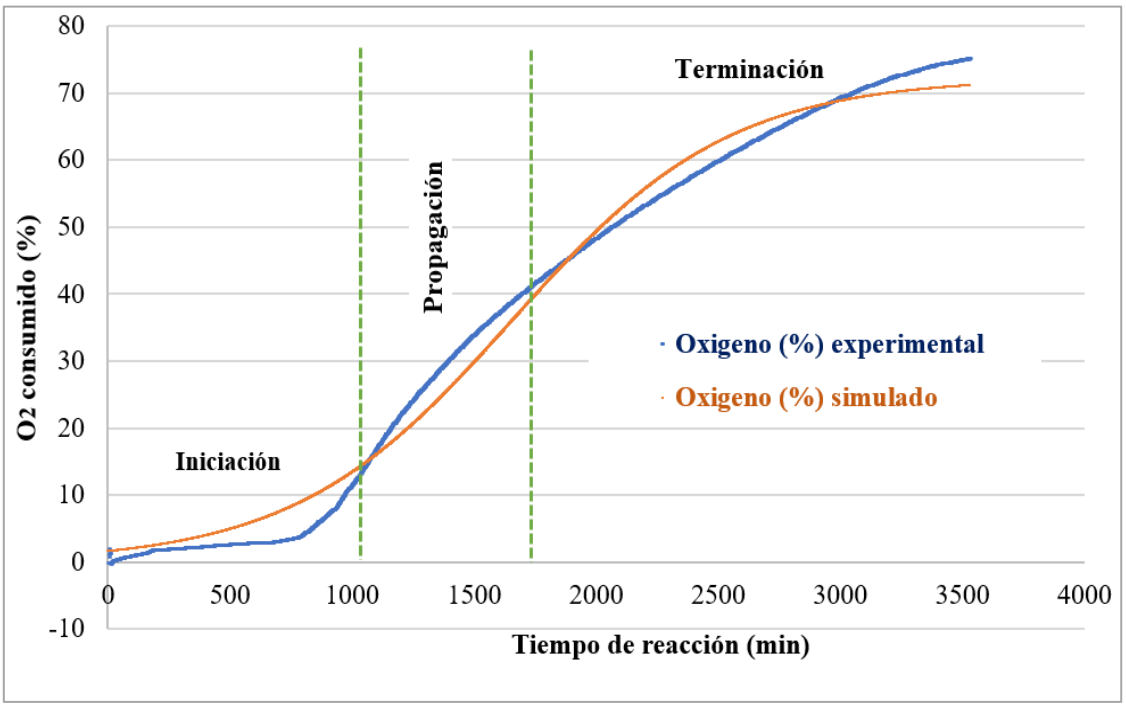
Figura 21
Curva cinética del consumo de oxígeno en función al tiempo de la leche cruda del punto de venta de tienda UNSCH a 90°C



Se observa en la Figura 21 la curva de consumo de oxígeno para la leche cruda adquirida en el punto de venta tienda UNSCH mostrando las fases de oxidación lipídica de la leche cruda, en la fase de iniciación la leche cruda de este punto culmina en el minuto 1047 (17,45 horas) continuando la fase de propagación hasta el minuto 1501 (25 horas) y finalmente la última fase de terminación en el minuto 3528 (58,8 horas). Entonces la estabilidad oxidativa de la leche de este punto de venta tiene 17 horas.

Figura 22

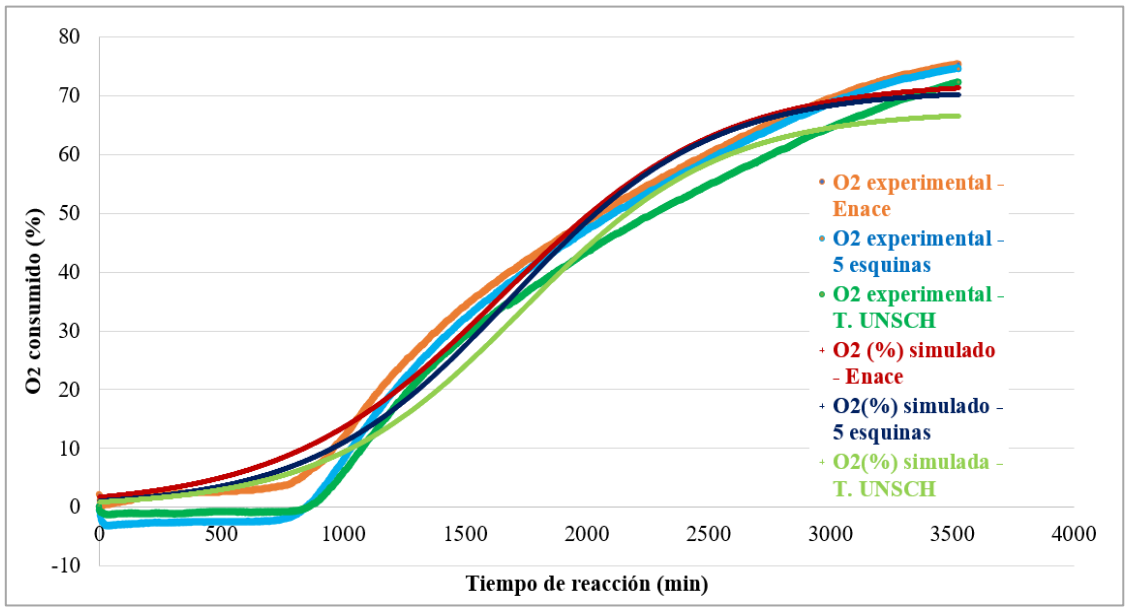
Curva cinética del consumo de oxígeno en función al tiempo de la leche cruda del punto de venta puente Enace a 90°C



La Figura 22 muestra la curva de consumo de oxígeno para la leche cruda adquirida en el punto de venta puente Enace, la fase de iniciación de la leche cruda culmina en el minuto 1047 (17,45 horas) continuando con la fase propagación donde inicia en el minuto 1048 hasta el minuto 1501 equivalente a (25 horas) y finalmente la última fase de terminación culmina en el minuto 3528 (58,8 horas), entonces la leche de este punto de venta tiene una estabilidad oxidativa de 17 horas.

Figura 23

Comparación de curva cinética del consumo de oxígeno en función al tiempo de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho



En la Figura 23 se muestra las curvas cinéticas de consumo de oxígeno (O_2), obtenidas durante el proceso de oxidación, en la fase inicial se observa un consumo relativamente bajo de oxígeno con un tiempo aproximado de entre 0 a 1000 minutos lo que indica que las muestras conservan su estabilidad y ocurre una reacción oxidativa relativamente lenta y la formación de radicales libres es aún limitada en esta fase. Sin embargo, en un tiempo aproximado entre 1000 – 1200 minutos se observa un incremento pronunciado de las curvas correspondientes a la fase de propagación es aquí donde ocurre una aceleración significativa de las reacciones oxidativas en donde se forma una cantidad considerable de hidroperóxidos y radicales es por ello que el consumo rápido de oxígeno es más agresivo. Así mismo las ligeras variaciones observadas en la forma sigmoidal (simulada) de las curvas surgieron que cada una de las curvas muestra una

dinámica oxidativa particular; Domínguez et al. (2019) indica que la oxidación de los lípidos es un proceso muy complejo y lo principal es la oxidación atmosférica; en la figura se observa que la leche cruda que se comercializa en el punto de venta de tienda UNSCH presenta mejor estabilidad oxidativa en función a las otras dos muestras, Farhoosh (2021a); menciona que la oxidación lipídica afecta la calidad nutricional del producto y la reacción se produce en tres fases sucesivas y los hidroperóxidos lipídicos son intermedios inestables que descomponen fácilmente el alimento. Las curvas cinéticas experimentales del punto de venta puente Enace y el punto de venta cinco esquinas tienen una ligera variación de estabilidad oxidativa.

Tabla 8

Parámetros resultantes de las funciones experimentales y sigmoidales ajustadas a las curvas cinéticas de consumo de oxígeno obtenidas mediante prueba de Oxitest durante la oxidación lipídica de la leche cruda a 90°C con presión 6 bar.

Parámetros de oxidación	**Punto Cinco esquinas (PCE)**	**Punto Tienda UNSCH (PTU)**	**Punto Puente Enace (PE)**
Fase de iniciación			
IP (min)	1005	1047	929
k_{IP} (% de O_2 consumido min^{-1})	5,60E-03	4,70E-03	7,30E-03
Oi (% de O_2 consumido^{-1} min^2)	1,79469E+05	2,23E+05	1,27E+05
O_2 consumido $_{IP}$ (%)	6,713	5,829	8,520
Fase de propagación			
t_p (min)	1491,028	1501,189	1618,340
R_{max} (% de O_2 consumido min^{-1})	4,383E-02	4,163E-02	4,054E-02
O_2 consumido máx. (%)	7,10E+01	6,74E+01	7,24E+01
R_n (min^{-1})	6,175E-04	6,175E-04	5,600E-04
k_c (min^{-1})	2,47E-03± 2,00402E-5	2,47E-03± 2,23569E-5	2,24E-03± 1,43611E-5
K_d (% de O_2 consumido^{-1}/min)	3,48E-05± 3,37668E-7	3,66E-05±3,99228E-7	3,09E-05± 2,40278E-7
C	-2469,92042± 36,2045	-2396,59494± 40,10273	-2980,51044± 31.66868
Reduced Chi-Sqr	11,25127	12,48945	7,19732
R-Square (COD)	0,98499	0,98194	0,98982
Adj. R-Square	0,98498	0,98193	0,98982

La tabla 8 muestra las dos principales fases de la etapa de la oxidación lipídica, iniciación y propagación; el periodo de inducción (IP) se encuentra relacionado con la primera fase (fase de iniciación) y representa el tiempo de inicio de oxidación acelerada de lípidos de la leche, así como menciona Albrecht et al. (2025) que al realizar la prueba de Oxitest el cual mide la presión en la zona de oxidación provoca el consumo de oxígeno de la muestra y la respuesta es el periodo de inducción. Entre las tres muestras evaluadas, el punto de venta tienda UNSCH presenta el mayor periodo de inducción (IP = 17,45 h) acompañado de una menor constante cinética de la fase de iniciación (k_{ip} = 0,0047), lo que evidencia una mayor estabilidad oxidativa y una velocidad de oxidación relativamente más lenta lo que refleja una mejor resistencia al deterioro lipídico y en consecuencia una mayor capacidad de conservación de las grasas presentes en la grasa de la leche; la muestra del punto de venta cinco esquinas presentó un periodo de inducción (IP = 16,75 h) y una constante cinética de la fase de iniciación de k_{ip} (0,0056) el cual indica una estabilidad oxidativa intermedia, por otro lado la muestra del punto de venta puente Enace registra un periodo de inducción (IP = 15,48 h) y con un mayor valor de k_{ip} (0,0073) lo que evidencia una menor resistencia oxidativa; Vilca et al. (2022b), indica que la fase de iniciación se caracteriza por el IP y el k_{IP} muestran el consumo de oxígeno y el parámetro de oxidabilidad; Caruso et al. (2017a) menciona que la oxidación lipídica es vista como la causa principal de la degradación de los alimentos ya que este proceso genera sabores y olores desagradables que perjudican la aceptabilidad de los consumidores además de afectar la calidad nutricional.

Respecto a la fase de propagación la tabla muestra que en el punto de venta de puente Enace el tp: tiempo de propagación es (26,97 h); en el punto de venta tienda

UNSCH el tp: tiempo de propagación es (25,01 h) y en el punto de venta de cinco esquinas el tp: tiempo de propagación resultó 24,85 h de acuerdo a lo indicado por Farhoosh (2021a) estos resultados permiten diferenciar los tipos de grasa de la leche cruda; en esta segunda fase Vilca et al. (2022b), menciona que es una medida de la velocidad de formación de hidroperóxido o de consumo de oxígeno en el sistema Oxitest; para el punto de venta de puente Enace la velocidad máxima de consumo de oxígeno (Rmáx) fue 0,00405 el cual presentó el menor valor generando una oxidación menos agresiva sin embargo en el punto de venta de cinco esquinas la velocidad máxima de consumo de oxígeno (Rmáx) resultó 0,00483 lo que indica un deterioro ligeramente más intenso; además Vilca et al. (2022b) indica que la formación de hiperoxido o consumo de oxígeno supera a la descomposición y la (constante cinética de propagación kc debe ser mayor a la constante de descomposición kd), la tabla 8 muestra que los tres puntos de venta evaluados cumplen con lo indicado por el autor; en el punto de venta puente Enace (kc=2,24E-03 mayor a kd=3,09E-05); en el punto de venta cinco esquinas (kc=2,47E-03 mayor que kd=3,48E-05) y en el punto de venta tienda UNSCH (kc=2,47E-03 mayor a kd=3,66E-05), sobre el coeficiente de determinación (R.squere R^2) en las tres muestras evaluadas son cercanos a 1,00 lo que indica que el modelo matemático describe adecuadamente el comportamiento de oxidación lipídica de la leche cruda que se evaluó en el distrito de Ayacucho, Caruso et al. (2017) indica que el Oxitest es una herramienta innovadora y con potencial para supervisar la estabilidad de la oxidación de diversos productos y conocer el tiempo de vida útil.

CONCLUSIONES

1. La leche cruda procedente de los tres puntos de venta cumplen con los estándares de calidad composicional establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 202.001:2016, encontrándose dentro de los límites permisibles para los parámetros evaluados.

2. La variación de pH permitió establecer diferencias en el tiempo de conservación de la leche cruda según el punto de venta y la temperatura de almacenamiento. A 4°C y 10°C, la leche del punto de venta tienda UNSCH presentó los mayores tiempos de conservación, con 21 y 17 horas, respectivamente; mientras que, a 20°C la leche del punto de venta Cinco Esquinas alcanzó el mayor tiempo de conservación, con 13 horas.

3. La estabilidad lipídica de la leche cruda en el punto de venta tienda UNSCH presentó la mejor estabilidad oxidativa, se evidenció un mayor periodo de inducción (IP = 1047 min) y un mayor tiempo en la fase de propagación (tp = 1501 minutos).

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar más pruebas con el método de Oxitest en la leche cruda aplicando diferentes temperaturas y diferentes presiones.

- ✓ Realizar estudio de la cinética de deterioro de leche cruda y modelar la vida útil predictiva mediante curvas de pH y parámetros de oxidación obtenidas con método Oxitest.

- ✓ Se recomienda calcular la energía de atomización para luego determinar cuan sensible es a la variación de temperatura y la oxidación lipídica.

- ✓ Se recomienda realizar la comparación de diferentes porcentajes de lípidos insaturados en la leche cruda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abril Torres, A. F., & Pillco Orozco, V. E. (2013). *Calidad fisicoquímica de la leche cruda que ingresa a la ciudad de Cuenca, para su comercialización*. http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4825

Alais, Charles. (1988). *Ciencia de la Leche. Principios de Tecnica Lechera (A. Lacasa Godina, Tran.)*. Compañía Editorial Continental, 1–594.

Alberto, C., & Novoa, B. (2017). Investigación cuantitativa. http://www.areandina.edu.co

Albrecht-Ruiz, M., Vito-Villa, J., Cueva Martínez, P., & Salas-Maldonado, A. (2025). *OXITEST as a Screening Method to Evaluate Antioxidant Agents: A Study of Oxidative Stability of Fishmeal. International Journal of Food Science, 2025(1).* https://doi.org/10.1155/IJFO/5537919

Alfaro Rodriguez; Hurtarte Rodriguez y Valle Hernandez. (2014). *Implementación de un manual de ordeño higiénico en dos establecimientos lecheros y evaluación de su efectividad mediante análisis microbiológico en el departamento de Sonsonate, El Salvador*. https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/1a4ac87b-4c5d-4835-9ea7-e1207c457b4b/download

Andres, P., Malhory Stefanny, M., Ing Alimentos, E., Jairo Andrés, T., Mvz, E., & Andrés, F. (2014). *Factores inherentes a la calidad de la leche en la agroindustria alimentaria*. In Rev. Colombiana cienc. Anim (Vol. 6, Number 1).

Aydogdu, T., O'Mahony, J. A., & McCarthy, N. A. (2023). *pH, the Fundamentals for Milk and Dairy Processing*: A Review. In Dairy (Vol. 4, Number 3, pp. 395–409). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/dairy4030026

Cáceres Meza, F. P., Grados Díaz, V. M., & Ruiz Otaegui, D. A. (2017). *Implementar una empresa de elaboración de leche fresca y pura ultra pasteurizada y su comercialización a domicilio en 5 distritos de lima norte*. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621635/Trabajo%20de%20Investigaci%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cañar-Ramos, S., García-Montes, Y., Aldas-Morejón, J., Revilla-Escobar, K., Caicedo-Álvarez, E., & Arguello-Cedeño, J. (2024). *Determinación de la calidad fisicoquímica e higiénico sanitaria de leche cruda considerando distintos sistemas de ordeño y tipos de alimentación*. Revista Peruana de Investigación Agropecuaria. https://doi.org/10.56926/repia.v3i1.53

Caruso, M. C., Galgano, F., Colangelo, M. A., Condelli, N., Scarpa, T., Tolve, R., & Favati, F. (2017a). Evaluation of the oxidative stability of bakery products by OXITEST method and sensory analysis. European Food Research and Technology, 243(7), 1183–1191. https://doi.org/10.1007/s00217-016-2831-9

Caruso, M. C., Galgano, F., Colangelo, M. A., Condelli, N., Scarpa, T., Tolve, R., & Favati, F. (2017b). *Evaluación de la estabilidad oxidativa de los productos de panadería mediante el método Oxitest y el análisis sensorial*, 243(7), 1183–1191. https://doi.org/10.1007/s00217-016-2831-9

Castañeda-Ruelas, G. M., Haros-Ramos, M. C., Perales-Sánchez, J. X. K., Durán-Pérez, S. A., Fierros-Pérez, C. E., Hernández-Díaz, L. de J., Jiménez-Edeza, M., Castañeda-Ruelas, G. M., Haros-Ramos, M. C., Perales-Sánchez, J. X. K., Durán-Pérez, S. A., Fierros-Pérez, C. E., Hernández-Díaz, L. de J., & Jiménez-Edeza, M. (2025). *Calidad microbiológica de la leche cruda de vaca y evaluación de prácticas domésticas para su seguridad y calidad proteica: un estudio de caso*. Biotecnia, 27, e2323. https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V27.2323

Contero, R., Requelme, N., Cachipuendo, C., Acurio, D., Contero, R., Requelme, N., Cachipuendo, C., & Acurio, D. (2021). *calidad de la leche cruda y sistema de pago por calidad en el Ecuador. la granja*. Revista de Ciencias de La Vida, 33(1), 31–43. https://doi.org/10.17163/LGR.N33.2021.03

Cosme Giovanna. (2024). *Calidad de leche cruda y su importancia en el valor de pago en un establo intensivo del Valle de Huaura - Sayán.* https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/9441/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Dávila-Dávila, J. H., Pérez Peña, R. E., Fernández Silva, J. A., Correa-Valencia, N. M., Dávila-Dávila, J. H., Pérez Peña, R. E., Fernández Silva, J. A., & Correa-Valencia, N. M. (2025*). Seguridad alimentaria y prácticas culturales en el autoconsumo de leche bovina: un estudio de caso en un municipio colombiano*. Revista Chilena de Nutrición, 52(2), 48–63. https://doi.org/10.4067/S0717-75182025000200048

De Los Reyes, G., González Cu, R., Molina Sánchez, B., & Coca Vázquez, R. (2010). *Calidad de la leche cruda*. Zona Alta de Veracruz.

Diaz-Uribe, C., Vallejo, W., De la Hoz, T., Florez, J., Muñoz-Acevedo, A., Zarate, X., & Schott, E. (2021). *Theoretical and kinetic study of the singlet oxygen quenching reaction by hesperidin isolated from mandarin (Citrus reticulata) fruit peels.* Chemical Papers 2021 76:1, 76(1), 169–178. https://doi.org/10.1007/S11696-021-01825-2

Ding, R., He, K., Wu, R., Lou, M., Liu, Z., Piao, Y., Liu, X., Mu, Z., & Wu, J. (2024). *Research on the quality deterioration of ultrahigh temperature milk products during shelf life: core microorganisms and related characteristics.* Food Science and Human Wellness, 13(5), 2866–2875. https://doi.org/10.26599/FSHW.2022.9250232

Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2019). *A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products*. Antioxidants 2019, Vol. 8, Page 429, 8(10), 429. https://doi.org/10.3390/ANTIOX8100429

FAO, & OMS. (2011). *Leche y Productos Lácteos*. Segunda edición. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/0ea33d58-0d8a-4992-bc36-f7c222f3906d/content

Farhoosh, R. (2020). *A reconsidered approach providing kinetic parameters and rate constants to analyze the oxidative stability of bulk lipid systems*. Food Chemistry, 327, 127088. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127088

Farhoosh, R. (2021a). *Critical kinetic parameters and rate constants representing lipid peroxidation as affected by temperature.* Food Chemistry, 340. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128137

Farhoosh, R. (2021b). *Critical kinetic parameters and rate constants representing lipid peroxidation as affected by temperature.* Food Chemistry, 340, 128137. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128137

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*. In Nutricion Hospitalaria (Vol. 31, Number 1, pp. 92–101). Grupo Aula Medica S.A. https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8253

Garmendia Martínez, N. D. (2019). *Determinación de parámetros físicos y químicos en leche cruda de ganado bovino de la zona noreste de Nicaragua*. Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua Unan – León.

Ghnimi, S., Budilarto, E., & Kamal-Eldin, A. (2017). *The New Paradigm for Lipid Oxidation and Insights to Microencapsulation of Omega-3 Fatty Acids.* Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16(6), 1206–1218. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12300;journal:journal:15414337

Giovanni, M., Knorr, B., De Desarrollo, G., Rómulo, O., Echeverry, M., De Dirección, R., Milena, A., & Caicedo, L. (2021). *Procedimiento determinación del punto de crioscopia en leches.*

Guevara Contreras, M. (2014). *Evaluación físico - química e higiénica de la producción de leche fresca en el distrito de Sócota, Cutervo, Cajamarca, 2005*. SAGASTEGUIANA, 2(2), 157–164.

Gustavo, L., Merli, F., Nestor, I., & Ricciuti, O. (2009). *Microbiología de la leche*. http://www.edutecne.utn.edu.ar

James, S. J., & James, C. (2010). *The food cold-chain and climate change*. Food Research International, 43(7), 1944–1956. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2010.02.001

Jurado-Gámez, H., Muñoz-Domínguez, L., Quitiaquez-Montenegro, D., Fajardo-Argoti, C., Insuasty-Santácruz, E., Jurado-Gámez, H., Muñoz-Domínguez, L., Quitiaquez-Montenegro, D., Fajardo-Argoti, C., & Insuasty-Santácruz, E. (2019). *Evaluación de la calidad composicional, microbiológica y sanitaria de la leche cruda en el segundo tercio de lactancia en vacas lecheras*. Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 66(1), 53–66. https://doi.org/10.15446/RFMVZ.V66N1.79402

Kousta, M., Mataragas, M., Skandamis, P., & Drosinos, E. H. (2010). *Prevalence and sources of cheese contamination with pathogens at farm and processing levels*. Food Control, 21(6), 805–815. https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2009.11.015

Kumar Sharma, S., & Pal Singh Oberoi, D. (2026). *Assessment of physicochemical, microbiological, and quality characteristics of raw standardized milk in*

northern parts of India. Journal of Dairy Science, 109, 2122–2130. https://doi.org/10.3168/jds.2025-27071

Lazar C. D; Gavan C; Motorga V. (2015). *Study on accelerated shelf - life testing of UHT cow milk.* https://anle.agro-craiva.ro>article

Liang, X., Cheng, J., Sun, J., Yang, M., Luo, X., Yang, H., Wu, J., Wang, Z., Yue, X., & Zheng, Y. (2021). *Reduction of immunoreactivity and improvement of the nutritional qualities in cow milk products by enzymatic hydrolysis.* LWT, 150. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111994

Loffi, C., Cavanna, D., Sammarco, G., Catellani, D., Dall'Asta, C., & Suman, M. (2021). *Non-targeted high-resolution mass spectrometry study for evaluation of milk freshness.* Journal of Dairy Science, 104(12), 12286–12294. https://doi.org/10.3168/JDS.2021-20285

Mariscal, P. C. A., Ibáñez, R. A., & Gutiérrez, M. F. D. (2013). *Revista Científica Agrociencias Amazonía.* Revista Científica Agrociencias Amazonía, 18. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=&lng=es&nrm=iso&tlng=

Marković, Z. S., & Milenković, D. A. (2020). *Different theoretical approaches in the study of antioxidative mechanisms*. Computational Modeling in Bioengineering and Bioinformatics, 211–256. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819583-3.00007-2

Martínez Vasallo, A., Villoch Cambas, A., Ribot Enriquez, A., Montes de Oca, N., Riverón Alemán, Y., & Ponce Ceballo, P. (2015). *Calidad e inocuidad en la leche cruda de una cadena de producción de una provincia occidental de Cuba*. Revista de Salud Animal, 37(2), 79–85. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253

Martínez Vasallo, A., Villoch Cambas, A., Ribot Enríquez, A., & Ponce Ceballo, P. (2014). *Diagnóstico de Buenas Prácticas Lecheras en una cooperativa de producción.* Revista de Salud Animal, 36(1), 14–18. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X201400010

Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., & Uysal, I. (2017). *Time–Temperature Management Along the Food Cold Chain: A Review of Recent Developments.* Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16(4), 647–667. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12269;journal:journal:15414337

MIDAGRI. (2005). *Aspectos Nutricionales y Tecnológicos de la leche*. https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/7AE7E7AB111562710525797D00789424/%24FILE/Aspectosnutricionalesytecnol%C3%B3gicosdelaleche.pdf

Morales Pávez, R., & Subiabre Riveros, I. (2014). *Desarrollo de una línea base para la potencial generación de productos lácteos diferenciados y protocolos de producción de leche y derivados de alto valor nutricional.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Remehue. https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/31891

Mukesh, M., Swami, S., Bhakhri, G., Chaudhary, V., Sharma, V., Goyal, N., Vivek, P., Dalal, V., Mohanty, A. K., Kataria, R. S., Kumari, P., Niranjan, S. K., & Sodhi, M. (2022). *Demographic pattern of A1/A2 beta casein variants indicates conservation of A2 type haplotype across native cattle breeds (Bos indicus) of India*. 3 Biotech, 12(8). https://doi.org/10.1007/S13205-022-03232-0

NTP 202.001, N. T. P. (2016). Norma Técnica Peruana - NTP 202.001:2016 *Leche y productos lácteos.* Leche cruda. Requisitos 6ª Edición.

O'Connell, A., Ruegg, P. L., Jordan, K., O'Brien, B., & Gleeson, D. (2016). *The effect of storage temperature and duration on the microbial quality of bulk tank milk.* Journal of Dairy Science, 99(5), 3367–3374. https://doi.org/10.3168/JDS.2015-10495

Oliszewski, R.; C. J. C.; M. C. F. (2016). *Caracterización composicional, físico-química y microbiológica de leche de vaca de la cuenca de trancas*. In Revista Argentina de Producción Animal (Vol. 36).

Oliver, S. P., Jayarao, B. M., & Almeida, R. A. (2005). *Foodborne pathogens in milk and the dairy farm environment:* food safety and public health implications. Foodborne Pathogens and Disease, 2(2), 115–129. https://doi.org/10.1089/FPD.2005.2.115

Poghossian, A., Geissler, H., & Schöning, M. J. (2019). *Rapid methods and sensors for milk quality monitoring and spoilage detection*. Biosensors and Bioelectronics, 140, 111272. https://doi.org/10.1016/J.BIOS.2019.04.040

Quispe Alanya Driedy. (2024). *Calidad e inocuidad de la leche cruda producida en el centro poblado de Chanquil - Los Morochucos, acopiada y comercializada en Ayacucho* [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/21115918-0e45-4287-99ee-f785e4c77fa6/content

Rodiles López José Octavio; Trujillo Aguirre Rosa Maria; Zamora Vega Rafael. (2022). *La leche y los derivados lácteos.* https://www.milenaria.umich.mx/ojs/index.php/milenaria/

Romeo, R., De Bruno, A., Imeneo, V., Piscopo, A., & Poiana, M. (2020*). Impact of Stability of Enriched Oil with Phenolic Extract from Olive Mill Wastewaters*. Foods, 9(7), 856. https://doi.org/10.3390/foods9070856

Romero, A., Sharp, J. L., Dawson, P. L., Darby, D., & Cooksey, K. (2021). *Evaluation of two intelligent packaging prototypes with a pH indicator to determine spoilage of cow milk*. Food Packaging and Shelf Life, 30, 100720. https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2021.100720

Ruiz, A. K. G. D. P. J. (2012). *Situación de la mastitis bovina en Cuba (Situation of bovine mastitis in Cuba)*. http://www.veterinaria.org/revistas/redvet2012volumen13nº12

Salas-Salvadó, J., Babio, N., Juárez-Iglesias, M., Picó, C., Ros, E., & Moreno Aznar, L. A. (2018). *Importancia de los alimentos lácteos en la salud cardiovascular: ¿enteros o desnatados? Nutrición Hospitalaria*, 35(6), 1479. https://doi.org/10.20960/nh.2353

Simic, M. G., & Taylor, K. A. (1988). *Introduction to Peroxidation and Antioxidation* Mechanisms. Basic Life Sciences, 49, 1–10. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-5568-7_1

Suárez, G. J., Pomarez, J. V., Rangel, A. C., Rodríguez, V. R., Angulo, L. M., & Garay, O. V. (2016*). Calidad de la leche cruda en el noroeste de Colombia*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 29(3), 210–217. https://doi.org/10.17533/UDEA.RCCP.325013

Torres Neira, L. O., González Torres, O. Y., Pérez Rubiano, C. C., Martínez Martinez, I. M., Nausa Patiño, D. Y., & Mora Parada, M. J. (2020). *Evaluación de la calidad fisicoquímica, higiénica y microbiológica de la leche en un centro de acopio en Boyacá – Colombia:* Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias, 30(2), 75–81. https://produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/cientifica/article/view/35549/37721

Tripathy, S., Reddy, M. S., Vanjari, S. R. K., Jana, S., & Singh, S. G. (2018). *A Step Towards Miniaturized Milk Adulteration Detection System: Smartphone-Based Accurate pH Sensing Using Electrospun Halochromic Nanofibers.* Food Analytical Methods 2018 12:2, 12(2), 612–624. https://doi.org/10.1007/s12161-018-1391-y

Upton, J., Humphreys, J., Groot Koerkamp, P. W. G., French, P., Dillon, P., & De Boer, I. J. M. (2013). *Energy demand on dairy farms in Ireland*. Journal of Dairy Science, 96(10), 6489–6498. https://doi.org/10.3168/JDS.2013-6874

Valenzuela, H. (2017). *Estudio de la prevalencia del mal de altura en ganado vacuno de la raza Brown swiss, de la Sierra Central de Perú*, abril 2017. Ciencia y Desarrollo, 20(2), 17. https://doi.org/10.21503/CYD.V20I2.1482

Vargas, T. (2011). *Calidad de la leche*: Visión de la industria láctea.

Vásquez Castillo, K. K. (2018). *Caracterización Fisicoquímica y Organoléptica de leche entera ultrapasteurizada (UHT) procesadas en las empresas lácteas establecidas en Nicaragua*. Laboratorio de Fisicoquímica de Lácteos Centroamericanos, enero - mayo 2017. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Vilca, R., Espinoza-Silva, C., Alfaro-Cruz, S., Ponce-Ramírez, J. C., Quispe-Neyra, J., Alvarado-Zambrano, F., Cortés-Avendaño, P., & Condezo-Hoyos, L. (2022). *Hass and Fuerte avocado (Persea americana sp.) oils extracted by supercritical carbon dioxide: Bioactive compounds, fatty acid content, antioxidant capacity and oxidative stability*. The Journal of Supercritical Fluids, 190, 105750. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2022.105750

Villar, F. A., Estremadoyro, L. G., Pantoja Esquivel, R., Sánchez, N. M., Unchupaico Payano, I., Huamán De La Cruz, A., Villar, F. A., Estremadoyro, L. G., Pantoja Esquivel, R., Sánchez, N. M., Unchupaico Payano, I., & Huamán De La Cruz, A. (2025). *Evaluación de la calidad fisicoquímica, microbiana e higiénica de la leche de vaca producida por rebaños en los Andes peruanos.* LA GRANJA. Revista de Ciencias de La Vida, 41(1), 127–139. https://doi.org/10.17163/LGR.N41.2025.08

Wang, D., Xiao, H., Lyu, X., Chen, H., & Wei, F. (2023). *Lipid oxidation in food science and nutritional health: A comprehensive review*. In Oil Crop Science (Vol. 8, Number 1, pp. 35–44). KeAi Communications Co. https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.02.002

Waraho, T., Mcclements, D. J., & Decker, E. A. (2011). *Mechanisms of lipid oxidation in food dispersions.* Trends in Food Science & Technology, 22(1), 3–13. https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2010.11.003

Yang, M., Song, D., Cao, X., Wu, R., Liu, B., Ye, W., Wu, J., & Yue, X. (2017). *Comparative proteomic analysis of milk-derived exosomes in human and bovine colostrum and mature milk samples by iTRAQ-coupled LC-MS/MS.* Food Research International, 92, 17–25. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2016.11.041

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de resultados fisicoquímicos evaluados con Milkotester en el punto de venta tienda UNSCH

Día	N°	Grasa (%)	Solidos no grasos (%)	Densidad (°L)	Punto de congelación (°C)	Agua adicionada (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Sales minerales (m^2/cm)
Lunes	M1	4,0	9,0	30,4	-0,574	0,0	3,2	4,9	0,7
	M2	3,9	8,9	30,2	-0,569	0,0	3,2	4,8	0,7
	M3	4,0	9,0	30,4	-0,574	0,0	3,2	4,9	0,7
	M4	3,9	8,9	30,2	-0,569	0,0	3,2	4,8	0,7
	M5	4,0	9,0	30,4	-0,574	0,0	3,2	4,9	0,7
	M6	4,0	9,0	30,4	-0,574	0,0	3,2	4,9	0,7
Martes	M1	3,9	9,0	30,1	-0,569	0,0	3,3	4,9	0,7
	M2	3,9	9,0	30,1	-0,570	0,0	3,2	5,0	0,7
	M3	4,0	8,8	30,2	-0,569	0,0	3,3	4,9	0,7
	M4	4,0	8,8	30,2	-0,569	0,0	3,3	4,9	0,7
	M5	3,9	9,0	30,1	-0,569	0,0	3,3	4,9	0,7
	M6	3,9	9,0	30,1	-0,570	0,0	3,2	5,0	0,7
Miércoles	M1	3,7	9,2	31,4	-0,590	0,0	3,3	5,0	0,7
	M2	3,7	9,2	31,3	-0,586	0,0	3,3	5,0	0,7
	M3	3,7	9,2	31,4	-0,590	0,0	3,3	5,0	0,7
	M4	3,7	9,2	31,4	-0,590	0,0	3,3	5,0	0,7
	M5	3,7	9,2	31,3	-0,586	0,0	3,3	5,0	0,7
	M6	3,7	9,2	31,4	-0,590	0,0	3,3	5,0	0,7
Jueves	M1	3,7	8,9	30,7	-0,571	0,0	3,3	5,0	0,7
	M2	3,9	8,9	30,8	-0,573	0,0	3,4	4,9	0,7
	M3	3,9	9,1	30,7	-0,575	0,0	3,3	5,0	0,7
	M4	3,9	8,9	30,8	-0,573	0,0	3,4	4,9	0,7
	M5	3,7	8,9	30,7	-0,571	0,0	3,3	5,0	0,7
	M6	3,9	9,1	30,7	-0,575	0,0	3,3	5,0	0,7
Viernes	M1	4,0	9,0	31,1	-0,572	0,0	3,2	4,8	0,7
	M2	4,0	9,1	31,2	-0,574	0,0	3,2	4,9	0,7
	M3	3,9	9,1	31,2	-0,573	0,0	3,3	4,9	0,7
	M4	4,0	9,0	31,1	-0,572	0,0	3,2	4,8	0,7
	M5	4,0	9,1	31,2	-0,574	0,0	3,2	4,9	0,7
	M6	3,9	9,1	31,2	-0,573	0,0	3,3	4,9	0,7
Promedio		**3,9**	**9,0**	**30,7**	**-0,6**	**0,0**	**3,3**	**4,9**	**0,7**

Anexo 2: Tabla de resultados fisicoquímicos evaluados con Milkotester en el punto de venta puente Enace.

Día	N°	Grasa (%)	Solidos no grasos (%)	Densidad (°L)	Punto de congelación (°C)	Agua adicionada (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Sales minerales (m^2/cm)
Lunes	M1	3,2	8,7	29,8	-0,548	0,0	3,1	4,7	0,7
	M2	3,6	8,7	29,6	-0,552	0,0	3,1	4,7	0,7
	M3	3,7	8,8	29,7	-0,556	0,0	3,1	4,7	0,7
	M4	3,6	8,7	29,6	-0,552	0,0	3,1	4,7	0,7
	M5	3,7	8,8	29,7	-0,556	0,0	3,1	4,7	0,7
	M6	3,2	8,7	29,8	-0,548	0,0	3,1	4,7	0,7
Martes	M1	3,4	8,8	29,5	-0,555	0,0	3	4,6	0,7
	M2	3,3	8,6	29,6	-0,55	0,0	3,1	4,6	0,7
	M3	3,4	8,8	29,7	-0,557	0,0	3,1	4,7	0,7
	M4	3,4	8,8	29,5	-0,555	0,0	3	4,6	0,7
	M5	3,3	8,6	29,6	-0,55	0,0	3,1	4,6	0,7
	M6	3,4	8,8	29,7	-0,557	0,0	3,1	4,7	0,7
Miércoles	M1	3,4	8,8	29,8	-0,557	0,0	3,2	4,5	0,7
	M2	3,4	8,7	29,7	-0,556	0,0	3,1	4,6	0,7
	M3	3,4	8,7	29,8	-0,557	0,0	3,2	4,6	0,7
	M4	3,4	8,7	29,8	-0,557	0,0	3,2	4,6	0,7
	M5	3,4	8,8	29,8	-0,557	0,0	3,2	4,5	0,7
	M6	3,4	8,7	29,7	-0,556	0,0	3,1	4,6	0,7
Jueves	M1	3,5	8,9	29,7	-0,557	0,0	3,3	4,6	0,7
	M2	3,7	8,7	29,7	-0,558	0,0	3,3	4,7	0,7
	M3	3,5	8,7	29,6	-0,56	0,0	3,3	4,6	0,7
	M4	3,5	8,9	29,7	-0,557	0,0	3,3	4,6	0,7
	M5	3,7	8,7	29,7	-0,558	0,0	3,3	4,7	0,7
	M6	3,5	8,7	29,6	-0,56	0,0	3,3	4,6	0,7
Viernes	M2	3,6	8,8	29,8	-0,554	0,0	3,2	4,7	0,7
	M3	3,8	8,6	29,8	-0,553	0,0	3,1	4,7	0,7
	M1	3,6	8,8	29,8	-0,552	0,0	3,1	4,6	0,7
	M1	3,6	8,8	29,8	-0,552	0,0	3,1	4,6	0,7
	M2	3,6	8,8	29,8	-0,554	0,0	3,2	4,7	0,7
	M3	3,8	8,6	29,8	-0,553	0,0	3,1	4,7	0,7
Promedio		**3,5**	**8,7**	**29,7**	**-0,6**	**0,0**	**3,2**	**4,6**	**0,7**

Anexo 3: Tabla de resultados fisicoquímicos evaluados con Milkotester en el punto de venta cinco esquinas.

Día	N°	Grasa (%)	Solidos no grasos (%)	Densidad (°L)	Punto de congelación (°C)	Agua adicionada (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Sales minerales (m^2/cm)
Lunes	M1	3,2	9,4	32,5	-0,601	0,0	3,4	5,1	0,7
	M2	3,1	9,4	32,6	-0,601	0,0	3,4	5,1	0,7
	M3	3,2	9,5	32,7	-0,603	0,0	3,4	5,1	0,7
	M4	3,2	9,4	32,5	-0,601	0,0	3,4	5,1	0,7
	M5	3,1	9,4	32,6	-0,601	0,0	3,4	5,1	0,7
	M6	3,2	9,5	32,7	-0,603	0,0	3,4	5,1	0,7
Martes	M1	3,2	9,5	31,8	-0,603	0,0	3,4	5,1	0,7
	M2	3,2	9,5	31,9	-0,604	0,0	3,3	5,2	0,7
	M3	3,2	9,3	31,8	-0,602	0,0	3,3	5,0	0,7
	M4	3,2	9,3	31,8	-0,602	0,0	3,3	5,0	0,7
	M5	3,2	9,5	31,8	-0,603	0,0	3,4	5,1	0,7
	M6	3,2	9,5	31,9	-0,604	0,0	3,3	5,2	0,7
Miércoles	M1	3,1	9,4	32,4	-0,604	0,0	3,3	5,1	0,7
	M2	3	9,4	32,5	-0,603	0,0	3,2	5,0	0,7
	M3	3,1	9,3	32,5	-0,603	0,0	3,4	5,1	0,7
	M4	3	9,4	32,5	-0,603	0,0	3,2	5,0	0,7
	M5	3,1	9,3	32,5	-0,603	0,0	3,4	5,1	0,7
	M6	3,1	9,4	32,4	-0,604	0,0	3,3	5,1	0,7
Jueves	M1	3,3	9,4	32,8	-0,602	0,0	3,4	5,2	0,7
	M2	3,3	9,4	32,7	-0,601	0,0	3,3	5,0	0,7
	M3	3,2	9,4	32,7	-0,601	0,0	3,5	5,0	0,7
	M4	3,3	9,4	32,7	-0,601	0,0	3,3	5,0	0,7
	M5	3,2	9,4	32,7	-0,601	0,0	3,5	5,0	0,7
	M6	3,3	9,4	32,8	-0,602	0,0	3,4	5,2	0,7
Viernes	M1	3,1	9,5	32,7	-0,603	0,0	3,4	5,2	0,7
	M2	3,2	9,3	32,7	-0,602	0,0	3,4	5,2	0,7
	M3	3,1	9,5	32,7	-0,603	0,0	3,4	5,2	0,7
	M4	3,2	9,3	32,8	-0,602	0,0	3,3	5,1	0,7
	M5	3,2	9,3	32,7	-0,602	0,0	3,4	5,2	0,7
	M6	3,2	9,3	32,8	-0,602	0,0	3,3	5,1	0,7
Promedio		**3,2**	**9,4**	**32,5**	**-0,60**	**0,0**	**3,4**	**5,1**	**0,7**

Anexo 4*:* Tabla de resultados de evaluación de conservación de leche cruda de tres diferentes puntos de venta.

Tiempo (min)	CINCO ESQUINAS			UNSCH			ENACE		
	20 °C	10 °C	4 °C	20 °C	10 °C	4 °C	20 °C	10 °C	4 °C
0	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
1	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
2	6,61	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
3	6,61	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
4	6,61	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
5	6,61	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
6	6,61	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
7	6,61	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
8	6,61	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
9	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
10	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
11	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
12	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
13	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
14	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
15	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
16	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
17	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
18	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
19	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
20	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
21	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
22	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
23	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
24	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
25	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
26	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
27	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,67	6,65	6,65	6,66
28	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
29	6,60	6,61	6,61	6,67	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
30	6,59	6,61	6,61	6,67	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
31	6,59	6,61	6,61	6,67	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
32	6,59	6,61	6,61	6,67	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
33	6,59	6,61	6,61	6,67	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
34	6,59	6,61	6,61	6,67	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
35	6,59	6,61	6,61	6,66	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
36	6,59	6,61	6,61	6,66	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
37	6,59	6,61	6,61	6,66	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
38	6,59	6,61	6,61	6,66	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
39	6,59	6,61	6,61	6,66	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
40	6,59	6,61	6,61	6,66	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66

Tiempo (min)	CINCO ESQUINAS			UNSCH			ENACE		
	20 °C	10 °C	4 °C	20 °C	10 °C	4 °C	20 °C	10 °C	4 °C
41	6,59	6,61	6,61	6,66	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
42	6,59	6,61	6,61	6,66	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
43	6,59	6,61	6,61	6,66	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
44	6,59	6,61	6,61	6,66	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
45	6,59	6,61	6,61	6,66	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
46	6,59	6,61	6,61	6,66	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
47	6,59	6,61	6,61	6,66	6,67	6,66	6,65	6,65	6,66
48	6,59	6,61	6,61	6,66	6,66	6,66	6,65	6,65	6,66
49	6,59	6,61	6,61	6,66	6,66	6,66	6,65	6,65	6,66
50	6,59	6,61	6,61	6,66	6,66	6,66	6,65	6,65	6,66
51	6,59	6,61	6,61	6,66	6,66	6,66	6,65	6,65	6,66
52	6,59	6,61	6,61	6,66	6,66	6,66	6,65	6,65	6,66
53	6,59	6,61	6,61	6,66	6,66	6,66	6,65	6,65	6,66
54	6,59	6,61	6,61	6,66	6,66	6,66	6,65	6,65	6,66
55	6,59	6,61	6,61	6,66	6,66	6,66	6,65	6,65	6,66
56	6,59	6,61	6,61	6,66	6,66	6,66	6,65	6,65	6,66
57	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,66	6,64	6,65	6,66
58	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,65	6,66
59	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,65	6,66
60	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,65	6,66
61	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,65	6,66
62	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,65	6,66
63	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,65	6,66
64	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,65	6,66
65	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
66	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
67	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
68	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
69	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
70	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
71	6,58	6,61	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
72	6,58	6,60	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
73	6,58	6,60	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
74	6,58	6,60	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
75	6,58	6,60	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
76	6,57	6,60	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
77	6,57	6,60	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
78	6,57	6,60	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
79	6,57	6,60	6,61	6,66	6,66	6,65	6,64	6,64	6,66
80	6,57	6,60	6,61	6,66	6,66	6,65	6,63	6,64	6,66

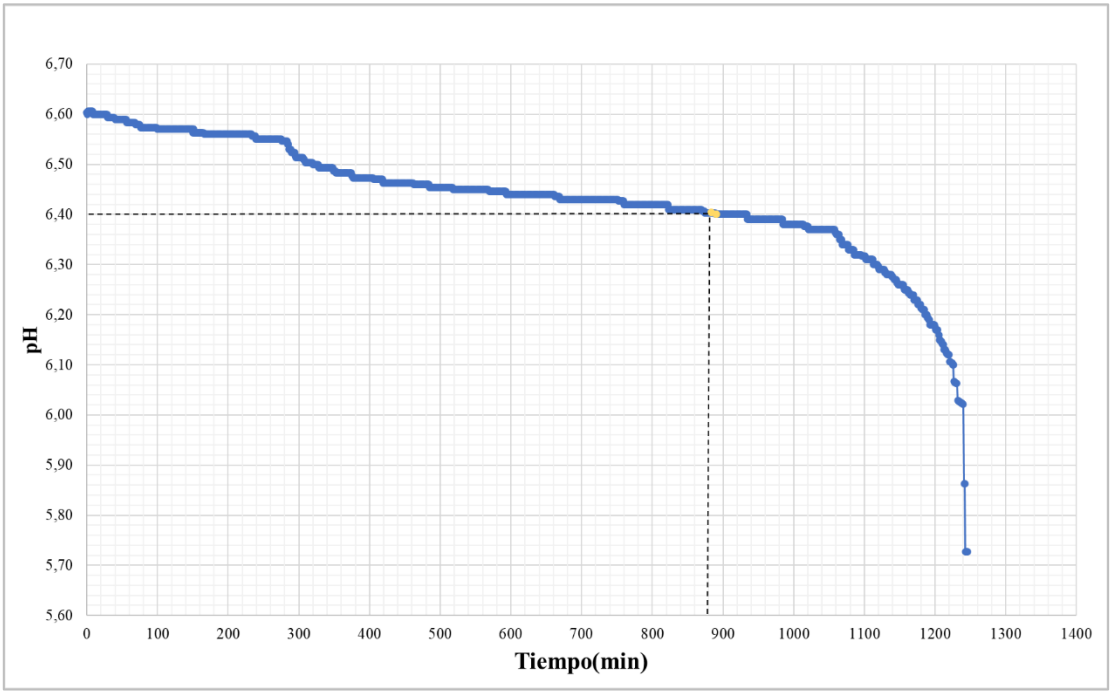
Tiempo (min)	CINCO ESQUINAS			UNSCH			ENACE		
	20 °C	10 °C	4 °C	20 °C	10 °C	4 °C	20 °C	10 °C	4 °C
81	6,57	6,60	6,61	6,66	6,66	6,65	6,63	6,64	6,66
82	6,57	6,60	6,61	6,66	6,66	6,65	6,63	6,64	6,66
83	6,57	6,60	6,61	6,66	6,66	6,65	6,63	6,64	6,66
84	6,57	6,60	6,61	6,65	6,66	6,65	6,63	6,64	6,66
85	6,57	6,60	6,61	6,65	6,66	6,65	6,63	6,64	6,66
86	6,57	6,60	6,61	6,65	6,66	6,65	6,63	6,64	6,66
87	6,57	6,60	6,61	6,65	6,65	6,65	6,63	6,64	6,66
88	6,57	6,60	6,61	6,65	6,65	6,65	6,63	6,64	6,66
89	6,57	6,60	6,61	6,65	6,65	6,65	6,63	6,64	6,66
90	6,57	6,60	6,61	6,65	6,65	6,65	6,63	6,64	6,66
91	6,57	6,60	6,61	6,65	6,65	6,65	6,63	6,64	6,66
92	6,57	6,60	6,61	6,65	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
93	6,57	6,60	6,61	6,65	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
94	6,57	6,60	6,61	6,65	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
95	6,57	6,60	6,61	6,65	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
96	6,57	6,60	6,61	6,65	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
97	6,57	6,60	6,61	6,65	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
98	6,57	6,60	6,61	6,65	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
99	6,57	6,60	6,61	6,65	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
100	6,57	6,60	6,61	6,64	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
101	6,57	6,60	6,61	6,64	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
102	6,57	6,60	6,61	6,64	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
103	6,57	6,60	6,61	6,64	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
104	6,57	6,60	6,61	6,64	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
105	6,57	6,60	6,61	6,64	6,65	6,64	6,63	6,64	6,66
106	6,57	6,60	6,61	6,64	6,65	6,64	6,62	6,64	6,66
107	6,57	6,60	6,61	6,64	6,65	6,64	6,62	6,64	6,66
108	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,64	6,66
109	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,64	6,66
110	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,64	6,66
111	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,64	6,66
112	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,63	6,66
113	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,63	6,66
114	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,63	6,66
115	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,63	6,66
116	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,63	6,66
117	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,63	6,66
118	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,63	6,66
119	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,63	6,66
120	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,63	6,66

Tiempo (min)	CINCO ESQUINAS			UNSCH			ENACE		
	20 °C	10 °C	4 °C	20 °C	10 °C	4 °C	20 °C	10 °C	4 °C
121	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,63	6,66
122	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,64	6,62	6,63	6,66
123	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,63	6,62	6,63	6,66
124	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,63	6,62	6,63	6,66
125	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,63	6,62	6,63	6,66
126	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,63	6,62	6,63	6,66
127	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,63	6,61	6,63	6,66
128	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,63	6,61	6,63	6,66
129	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,63	6,61	6,63	6,66
130	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,63	6,61	6,63	6,66
131	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,63	6,61	6,63	6,66
132	6,57	6,60	6,61	6,64	6,64	6,63	6,61	6,63	6,66
133	6,57	6,60	6,61	6,63	6,64	6,63	6,61	6,63	6,66
134	6,57	6,60	6,61	6,63	6,64	6,63	6,61	6,63	6,66
135	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
136	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
137	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
138	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
139	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
140	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
141	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
142	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
143	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
144	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
145	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
146	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
147	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
148	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
149	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
150	6,56	6,60	6,61	6,63	6,63	6,63	6,61	6,63	6,66
151	6,57	6,60	6,61	6,63	6,63	6,62	6,61	6,63	6,66
152	6,56	6,60	6,61	6,63	6,63	6,62	6,61	6,63	6,66
153	6,56	6,60	6,61	6,63	6,63	6,62	6,61	6,63	6,66
154	6,56	6,60	6,61	6,63	6,63	6,62	6,61	6,63	6,66
155	6,56	6,60	6,61	6,62	6,63	6,62	6,61	6,63	6,66
156	6,56	6,60	6,61	6,62	6,63	6,62	6,60	6,63	6,66
157	6,56	6,60	6,61	6,62	6,63	6,62	6,60	6,63	6,66
158	6,56	6,60	6,61	6,62	6,63	6,62	6,60	6,62	6,66
159	6,56	6,60	6,61	6,62	6,63	6,62	6,60	6,62	6,66
160	6,56	6,60	6,61	6,62	6,63	6,62	6,60	6,62	6,66

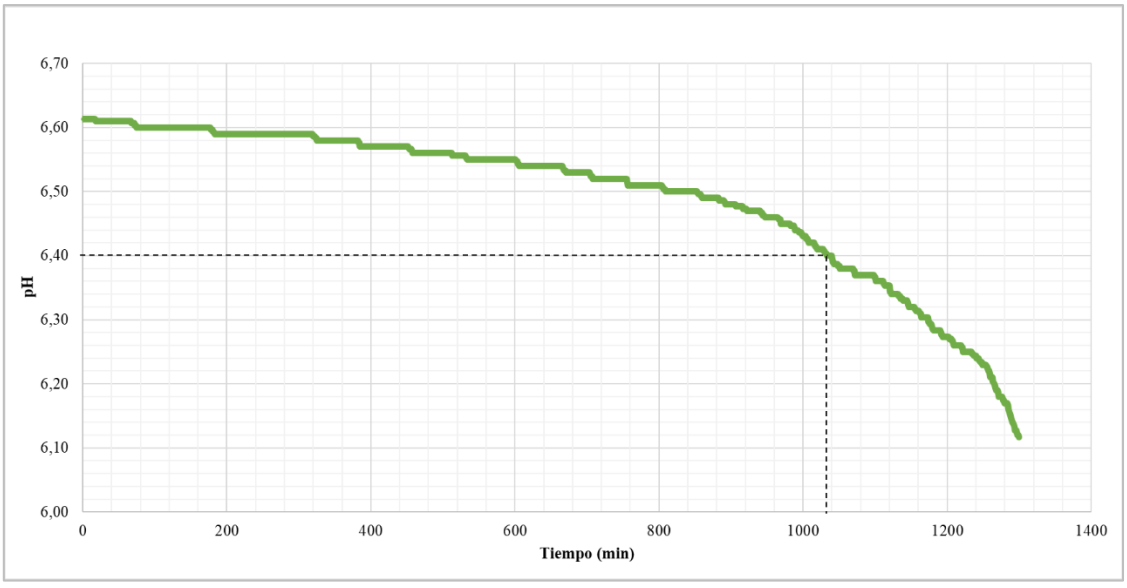
Tiempo (min)	CINCO ESQUINAS			UNSCH			ENACE		
	20 °C	10 °C	4 °C	20 °C	10 °C	4 °C	20 °C	10 °C	4 °C
1221	6,11	6,26	6,41	5,63	6,30	6,42	5,26	6,2	6,32
1222	6,11	6,25	6,41	5,60	6,30	6,42	5,26	6,2	6,32
1223	6,10	6,25	6,41	5,60	6,30	6,42	5,25	6,19	6,32
1224	6,10	6,25	6,41	5,57	6,29	6,42	5,25	6,19	6,32
1225	6,10	6,25	6,41	5,57	6,29	6,42	5,25	6,19	6,32
1226	6,10	6,25	6,41	5,57	6,29	6,42	5,25	6,19	6,32
1227	6,07	6,25	6,41	5,53	6,29	6,42	5,22	6,19	6,32
1228	6,07	6,25	6,41	5,53	6,29	6,42	5,22	6,19	6,32
1229	6,06	6,25	6,41	5,53	6,29	6,42	5,22	6,19	6,31
1230	6,06	6,25	6,41	5,53	6,29	6,42	5,22	6,19	6,31
1231	6,06	6,25	6,41	5,53	6,29	6,42	5,21	6,19	6,31
1232	6,03	6,25	6,41	5,53	6,29	6,42	5,21	6,19	6,31
1233	6,03	6,25	6,41	5,53	6,29	6,41	5,21	6,19	6,31
1234	6,03	6,25	6,41	5,50	6,28	6,41	5,21	6,19	6,31
1235	6,03	6,25	6,41	5,50	6,28	6,41	5,20	6,19	6,31
1236	6,03	6,25	6,41	5,47	6,28	6,41	5,20	6,18	6,31
1237	6,02	6,24	6,41	5,47	6,28	6,41	5,19	6,18	6,31
1238	6,02	6,24	6,41	5,47	6,28	6,41	5,19	6,18	6,3
1239	6,02	6,24	6,41	5,43	6,28	6,41	5,19	6,18	6,3
1240	6,02	6,24	6,41	5,43	6,28	6,41	5,19	6,18	6,3
1241	5,86	6,24	6,41	5,43	6,28	6,41	5,19	6,18	6,3
1242	5,86	6,24	6,41	5,43	6,28	6,41	5,19	6,18	6,3
1243	5,73	6,24	6,41	5,43	6,28	6,41	5,19	6,18	6,3
1244	5,73	6,24	6,41	5,43	6,28	6,41	5,18	6,17	6,3
1245	5,73	6,24	6,41	5,43	6,28	6,41	5,18	6,17	6,3
1246	5,73	6,23	6,41	5,43	6,27	6,41	5,18	6,17	6,3
1247	5,73	6,23	6,40	5,43	6,27	6,41	5,18	6,17	6,3
1248	5,73	6,23	6,40	5,40	6,27	6,41	5,18	6,17	6,3
1249	5,72	6,23	6,40	5,40	6,27	6,41	5,17	6,17	6,3
1250	5,59	6,23	6,40	5,40	6,27	6,41	5,17	6,17	6,3
1251	5,58	6,23	6,40	5,37	6,27	6,41	5,17	6,16	6,3
1252	5,58	6,23	6,40	5,37	6,27	6,41	5,17	6,16	6,3
1253	5,58	6,23	6,40	5,37	6,27	6,41	5,16	6,16	6,3
1254	5,58	6,23	6,40	5,37	6,27	6,41	5,16	6,16	6,3
1255	5,58	6,23	6,40	5,37	6,27	6,41	5,16	6,16	6,29
1256	5,58	6,22	6,40	5,33	6,27	6,41	5,15	6,16	6,29
1257	5,58	6,22	6,40	5,33	6,27	6,41	5,15	6,16	6,29
1258	5,57	6,22	6,40	5,33	6,27	6,41	5,15	6,15	6,29
1259	5,57	6,22	6,40	5,33	6,27	6,41	5,15	6,15	6,29
1260	5,57	6,21	6,40	5,33	6,27	6,41	5,15	6,15	6,29

Tiempo (min)	CINCO ESQUINAS			UNSCH			ENACE		
	20 °C	10 °C	4 °C	20 °C	10 °C	4 °C	20 °C	10 °C	4 °C
1261	5,57	6,21	6,40	5,33	6,27	6,41	5,15	6,15	6,29
1262	5,57	6,21	6,40	5,33	6,27	6,41	5,15	6,15	6,29
1263	5,56	6,21	6,40	5,33	6,27	6,41	5,14	6,15	6,29
1264	5,56	6,20	6,40	5,33	6,27	6,40	5,14	6,15	6,29
1265	5,56	6,20	6,40	5,30	6,27	6,40	5,14	6,15	6,29
1266	5,56	6,20	6,40	5,30	6,26	6,40	5,14	6,14	6,29
1267	5,56	6,19	6,39	5,30	6,26	6,40	5,14	6,14	6,29
1268	5,56	6,19	6,39	5,30	6,26	6,40	5,14	6,14	6,29
1269	5,56	6,19	6,39	5,30	6,26	6,40	5,13	6,14	6,29
1270	5,55	6,19	6,39	5,30	6,26	6,40	5,13	6,14	6,28
1271	5,55	6,19	6,39	5,30	6,26	6,40	5,13	6,14	6,28
1272	5,55	6,18	6,39	5,30	6,26	6,40	5,13	6,14	6,28
1273	5,55	6,18	6,39	5,30	6,26	6,40	5,13	6,13	6,28
1274	5,55	6,18	6,39	5,30	6,26	6,40	5,13	6,13	6,28
1275	5,55	6,18	6,39	5,27	6,26	6,40	5,11	6,13	6,28
1276	5,55	6,18	6,39	5,27	6,26	6,40	5,10	6,13	6,28
1277	5,54	6,18	6,39	5,23	6,26	6,40	5,10	6,13	6,28
1278	5,54	6,17	6,39	5,23	6,26	6,40	5,10	6,13	6,28
1279	5,54	6,17	6,39	5,23	6,26	6,40	5,10	6,13	6,28
1280	5,54	6,17	6,39	5,23	6,26	6,40	5,10	6,12	6,28
1281	5,54	6,17	6,38	5,23	6,26	6,40	5,09	6,12	6,28
1282	5,54	6,17	6,38	5,23	6,26	6,40	5,09	6,12	6,28
1283	5,53	6,17	6,38	5,23	6,26	6,40	5,09	6,12	6,28
1284	5,53	6,17	6,38	5,23	6,25	6,39	5,08	6,12	6,28
1285	5,53	6,16	6,38	5,23	6,25	6,39	5,07	6,12	6,28
1286	5,52	6,16	6,38	5,20	6,25	6,39	5,07	6,12	6,28
1287	5,52	6,15	6,38	5,20	6,25	6,39	5,07	6,11	6,28
1288	5,51	6,15	6,38	5,20	6,25	6,39	5,07	6,11	6,28
1289	5,51	6,15	6,38	5,20	6,25	6,39	5,07	6,11	6,28
1290	5,51	6,14	6,38	5,20	6,25	6,39	5,07	6,11	6,28
1291	5,51	6,14	6,38	5,17	6,24	6,39	5,07	6,11	6,27
1292	5,50	6,14	6,38	5,17	6,24	6,39	5,06	6,11	6,27
1293	5,50	6,13	6,38	5,17	6,24	6,38	5,06	6,1	6,27
1294	5,50	6,13	6,38	5,17	6,24	6,38	5,05	6,1	6,27
1295	5,50	6,13	6,37	5,17	6,24	6,38	5,05	6,1	6,27
1296	5,49	6,13	6,37	5,17	6,24	6,38	5,05	6,1	6,27
1297	5,49	6,12	6,37	5,17	6,24	6,38	5,04	6,1	6,27
1298	5,49	6,12	6,37	5,13	6,23	6,38	5,04	6,09	6,27
1299	5,48	6,12	6,37	5,13	6,23	6,38	5,04	6,09	6,27
1300	5,48	6,12	6,37	5,13	6,23	6,38	5,04	6,09	6,27

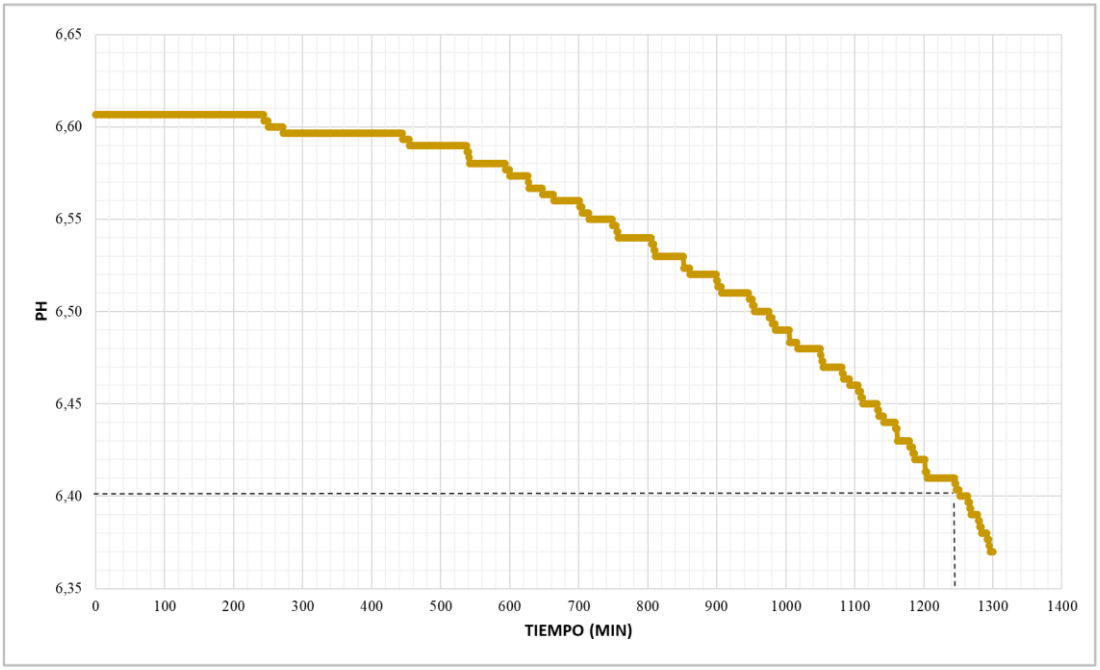
Anexo 5: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto de cinco esquinas (PCE) a 20°C



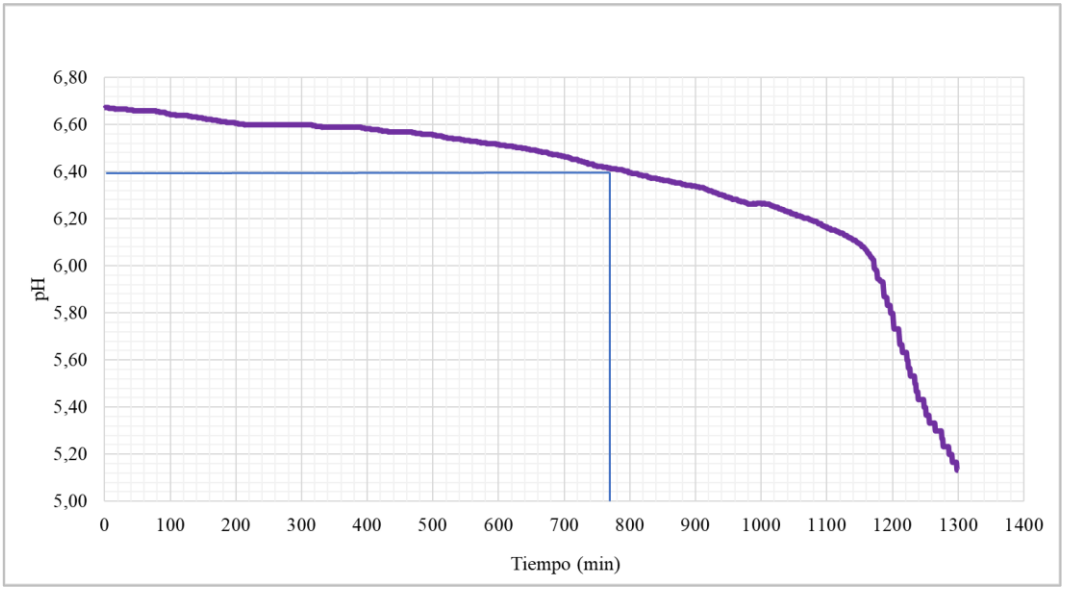
Anexo 6*:* Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto de cinco esquinas (PCE) a 10°C



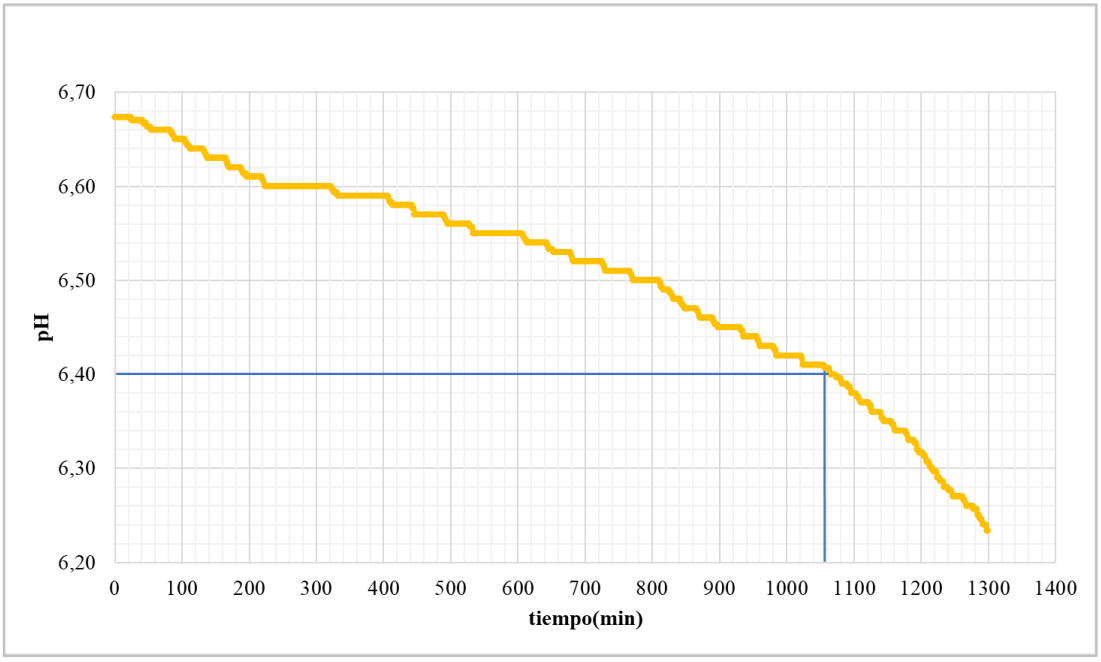
Anexo 7: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto de cinco esquinas (PCE) a 4°C



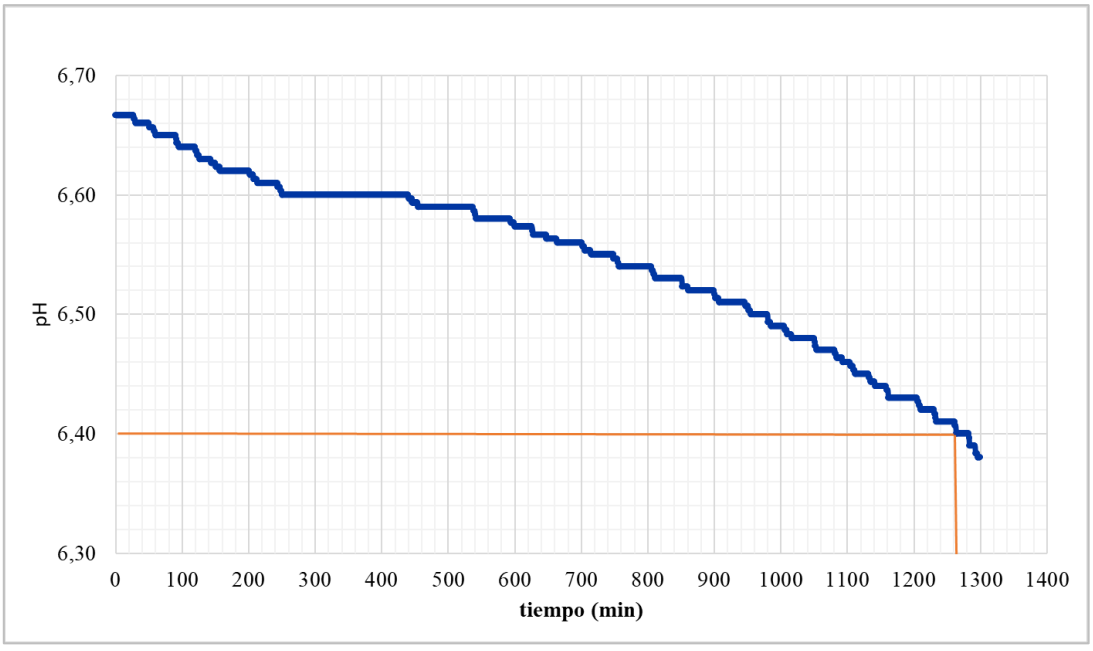
Anexo 8: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto de tienda UNSCH (PTU) a 20°C



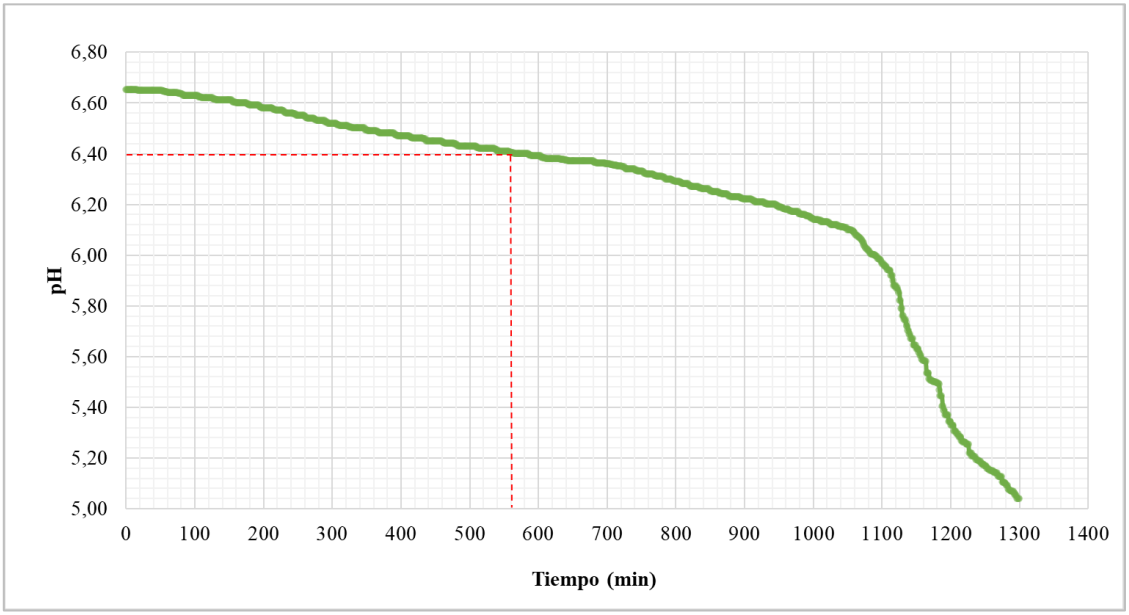
Anexo 9: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto de tienda UNSCH (PTU) a 10°C



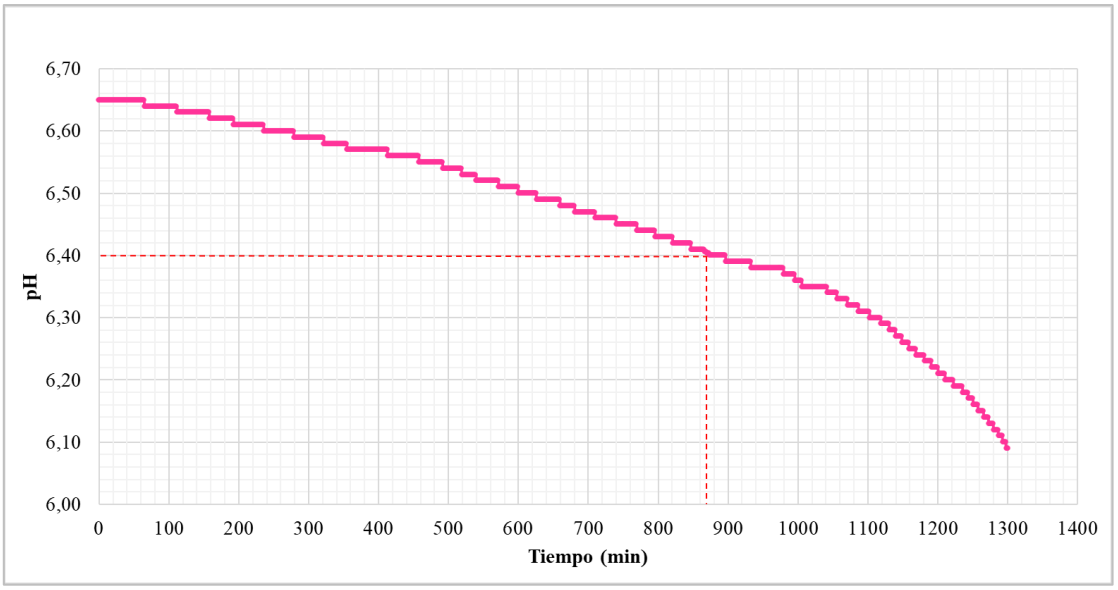
Anexo 10: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto de tienda UNSCH (PTU) a 4°C.



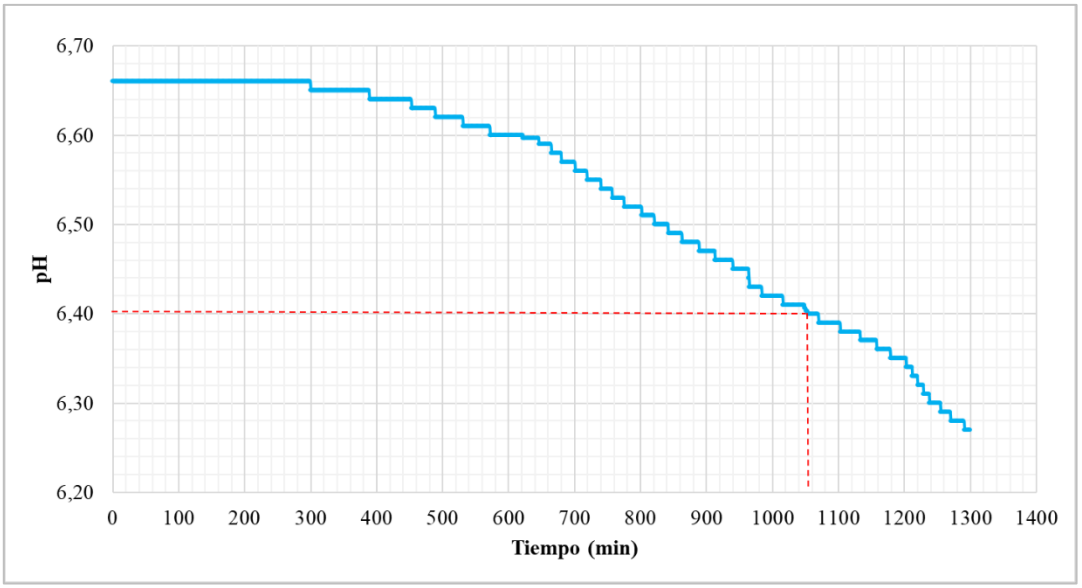
Anexo 11: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto puente Enace (PE) a 20°C



Anexo 12: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto puente Enace (PE) a 10°C



Anexo 13: Representación del tiempo de deterioro de la leche cruda del punto Enace (PE) a 4°C



Anexo 14: Tabla de evaluación de oxidación lipídica con equipo Oxitest

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
0	0,000	1,735	0,000	1,085	0,000	0,907
1	2,073	1,738	-0,655	1,088	-0,489	0,909
2	1,914	1,742	-0,818	1,090	-0,651	0,912
3	1,276	1,746	-0,982	1,093	-0,651	0,914
4	1,116	1,750	-1,309	1,096	-0,814	0,916
5	0,797	1,754	-1,473	1,098	-0,814	0,918
6	1,435	1,758	-1,637	1,101	-0,814	0,920
7	1,276	1,761	-1,800	1,104	-0,977	0,923
8	-0,159	1,765	-1,964	1,107	-0,977	0,925
9	0,000	1,769	-2,128	1,109	-0,814	0,927
10	-0,159	1,773	-2,291	1,112	-0,977	0,929
11	0,000	1,777	-2,455	1,115	-0,977	0,932
12	0,000	1,781	-2,455	1,117	-0,977	0,934
13	0,000	1,785	-2,619	1,120	-0,977	0,936
14	0,159	1,789	-2,619	1,123	-0,977	0,939
15	0,159	1,792	-2,782	1,126	-0,977	0,941
16	0,159	1,796	-2,782	1,128	-1,140	0,943
17	0,159	1,800	-2,782	1,131	-0,977	0,945
18	0,159	1,804	-2,782	1,134	-1,140	0,948
19	0,319	1,808	-2,946	1,137	-1,140	0,950
20	0,319	1,812	-2,946	1,139	-1,140	0,952
21	0,319	1,816	-2,946	1,142	-1,140	0,955
22	0,319	1,820	-3,110	1,145	-1,140	0,957
23	0,319	1,824	-3,110	1,148	-1,140	0,959
24	0,319	1,828	-3,110	1,150	-1,140	0,962
25	0,319	1,832	-3,273	1,153	-1,303	0,964
26	0,319	1,836	-3,110	1,156	-1,303	0,966
27	0,319	1,840	-3,273	1,159	-1,303	0,969
28	0,319	1,844	-3,110	1,162	-1,140	0,971
29	0,319	1,848	-3,273	1,164	-1,303	0,973
30	0,319	1,852	-3,273	1,167	-1,303	0,976
31	0,319	1,856	-3,110	1,170	-1,303	0,978
32	0,319	1,860	-3,273	1,173	-1,303	0,981
33	0,478	1,864	-3,273	1,176	-1,303	0,983
34	0,478	1,868	-3,273	1,179	-1,303	0,985
35	0,478	1,872	-3,273	1,182	-1,303	0,988
36	0,478	1,877	-3,110	1,184	-1,303	0,990
37	0,478	1,881	-3,273	1,187	-1,303	0,993
38	0,478	1,885	-3,273	1,190	-1,303	0,995
39	0,478	1,889	-3,273	1,193	-1,303	0,997
40	0,478	1,893	-3,273	1,196	-1,303	1,000

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
41	0,478	1,897	-3,273	1,199	-1,303	1,002
42	0,478	1,901	-3,110	1,202	-1,303	1,005
43	0,478	1,905	-3,273	1,205	-1,303	1,007
44	0,478	1,910	-3,273	1,208	-1,303	1,010
45	0,478	1,914	-3,273	1,211	-1,303	1,012
46	0,478	1,918	-3,273	1,214	-1,303	1,015
47	0,478	1,922	-3,273	1,216	-1,303	1,017
48	0,638	1,926	-3,273	1,219	-1,303	1,020
49	0,638	1,931	-3,110	1,222	-1,303	1,022
50	0,638	1,935	-3,273	1,225	-1,303	1,025
51	0,638	1,939	-3,110	1,228	-1,303	1,027
52	0,638	1,943	-3,273	1,231	-1,303	1,030
53	0,638	1,947	-3,110	1,234	-1,303	1,032
54	0,638	1,952	-3,273	1,237	-1,140	1,035
55	0,638	1,956	-3,273	1,240	-1,140	1,037
56	0,638	1,960	-3,110	1,243	-1,303	1,040
57	0,638	1,964	-3,110	1,246	-1,140	1,042
58	0,638	1,969	-3,110	1,249	-1,303	1,045
59	0,638	1,973	-3,110	1,252	-1,303	1,047
60	0,638	1,977	-3,110	1,255	-1,303	1,050
61	0,638	1,982	-3,110	1,259	-1,303	1,052
62	0,638	1,986	-3,110	1,262	-1,140	1,055
63	0,638	1,990	-3,110	1,265	-1,303	1,057
64	0,638	1,995	-3,110	1,268	-1,140	1,060
65	0,797	1,999	-3,110	1,271	-1,140	1,063
66	0,797	2,003	-3,273	1,274	-1,303	1,065
67	0,797	2,008	-3,110	1,277	-1,303	1,068
68	0,797	2,012	-3,110	1,280	-1,140	1,070
69	0,797	2,017	-3,110	1,283	-1,140	1,073
70	0,797	2,021	-3,110	1,286	-1,140	1,076
71	0,797	2,025	-3,110	1,289	-1,140	1,078
72	0,797	2,030	-3,110	1,293	-1,140	1,081
73	0,797	2,034	-3,110	1,296	-1,140	1,083
74	0,797	2,039	-3,110	1,299	-1,140	1,086
75	0,797	2,043	-3,110	1,302	-1,140	1,089
76	0,797	2,047	-3,110	1,305	-1,140	1,091
77	0,797	2,052	-3,110	1,308	-1,140	1,094
78	0,797	2,056	-3,110	1,312	-1,140	1,097
79	0,797	2,061	-3,110	1,315	-1,140	1,099
80	0,797	2,065	-2,946	1,318	-1,140	1,102

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
81	0,797	2,070	-3,110	1,321	-1,140	1,105
82	0,797	2,074	-3,110	1,324	-1,140	1,107
83	0,797	2,079	-3,110	1,327	-1,140	1,110
84	0,797	2,083	-3,110	1,331	-1,140	1,113
85	0,797	2,088	-3,110	1,334	-1,140	1,116
86	0,797	2,093	-3,110	1,337	-1,140	1,118
87	0,797	2,097	-3,110	1,340	-1,140	1,121
88	0,797	2,102	-3,110	1,344	-1,140	1,124
89	0,957	2,106	-3,110	1,347	-1,140	1,126
90	0,957	2,111	-3,110	1,350	-1,140	1,129
91	0,957	2,115	-3,110	1,353	-1,140	1,132
92	0,957	2,120	-3,110	1,357	-1,140	1,135
93	0,957	2,125	-2,946	1,360	-1,140	1,137
94	0,957	2,129	-3,110	1,363	-1,140	1,140
95	0,957	2,134	-2,946	1,367	-1,140	1,143
96	0,957	2,139	-3,110	1,370	-1,140	1,146
97	0,957	2,143	-3,110	1,373	-1,140	1,149
98	0,957	2,148	-2,946	1,377	-1,140	1,151
99	0,957	2,153	-3,110	1,380	-1,140	1,154
100	0,957	2,157	-2,946	1,383	-1,140	1,157
101	0,957	2,162	-3,110	1,387	-1,140	1,160
102	0,957	2,167	-3,110	1,390	-1,140	1,163
103	0,957	2,171	-2,946	1,393	-1,140	1,165
104	0,957	2,176	-3,110	1,397	-1,140	1,168
105	0,957	2,181	-3,110	1,400	-1,140	1,171
106	0,957	2,186	-3,110	1,404	-1,140	1,174
107	0,957	2,190	-2,946	1,407	-1,140	1,177
108	0,957	2,195	-2,946	1,410	-0,977	1,180
109	0,957	2,200	-2,946	1,414	-1,140	1,182
110	0,957	2,205	-2,946	1,417	-1,140	1,185
111	1,116	2,209	-2,946	1,421	-1,140	1,188
112	1,116	2,214	-2,946	1,424	-1,140	1,191
113	1,116	2,219	-2,946	1,428	-1,140	1,194
114	1,116	2,224	-3,110	1,431	-1,140	1,197
115	1,116	2,229	-2,946	1,434	-1,140	1,200
116	1,116	2,233	-3,110	1,438	-1,140	1,203
117	1,116	2,238	-2,946	1,441	-1,140	1,206
118	1,116	2,243	-3,110	1,445	-1,140	1,209
119	1,116	2,248	-2,946	1,448	-0,977	1,211
120	1,116	2,253	-2,946	1,452	-1,140	1,214

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
121	1,116	2,258	-2,946	1,455	-1,140	1,217
122	1,116	2,263	-2,946	1,459	-1,140	1,220
123	1,116	2,268	-2,946	1,463	-0,977	1,223
124	1,116	2,273	-2,946	1,466	-0,977	1,226
125	1,116	2,278	-3,110	1,470	-1,140	1,229
126	1,116	2,282	-2,946	1,473	-0,977	1,232
127	1,116	2,287	-2,946	1,477	-1,140	1,235
128	1,116	2,292	-2,946	1,480	-1,140	1,238
129	1,116	2,297	-3,110	1,484	-1,140	1,241
130	1,116	2,302	-2,946	1,487	-0,977	1,244
131	1,116	2,307	-2,946	1,491	-0,977	1,247
132	1,116	2,312	-2,946	1,495	-1,140	1,250
133	1,116	2,317	-2,946	1,498	-0,977	1,253
134	1,116	2,322	-2,946	1,502	-1,140	1,256
135	1,116	2,327	-2,946	1,506	-0,977	1,259
136	1,276	2,333	-2,946	1,509	-1,140	1,262
137	1,276	2,338	-2,946	1,513	-0,977	1,266
138	1,276	2,343	-2,946	1,517	-1,140	1,269
139	1,276	2,348	-2,946	1,520	-1,140	1,272
140	1,276	2,353	-2,946	1,524	-1,140	1,275
141	1,435	2,358	-2,946	1,528	-1,140	1,278
142	1,435	2,363	-2,946	1,531	-1,140	1,281
143	1,435	2,368	-2,946	1,535	-1,140	1,284
144	1,435	2,373	-2,946	1,539	-1,140	1,287
145	1,435	2,378	-2,946	1,542	-1,140	1,290
146	1,435	2,384	-2,946	1,546	-1,140	1,293
147	1,435	2,389	-2,946	1,550	-0,977	1,297
148	1,435	2,394	-2,946	1,554	-1,140	1,300
149	1,435	2,399	-2,946	1,557	-1,140	1,303
150	1,435	2,404	-2,946	1,561	-1,140	1,306
151	1,435	2,410	-2,946	1,565	-0,977	1,309
152	1,435	2,415	-2,946	1,569	-1,140	1,312
153	1,435	2,420	-2,946	1,573	-1,140	1,316
154	1,435	2,425	-2,946	1,576	-1,140	1,319
155	1,435	2,431	-2,946	1,580	-1,140	1,322
156	1,435	2,436	-2,946	1,584	-1,140	1,325
157	1,435	2,441	-2,946	1,588	-1,140	1,328
158	1,595	2,446	-2,946	1,592	-0,977	1,332
159	1,595	2,452	-2,946	1,595	-1,140	1,335
160	1,595	2,457	-2,946	1,599	-1,140	1,338

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
161	1,595	2,462	-2,946	1,603	-1,140	1,341
162	1,595	2,468	-2,946	1,607	-1,140	1,345
163	1,595	2,473	-2,946	1,611	-1,140	1,348
164	1,595	2,478	-2,946	1,615	-1,140	1,351
165	1,595	2,484	-2,782	1,619	-1,140	1,354
166	1,595	2,489	-2,946	1,623	-1,140	1,358
167	1,595	2,494	-2,946	1,627	-1,140	1,361
168	1,595	2,500	-2,946	1,631	-1,140	1,364
169	1,754	2,505	-2,946	1,634	-1,140	1,368
170	1,754	2,511	-2,782	1,638	-1,140	1,371
171	1,754	2,516	-2,946	1,642	-1,140	1,374
172	1,754	2,522	-2,782	1,646	-1,140	1,377
173	1,754	2,527	-2,782	1,650	-1,140	1,381
174	1,754	2,533	-2,946	1,654	-1,140	1,384
175	1,754	2,538	-2,782	1,658	-1,140	1,388
176	1,754	2,543	-2,782	1,662	-1,140	1,391
177	1,754	2,549	-2,946	1,666	-1,140	1,394
178	1,754	2,554	-2,782	1,670	-1,140	1,398
179	1,754	2,560	-2,946	1,674	-1,140	1,401
180	1,914	2,566	-2,782	1,678	-1,140	1,404
181	1,914	2,571	-2,782	1,682	-1,140	1,408
182	1,914	2,577	-2,946	1,687	-1,140	1,411
183	1,914	2,582	-2,946	1,691	-1,140	1,415
184	1,914	2,588	-2,946	1,695	-1,140	1,418
185	1,914	2,593	-2,946	1,699	-1,140	1,421
186	1,914	2,599	-2,782	1,703	-1,140	1,425
187	1,914	2,605	-2,782	1,707	-1,140	1,428
188	1,914	2,610	-2,782	1,711	-1,140	1,432
189	1,914	2,616	-2,782	1,715	-1,140	1,435
190	1,914	2,622	-2,782	1,719	-1,140	1,439
191	1,914	2,627	-2,782	1,723	-1,140	1,442
192	1,914	2,633	-2,782	1,728	-1,140	1,446
193	1,914	2,639	-2,782	1,732	-1,140	1,449
194	1,914	2,644	-2,782	1,736	-1,140	1,453
195	1,914	2,650	-2,782	1,740	-1,140	1,456
196	1,914	2,656	-2,782	1,744	-1,140	1,460
197	1,914	2,661	-2,782	1,749	-1,140	1,463
198	1,914	2,667	-2,782	1,753	-1,140	1,467
199	1,914	2,673	-2,782	1,757	-1,140	1,470
200	1,914	2,679	-2,782	1,761	-1,140	1,474

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
201	1,914	2,685	-2,782	1,766	-1,140	1,478
202	1,914	2,690	-2,782	1,770	-1,140	1,481
203	1,914	2,696	-2,782	1,774	-1,140	1,485
204	1,914	2,702	-2,946	1,778	-1,140	1,488
205	1,914	2,708	-2,782	1,783	-1,140	1,492
206	1,914	2,714	-2,782	1,787	-1,140	1,495
207	1,914	2,720	-2,782	1,791	-1,140	1,499
208	1,914	2,725	-2,782	1,796	-1,140	1,503
209	1,914	2,731	-2,782	1,800	-1,140	1,506
210	1,914	2,737	-2,782	1,804	-1,140	1,510
211	1,914	2,743	-2,782	1,809	-1,140	1,514
212	1,914	2,749	-2,782	1,813	-1,140	1,517
213	1,914	2,755	-2,782	1,817	-1,140	1,521
214	1,914	2,761	-2,782	1,822	-1,140	1,525
215	1,914	2,767	-2,782	1,826	-1,140	1,528
216	1,914	2,773	-2,782	1,830	-1,140	1,532
217	1,914	2,779	-2,782	1,835	-0,977	1,536
218	1,914	2,785	-2,782	1,839	-1,140	1,539
219	1,914	2,791	-2,782	1,844	-1,140	1,543
220	1,914	2,797	-2,782	1,848	-1,140	1,547
221	1,914	2,803	-2,782	1,853	-1,140	1,551
222	1,914	2,809	-2,782	1,857	-1,140	1,554
223	1,914	2,815	-2,782	1,862	-1,140	1,558
224	1,914	2,821	-2,782	1,866	-1,140	1,562
225	1,914	2,827	-2,782	1,871	-1,140	1,566
226	1,914	2,833	-2,782	1,875	-0,977	1,569
227	1,914	2,839	-2,782	1,880	-1,140	1,573
228	1,914	2,845	-2,782	1,884	-0,977	1,577
229	1,914	2,851	-2,619	1,889	-0,977	1,581
230	1,914	2,858	-2,782	1,893	-1,140	1,585
231	1,914	2,864	-2,782	1,898	-1,140	1,588
232	1,914	2,870	-2,782	1,902	-1,140	1,592
233	1,914	2,876	-2,782	1,907	-0,977	1,596
234	1,914	2,882	-2,782	1,911	-0,977	1,600
235	1,914	2,889	-2,782	1,916	-0,977	1,604
236	1,914	2,895	-2,782	1,921	-1,140	1,608
237	1,914	2,901	-2,782	1,925	-0,977	1,612
238	1,914	2,907	-2,782	1,930	-0,977	1,616
239	1,914	2,913	-2,782	1,935	-1,140	1,619
240	1,914	2,920	-2,782	1,939	-1,140	1,623

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
241	1,914	2,926	-2,782	1,944	-1,140	1,627
242	1,914	2,932	-2,782	1,949	-0,977	1,631
243	1,914	2,939	-2,782	1,953	-1,140	1,635
244	1,914	2,945	-2,782	1,958	-0,977	1,639
245	2,073	2,951	-2,619	1,963	-0,977	1,643
246	2,073	2,958	-2,782	1,967	-1,140	1,647
247	2,073	2,964	-2,782	1,972	-0,977	1,651
248	2,073	2,970	-2,782	1,977	-1,140	1,655
249	2,073	2,977	-2,782	1,982	-1,140	1,659
250	2,073	2,983	-2,782	1,986	-1,140	1,663
251	2,073	2,990	-2,782	1,991	-0,977	1,667
252	2,073	2,996	-2,782	1,996	-1,140	1,671
253	2,073	3,002	-2,782	2,001	-1,140	1,675
254	2,073	3,009	-2,782	2,005	-1,140	1,679
255	2,073	3,015	-2,782	2,010	-1,140	1,683
256	2,073	3,022	-2,782	2,015	-1,140	1,687
257	2,073	3,028	-2,782	2,020	-1,140	1,691
258	2,073	3,035	-2,782	2,025	-0,977	1,695
259	2,073	3,041	-2,782	2,030	-1,140	1,699
260	2,073	3,048	-2,782	2,035	-1,140	1,703
261	2,073	3,054	-2,782	2,039	-1,140	1,708
262	2,073	3,061	-2,782	2,044	-1,140	1,712
263	2,073	3,068	-2,782	2,049	-1,140	1,716
264	2,073	3,074	-2,782	2,054	-1,140	1,720
265	2,073	3,081	-2,782	2,059	-0,977	1,724
266	2,073	3,087	-2,782	2,064	-1,140	1,728
267	2,073	3,094	-2,782	2,069	-1,140	1,732
268	2,073	3,101	-2,782	2,074	-1,140	1,737
269	2,073	3,107	-2,782	2,079	-0,977	1,741
270	2,073	3,114	-2,782	2,084	-1,140	1,745
271	2,073	3,121	-2,782	2,089	-1,140	1,749
272	2,073	3,127	-2,782	2,094	-1,140	1,753
273	2,073	3,134	-2,782	2,099	-1,140	1,758
274	2,073	3,141	-2,782	2,104	-1,140	1,762
275	2,073	3,147	-2,782	2,109	-1,140	1,766
276	2,073	3,154	-2,782	2,114	-0,977	1,770
277	2,073	3,161	-2,782	2,119	-1,140	1,775
278	2,073	3,168	-2,782	2,124	-1,140	1,779
279	2,073	3,175	-2,782	2,129	-1,140	1,783
280	2,073	3,181	-2,782	2,135	-1,140	1,787
281	2,073	3,188	-2,782	2,140	-1,140	1,792

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
282	2,073	3,195	-2,782	2,145	-1,140	1,796
283	2,073	3,202	-2,782	2,150	-1,140	1,800
284	2,073	3,209	-2,782	2,155	-1,140	1,805
285	2,073	3,216	-2,782	2,160	-1,140	1,809
286	2,073	3,223	-2,782	2,165	-1,140	1,813
287	2,073	3,229	-2,782	2,171	-1,140	1,818
288	2,073	3,236	-2,782	2,176	-1,140	1,822
289	2,073	3,243	-2,782	2,181	-1,140	1,827
290	2,073	3,250	-2,619	2,186	-1,140	1,831
291	2,073	3,257	-2,782	2,191	-1,140	1,835
292	2,073	3,264	-2,782	2,197	-1,140	1,840
293	2,073	3,271	-2,782	2,202	-1,140	1,844
294	2,073	3,278	-2,782	2,207	-1,140	1,849
295	2,073	3,285	-2,782	2,213	-1,140	1,853
296	2,073	3,292	-2,782	2,218	-1,140	1,858
297	2,073	3,299	-2,782	2,223	-1,140	1,862
298	2,073	3,306	-2,782	2,228	-1,140	1,866
299	2,073	3,313	-2,782	2,234	-1,140	1,871
300	2,073	3,320	-2,782	2,239	-1,140	1,875
301	2,073	3,328	-2,782	2,245	-1,140	1,880
302	2,073	3,335	-2,619	2,250	-1,140	1,884
303	2,073	3,342	-2,782	2,255	-1,140	1,889
304	2,073	3,349	-2,782	2,261	-1,140	1,894
305	2,073	3,356	-2,782	2,266	-1,140	1,898
306	2,073	3,363	-2,782	2,272	-1,140	1,903
307	2,073	3,371	-2,782	2,277	-1,140	1,907
308	2,073	3,378	-2,782	2,282	-1,140	1,912
309	2,073	3,385	-2,619	2,288	-1,140	1,916
310	2,073	3,392	-2,782	2,293	-1,303	1,921
311	2,073	3,399	-2,782	2,299	-1,140	1,926
312	2,073	3,407	-2,782	2,304	-1,140	1,930
313	2,233	3,414	-2,619	2,310	-1,140	1,935
314	2,233	3,421	-2,782	2,315	-1,140	1,940
315	2,233	3,429	-2,782	2,321	-1,140	1,944
316	2,233	3,436	-2,782	2,326	-1,140	1,949
317	2,233	3,443	-2,782	2,332	-1,140	1,954
318	2,233	3,451	-2,782	2,338	-1,140	1,958
319	2,233	3,458	-2,619	2,343	-1,140	1,963
320	2,233	3,465	-2,619	2,349	-1,140	1,968

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
321	2,233	3,473	-2,782	2,354	-1,140	1,972
322	2,233	3,480	-2,619	2,360	-1,140	1,977
323	2,233	3,488	-2,619	2,366	-1,140	1,982
324	2,233	3,495	-2,782	2,371	-1,140	1,987
325	2,233	3,502	-2,782	2,377	-1,140	1,991
326	2,233	3,510	-2,782	2,383	-1,140	1,996
327	2,233	3,517	-2,619	2,388	-1,140	2,001
328	2,233	3,525	-2,782	2,394	-1,140	2,006
329	2,233	3,532	-2,782	2,400	-1,140	2,011
330	2,233	3,540	-2,619	2,406	-1,140	2,015
331	2,233	3,548	-2,782	2,411	-1,140	2,020
332	2,233	3,555	-2,782	2,417	-1,140	2,025
333	2,233	3,563	-2,619	2,423	-1,140	2,030
334	2,233	3,570	-2,619	2,429	-1,140	2,035
335	2,233	3,578	-2,782	2,434	-1,140	2,040
336	2,233	3,586	-2,619	2,440	-1,140	2,045
337	2,233	3,593	-2,619	2,446	-1,140	2,049
338	2,233	3,601	-2,619	2,452	-1,140	2,054
339	2,233	3,608	-2,782	2,458	-1,140	2,059
340	2,233	3,616	-2,619	2,464	-1,140	2,064
341	2,233	3,624	-2,619	2,470	-1,140	2,069
342	2,233	3,632	-2,619	2,475	-1,140	2,074
343	2,233	3,639	-2,782	2,481	-1,140	2,079
344	2,233	3,647	-2,619	2,487	-1,140	2,084
345	2,233	3,655	-2,782	2,493	-1,140	2,089
346	2,233	3,663	-2,619	2,499	-1,140	2,094
347	2,233	3,670	-2,782	2,505	-1,140	2,099
348	2,233	3,678	-2,619	2,511	-1,140	2,104
349	2,233	3,686	-2,619	2,517	-1,140	2,109
350	2,233	3,694	-2,782	2,523	-1,140	2,114
351	2,233	3,702	-2,619	2,529	-1,140	2,119
352	2,233	3,710	-2,619	2,535	-1,140	2,124
353	2,233	3,718	-2,782	2,541	-1,140	2,129
354	2,233	3,725	-2,619	2,547	-1,140	2,135
355	2,233	3,733	-2,619	2,553	-0,977	2,140
356	2,233	3,741	-2,782	2,559	-1,140	2,145
357	2,233	3,749	-2,619	2,565	-1,140	2,150
358	2,233	3,757	-2,619	2,572	-0,977	2,155
359	2,233	3,765	-2,619	2,578	-1,140	2,160
360	2,233	3,773	-2,619	2,584	-0,977	2,165

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
361	2,233	3,781	-2,782	2,590	-1,140	2,171
362	2,233	3,789	-2,619	2,596	-0,977	2,176
363	2,233	3,797	-2,619	2,602	-0,977	2,181
364	2,233	3,805	-2,619	2,609	-1,140	2,186
365	2,233	3,813	-2,619	2,615	-0,977	2,191
366	2,233	3,822	-2,619	2,621	-0,977	2,197
367	2,233	3,830	-2,619	2,627	-1,140	2,202
368	2,233	3,838	-2,619	2,634	-0,977	2,207
369	2,233	3,846	-2,619	2,640	-0,977	2,212
370	2,233	3,854	-2,782	2,646	-0,977	2,218
371	2,233	3,862	-2,619	2,652	-1,140	2,223
372	2,233	3,871	-2,619	2,659	-0,977	2,228
373	2,233	3,879	-2,619	2,665	-0,977	2,234
374	2,233	3,887	-2,619	2,671	-0,977	2,239
375	2,233	3,895	-2,619	2,678	-0,977	2,244
376	2,233	3,903	-2,619	2,684	-1,140	2,250
377	2,233	3,912	-2,782	2,690	-0,977	2,255
378	2,233	3,920	-2,619	2,697	-0,977	2,261
379	2,233	3,928	-2,619	2,703	-0,977	2,266
380	2,233	3,937	-2,619	2,710	-0,977	2,271
381	2,392	3,945	-2,619	2,716	-0,977	2,277
382	2,392	3,953	-2,619	2,723	-0,977	2,282
383	2,392	3,962	-2,619	2,729	-0,977	2,288
384	2,392	3,970	-2,619	2,736	-0,977	2,293
385	2,392	3,979	-2,619	2,742	-0,977	2,299
386	2,392	3,987	-2,619	2,749	-0,977	2,304
387	2,392	3,995	-2,619	2,755	-0,977	2,310
388	2,392	4,004	-2,619	2,762	-0,977	2,315
389	2,392	4,012	-2,619	2,768	-0,977	2,321
390	2,392	4,021	-2,619	2,775	-0,977	2,326
391	2,392	4,029	-2,619	2,781	-0,977	2,332
392	2,392	4,038	-2,619	2,788	-0,977	2,337
393	2,392	4,047	-2,619	2,795	-0,977	2,343
394	2,392	4,055	-2,619	2,801	-0,977	2,348
395	2,392	4,064	-2,619	2,808	-0,977	2,354
396	2,392	4,072	-2,619	2,815	-0,977	2,360
397	2,392	4,081	-2,619	2,821	-0,977	2,365
398	2,392	4,090	-2,619	2,828	-0,977	2,371
399	2,392	4,098	-2,619	2,835	-0,977	2,377
400	2,392	4,107	-2,619	2,841	-0,977	2,382

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
401	2,392	4,116	-2,619	2,848	-0,977	2,388
402	2,392	4,124	-2,619	2,855	-0,977	2,394
403	2,392	4,133	-2,619	2,862	-0,977	2,399
404	2,392	4,142	-2,619	2,869	-0,977	2,405
405	2,392	4,150	-2,619	2,875	-0,977	2,411
406	2,392	4,159	-2,619	2,882	-0,814	2,417
407	2,392	4,168	-2,619	2,889	-0,977	2,422
408	2,392	4,177	-2,619	2,896	-0,977	2,428
409	2,392	4,186	-2,619	2,903	-0,977	2,434
410	2,392	4,194	-2,619	2,910	-0,977	2,440
411	2,392	4,203	-2,619	2,916	-0,977	2,446
412	2,392	4,212	-2,619	2,923	-0,977	2,451
413	2,392	4,221	-2,619	2,930	-0,814	2,457
414	2,392	4,230	-2,619	2,937	-0,977	2,463
415	2,392	4,239	-2,619	2,944	-0,814	2,469
416	2,392	4,248	-2,619	2,951	-0,977	2,475
417	2,392	4,257	-2,619	2,958	-0,977	2,481
418	2,392	4,266	-2,619	2,965	-0,977	2,487
419	2,392	4,275	-2,619	2,972	-0,977	2,493
420	2,392	4,284	-2,619	2,979	-0,814	2,498
421	2,392	4,293	-2,619	2,986	-0,814	2,504
422	2,392	4,302	-2,619	2,993	-0,977	2,510
423	2,392	4,311	-2,619	3,001	-0,977	2,516
424	2,392	4,320	-2,619	3,008	-0,977	2,522
425	2,392	4,329	-2,619	3,015	-0,977	2,528
426	2,392	4,338	-2,619	3,022	-0,977	2,534
427	2,392	4,348	-2,455	3,029	-0,814	2,540
428	2,392	4,357	-2,619	3,036	-0,977	2,546
429	2,392	4,366	-2,619	3,043	-0,977	2,553
430	2,392	4,375	-2,619	3,051	-0,814	2,559
431	2,392	4,384	-2,619	3,058	-0,977	2,565
432	2,392	4,394	-2,782	3,065	-0,977	2,571
433	2,552	4,403	-2,619	3,072	-0,977	2,577
434	2,552	4,412	-2,619	3,080	-0,814	2,583
435	2,552	4,421	-2,619	3,087	-0,977	2,589
436	2,552	4,431	-2,455	3,094	-0,814	2,595
437	2,552	4,440	-2,619	3,101	-0,977	2,602
438	2,552	4,449	-2,619	3,109	-0,977	2,608
439	2,552	4,459	-2,619	3,116	-0,814	2,614
440	2,552	4,468	-2,619	3,124	-0,977	2,620

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
441	2,552	4,477	-2,619	3,131	-0,814	2,626
442	2,552	4,487	-2,619	3,138	-0,977	2,633
443	2,552	4,496	-2,619	3,146	-0,977	2,639
444	2,552	4,506	-2,619	3,153	-0,814	2,645
445	2,552	4,515	-2,619	3,161	-0,814	2,651
446	2,552	4,525	-2,619	3,168	-0,814	2,658
447	2,552	4,534	-2,619	3,176	-0,977	2,664
448	2,552	4,544	-2,455	3,183	-0,814	2,670
449	2,552	4,553	-2,619	3,191	-0,814	2,677
450	2,552	4,563	-2,619	3,198	-0,977	2,683
451	2,552	4,572	-2,619	3,206	-0,814	2,689
452	2,552	4,582	-2,619	3,213	-0,814	2,696
453	2,552	4,592	-2,619	3,221	-0,814	2,702
454	2,552	4,601	-2,455	3,228	-0,814	2,709
455	2,552	4,611	-2,455	3,236	-0,814	2,715
456	2,552	4,621	-2,619	3,244	-0,814	2,721
457	2,552	4,630	-2,619	3,251	-0,814	2,728
458	2,552	4,640	-2,619	3,259	-0,814	2,734
459	2,552	4,650	-2,619	3,267	-0,814	2,741
460	2,552	4,660	-2,619	3,274	-0,814	2,747
461	2,552	4,669	-2,455	3,282	-0,977	2,754
462	2,552	4,679	-2,619	3,290	-0,814	2,760
463	2,552	4,689	-2,619	3,298	-0,814	2,767
464	2,552	4,699	-2,619	3,305	-0,814	2,774
465	2,552	4,709	-2,455	3,313	-0,814	2,780
466	2,552	4,719	-2,619	3,321	-0,814	2,787
467	2,552	4,728	-2,619	3,329	-0,814	2,793
468	2,552	4,738	-2,619	3,337	-0,814	2,800
469	2,552	4,748	-2,619	3,345	-0,814	2,807
470	2,552	4,758	-2,455	3,352	-0,814	2,813
471	2,552	4,768	-2,455	3,360	-0,814	2,820
472	2,552	4,778	-2,619	3,368	-0,814	2,827
473	2,552	4,788	-2,619	3,376	-0,814	2,833
474	2,552	4,798	-2,619	3,384	-0,814	2,840
475	2,552	4,808	-2,455	3,392	-0,814	2,847
476	2,552	4,818	-2,619	3,400	-0,814	2,853
477	2,552	4,828	-2,455	3,408	-0,814	2,860
478	2,552	4,838	-2,619	3,416	-0,814	2,867
479	2,552	4,849	-2,619	3,424	-0,814	2,874
480	2,552	4,859	-2,455	3,432	-0,814	2,881

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
481	2,552	4,869	-2,619	3,440	-0,814	2,887
482	2,552	4,879	-2,619	3,448	-0,814	2,894
483	2,552	4,889	-2,619	3,456	-0,814	2,901
484	2,552	4,900	-2,619	3,465	-0,814	2,908
485	2,552	4,910	-2,619	3,473	-0,814	2,915
486	2,552	4,920	-2,619	3,481	-0,814	2,922
487	2,552	4,930	-2,619	3,489	-0,814	2,929
488	2,552	4,941	-2,619	3,497	-0,814	2,936
489	2,552	4,951	-2,455	3,506	-0,814	2,942
490	2,552	4,961	-2,619	3,514	-0,814	2,949
491	2,552	4,972	-2,619	3,522	-0,814	2,956
492	2,552	4,982	-2,619	3,530	-0,814	2,963
493	2,552	4,992	-2,619	3,539	-0,814	2,970
494	2,552	5,003	-2,619	3,547	-0,814	2,977
495	2,552	5,013	-2,619	3,555	-0,814	2,984
496	2,552	5,024	-2,455	3,564	-0,814	2,992
497	2,711	5,034	-2,455	3,572	-0,814	2,999
498	2,711	5,045	-2,455	3,580	-0,814	3,006
499	2,711	5,055	-2,619	3,589	-0,814	3,013
500	2,711	5,066	-2,619	3,597	-0,814	3,020
501	2,711	5,076	-2,619	3,606	-0,814	3,027
502	2,711	5,087	-2,619	3,614	-0,814	3,034
503	2,711	5,098	-2,455	3,623	-0,814	3,041
504	2,711	5,108	-2,619	3,631	-0,814	3,049
505	2,711	5,119	-2,455	3,640	-0,814	3,056
506	2,711	5,129	-2,619	3,648	-0,814	3,063
507	2,711	5,140	-2,619	3,657	-0,814	3,070
508	2,711	5,151	-2,455	3,665	-0,814	3,077
509	2,711	5,162	-2,619	3,674	-0,814	3,085
510	2,711	5,172	-2,455	3,683	-0,814	3,092
511	2,711	5,183	-2,619	3,691	-0,814	3,099
512	2,711	5,194	-2,455	3,700	-0,814	3,107
513	2,711	5,205	-2,455	3,708	-0,814	3,114
514	2,711	5,216	-2,619	3,717	-0,814	3,121
515	2,711	5,226	-2,619	3,726	-0,814	3,129
516	2,711	5,237	-2,455	3,735	-0,814	3,136
517	2,711	5,248	-2,619	3,743	-0,814	3,143
518	2,711	5,259	-2,619	3,752	-0,814	3,151
519	2,711	5,270	-2,619	3,761	-0,814	3,158
520	2,711	5,281	-2,455	3,770	-0,814	3,166

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
3449	74,641	71,107	73,977	70,080	71,336	66,443
3450	74,641	71,109	74,141	70,082	71,336	66,445
3451	74,801	71,112	73,977	70,085	71,336	66,448
3452	74,641	71,115	74,141	70,087	71,336	66,450
3453	74,801	71,118	74,141	70,089	71,336	66,453
3454	74,801	71,121	74,141	70,091	71,336	66,455
3455	74,801	71,123	74,141	70,093	71,336	66,457
3456	74,801	71,126	74,141	70,095	71,336	66,460
3457	74,801	71,129	74,141	70,098	71,336	66,462
3458	74,801	71,132	74,141	70,100	71,336	66,464
3459	74,801	71,134	74,141	70,102	71,336	66,466
3460	74,801	71,137	74,141	70,104	71,336	66,469
3461	74,801	71,140	74,141	70,106	71,498	66,471
3462	74,801	71,143	74,304	70,108	71,336	66,473
3463	74,960	71,145	74,141	70,110	71,498	66,476
3464	74,801	71,148	74,141	70,113	71,498	66,478
3465	74,801	71,151	74,141	70,115	71,498	66,480
3466	74,801	71,153	74,141	70,117	71,498	66,483
3467	74,801	71,156	74,141	70,119	71,498	66,485
3468	74,801	71,159	74,304	70,121	71,498	66,487
3469	74,960	71,162	74,304	70,123	71,498	66,489
3470	74,960	71,164	74,304	70,125	71,498	66,492
3471	74,960	71,167	74,141	70,127	71,498	66,494
3472	74,801	71,170	74,304	70,129	71,498	66,496
3473	74,960	71,172	74,304	70,131	71,498	66,498
3474	74,960	71,175	74,304	70,134	71,498	66,501
3475	74,960	71,178	74,304	70,136	71,661	66,503
3476	74,960	71,180	74,304	70,138	71,661	66,505
3477	74,960	71,183	74,304	70,140	71,661	66,507
3478	74,960	71,186	74,304	70,142	71,661	66,509
3479	74,960	71,188	74,304	70,144	71,661	66,512
3480	74,960	71,191	74,304	70,146	71,661	66,514
3481	74,960	71,194	74,304	70,148	71,661	66,516
3482	74,960	71,196	74,304	70,150	71,661	66,518
3483	74,960	71,199	74,304	70,152	71,661	66,520
3484	74,960	71,201	74,304	70,154	71,661	66,523
3485	74,960	71,204	74,304	70,156	71,661	66,525
3486	74,960	71,207	74,304	70,158	71,661	66,527
3487	74,960	71,209	74,304	70,160	71,661	66,529
3488	74,960	71,212	74,468	70,162	71,661	66,531

Tiempo (min)	ENACE		5 ESQUINAS		UNSCH	
	O2(%) experimental	O2 (%)simulado	Oxigeno experimental	Oxigeno (simulado)	O2(%) Experimental	O2 (%) simulada
3490	74,960	71,217	74,468	70,166	71,824	66,536
3491	75,120	71,219	74,304	70,168	71,824	66,538
3492	74,960	71,222	74,468	70,170	71,824	66,540
3493	75,120	71,225	74,468	70,172	71,824	66,542
3494	75,120	71,227	74,304	70,174	71,824	66,544
3495	74,960	71,230	74,468	70,176	71,824	66,546
3496	75,120	71,232	74,468	70,178	71,824	66,548
3497	75,120	71,235	74,468	70,180	71,824	66,550
3498	75,120	71,237	74,468	70,182	71,824	66,553
3499	75,120	71,240	74,468	70,184	71,824	66,555
3500	75,120	71,242	74,468	70,186	71,987	66,557
3501	75,120	71,245	74,468	70,188	71,824	66,559
3502	75,120	71,247	74,468	70,190	71,824	66,561
3503	75,120	71,250	74,468	70,191	71,987	66,563
3504	75,120	71,252	74,468	70,193	71,824	66,565
3505	75,120	71,255	74,468	70,195	71,987	66,567
3506	75,120	71,257	74,468	70,197	71,987	66,569
3507	75,120	71,260	74,468	70,199	71,987	66,571
3508	75,120	71,262	74,468	70,201	71,987	66,573
3509	75,120	71,265	74,468	70,203	71,987	66,575
3510	75,120	71,267	74,468	70,205	71,987	66,577
3511	75,120	71,270	74,468	70,207	71,987	66,579
3512	75,120	71,272	74,468	70,209	71,987	66,581
3513	75,120	71,275	74,468	70,211	71,987	66,584
3514	75,120	71,277	74,632	70,212	71,987	66,586
3515	75,279	71,280	74,468	70,214	71,987	66,588
3516	75,120	71,282	74,632	70,216	71,987	66,590
3517	75,279	71,284	74,632	70,218	71,987	66,592
3518	75,279	71,287	74,632	70,220	72,150	66,594
3519	75,279	71,289	74,632	70,222	72,150	66,596
3520	75,279	71,292	74,632	70,224	72,150	66,598
3521	75,279	71,294	74,632	70,225	72,150	66,600
3522	75,279	71,296	74,632	70,227	72,150	66,602
3523	75,279	71,299	74,632	70,229	72,150	66,604
3524	75,279	71,301	74,632	70,231	72,150	66,606
3525	75,279	71,304	74,632	70,233	72,150	66,608
3526	75,279	71,306	74,468	70,235	72,150	66,610
3527	75,120	71,308	74,632	70,236	72,150	66,611
3528	75,279	71,311	74,468	70,238	72,150	66,613

Anexo 15: Imágenes de la evaluación fisicoquímica de leche cruda con equipo Milkotester


















M1
T. UNSCH
M2
T. UNSCH
M3
T. UNSCH




MILKOTESTER
G= 4.0 P= 3.2
S= 9.0 L= 4.9
D=30.4 SI= 0.7
PC-0.574Ag= 0.8
MENU
EXIT
UP
CLEAN
ENTER
DN
Master Eco
M2

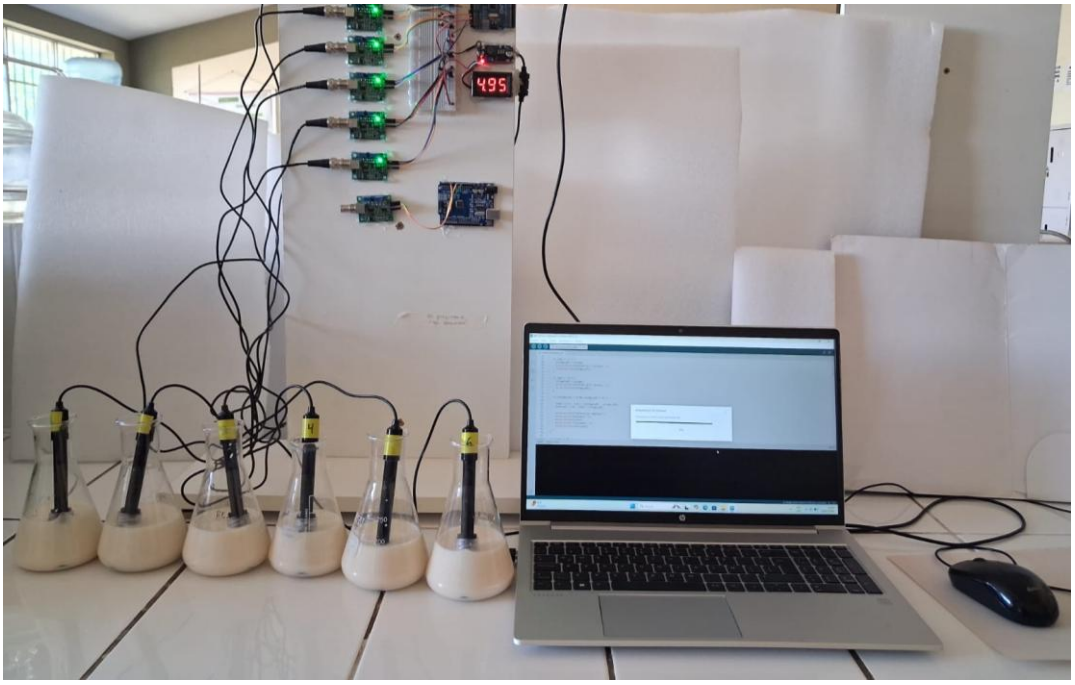
Anexo 16: Imágenes de la evaluación tiempo de conservación de leche cruda por variación de pH.








CÂMARA DE LUZ
ULTRAVIOLETA
495


495

Anexo 17: Imágenes de la evaluación de estabilidad oxidativa de leche cruda













Anexo 18: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	MÉTODOLOGÍA
Problema General	**Objetivo General**	**Hipótesis General**		
¿Cuánto es el tiempo de conservación de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho, almacenada bajo diferentes temperaturas, mediante el método Oxitest?	Determinar el tiempo de conservación de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho, almacenada a diferentes temperaturas, mediante el método Oxitest, 2025	Es posible determinar el tiempo de conservación de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho, almacenada a diferentes temperaturas, mediante el método Oxitest.	**VARIABLE INDEPENDIENTE** - Tiempo de conservación - Temperatura de almacenamiento **VARIABLE DEPENDIENTE** - Variación de pH - Estabilidad oxidativa	**Tipo de investigación** Aplicada **Nivel de investigación** Descriptivo **Diseño de investigación** No experimental **Población** Comercializadores de leche cruda en el distrito de Ayacucho **Muestra** Punto de venta tienda UNSCH Punto de venta Cinco Esquinas Punto de venta Puente Enace **Tipo de Muestreo** No probabilístico
Problema Específicos	**Objetivo Específicos**	**Hipótesis Específicos**		
▪ ¿Cuáles son las leches frescas crudas comercializadas en el distrito de Ayacucho que cumplen con la calidad fisicoquímica según la NTP 202.001:2016? ▪ ¿Cuál es el comportamiento del pH de las leches crudas comercializadas en el distrito de Ayacucho durante su almacenamiento a diferentes temperaturas 4, 10 y 20°C? ▪ ¿Cuánto tiempo de estabilidad oxidativa presenta la leche cruda, determinada mediante el método Oxitest?	▪ Evaluar las leches frescas crudas comercializadas en el distrito de Ayacucho si cumplen con la calidad fisicoquímica según la NTP 202.001:2016. ▪ Evaluar el comportamiento del pH de las leches crudas comercializadas en el distrito de Ayacucho durante su almacenamiento a diferentes temperaturas 4, 10 y 20°C. ▪ Evaluar el tiempo de estabilidad oxidativa de la leche cruda mediante el método Oxitest.	• Las leches frescas crudas comercializadas en el distrito de Ayacucho cumplen con la calidad fisicoquímica según la NTP 202.001:2016. • Existe variación en el comportamiento del pH de las leches crudas comercializadas en el distrito de Ayacucho durante su almacenamiento a diferentes temperaturas 4,10 y 20°C. • El tiempo de estabilidad oxidativa de las leches crudas determinada mediante el método Oxitest es muy corta.		

Determinación del tiempo de conservación de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho, almacenada a diferentes temperaturas, mediante el método Oxitest, 2025

Determination of the shelf life of raw milk sold in the Ayacucho district and stored at different temperatures using the Oxitest method, 2025

Autor: Yenifer Angela Lizarbe Felix

Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

yenifer.lizarbe.32@unsch.edu.pe

Resumen

La investigación tuvo como objetivo determinar el tiempo de conservación de la leche cruda, almacenada a diferentes temperaturas, mediante método Oxitest, 2025. Se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental de nivel descriptivo. La población estuvo conformada por todos los comercializadores de leche cruda y la muestra son tres puntos de venta, seleccionadas mediante muestreo no probabilístico. Los resultados fisicoquímicos fueron porcentaje de grasa (3,17 a 3,9 %); solidos no grasos (8,74 – 9,0 %); punto de congelación (-0,600 a -0,550); proteína (3,15 a 3,36 %); lactosa (4,64 a 5,10 %); sales minerales 0,7 y agua añadida 0,0%; cumpliendo con lo establecido por la NTP 202:001.2016; la evaluación por variación de pH resultó que a temperatura de 4 y 10°C tiene mejor tiempo de

conservación en el punto de venta tienda UNSCH con 21,06 y 17,7 horas respectivamente; a 20°C la leche cruda de cinco esquinas resultó 13,5 horas; y para la estabilidad oxidativa; en la fase de iniciación el (IP) para tienda UNSCH resultó 1047 minutos; para cinco esquinas 1005 minutos y puente Enace 929 minutos.

Palabras clave: Leche cruda; tiempo de conservación; Oxitest, pH; Milkotester.

Abstract

The objective of this study was to determine the shelf life of raw milk stored at different temperatures using the Oxitest 2025 method. The study was conducted using a quantitative approach with a descriptive, non-experimental design. The population consisted of all raw milk retailers, and the sample comprised three retail outlets selected through non-probability sampling. The physicochemical results were as follows: fat content (3.17–3.9%); nonfat solids (8.74–9.0%); freezing point (-0.600 to -0.550); protein (3.15–3.36%); lactose (4.64–5.10%); mineral salts 0.7, and added water 0.0%; all in compliance with NTP 202:001.2016. The pH variation assessment showed that at temperatures of 4 and 10°C, the UNSCH store had the longest shelf life at the point of sale, with 21.06 and 17.7 hours, respectively; at 20°C, “Cinco Esquinas” raw milk had a shelf life of 13.5 hours; and for oxidative stability, in the initiation phase, the IP for the UNSCH store was 1,047 minutes; for “Cinco Esquinas,” 1,005 minutes; and for “Puente Enace,” 929 minutes.

Keywords: Raw milk; shelf life; Oxitest, pH; Milkotester

I. Introducción

La venta de leche cruda en la región es una tradición arraigada ya que para el consumidor es una opción económica, sin embargo, la leche cruda es un alimento altamente perecedero debido a su alta actividad de agua. Los factores que afectan la vida útil de la leche cruda es la temperatura de almacenamiento y transporte. Estos factores hacen que se generen fluctuaciones térmicas que favorecen el crecimiento microbiano, la degradación de compuestos bioactivos y cambios fisicoquímicos indeseables.

A nivel internacional Cañar et al. (2024); evaluó la calidad fisicoquímica e higiénico-sanitaria de la leche cruda considerando distintos sistemas de ordeño (manual y mecánico) y tipos de alimentación pasto natural y fermentado.

La composición de la leche puede ser variable, pero se puede afirmar que tiene 87,1% de agua, 3.3% de proteínas, 5,0% de carbohidratos, 3,9% de grasas y 0,7% de minerales. El tipo de alimento que consumió la vaca, su edad, raza, etapa de lactancia, estación del año y hasta la hora de ordeña influyen en la composición, (Morales y Riveros, 2014; Valenzuela, 2017).

Asimismo Caruso et al. (2017) evaluó la estabilidad oxidativa de los productos de panadería mediante el método Oxitest y el análisis sensorial. La peroxidación lipídica es una de las reacciones químicas más básicas que afecta negativamente a la calidad nutricional y la seguridad de los sistemas lipídicos. En cuanto a la concentración de hidroperóxidos lipídicos (LOOH) como productos primarios de la oxidación, el proceso suele ocurrir en tres etapas

consecutivas: iniciación, propagación y terminación.; (Farhoosh, 2021a). Otros estudios como los de Ding et al. (2024), investigaron el deterioro de la calidad de los productos lácteos ultra altos durante su vida útil: microorganismos centrales y características relacionadas.

II. Metodología

2.1. Delimitación del área de estudio

La zona geográfica donde se realizó la investigación fue la provincia de Huamanga del distrito de Ayacucho.

2.2. Metodología de estudio

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental de nivel descriptivo. La población se conformó por todos los comercializadores de leche cruda y la muestra son tres puntos de venta (punto de venta Tienda UNSCH, Cinco Esquinas y Puente Enace), seleccionadas mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Se emplearon técnicas de análisis fisicoquímico de la leche cruda por pruebas rápidas usando equipo Milkotester, determinación de vida útil por cambios químicos (pH) a diferentes temperaturas y estabilidad oxidativa acelerada de grasa de leche con equipo Oxitest.

2.3. Recolección y preparación de muestras

Se obtuvieron las muestras utilizando frascos previamente estériles de 4 litros de capacidad, en el laboratorio, las muestras se dividieron en porciones más pequeñas, para cada punto de 15 ml para el análisis fisicoquímico; 250 ml

para el análisis de variación de pH y para el análisis por método Oxitest se utilizó 1 litro de leche respectivamente, y cada una de ellas fueron analizadas por triplicado con el fin de garantizar la precisión.

III. Resultados y discusión

3.1 Calidad fisicoquímica de la leche cruda

Tabla 1

Evaluación fisicoquímica de leche cruda

	Tienda UNSCH (PTU)		Punto Enace (PE)		Cinco Esquinas (PCE)	
Grasa (%)	3,9	±0,1	3,50	±0,2	3,17	±0,1
Solidos no grasos (%)	9,0	±0,1	8,74	±0,1	9,42	±0,1
Densidad (°L)	30,75	±0,5	29,71	±0,1	32,47	±0,4
Punto de congelación (°C)	-0,575	0,0	-0,550	0,0	-0,600	0,0
Agua (%)	0,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
Proteína (%)	3,3	±0,1	3,15	±0,1	3,36	±0,1
Lactosa (%)	4,9	±0,1	4,64	±0,1	5,10	±0,1
Sales minerales (m^2/cm)	0,7	±0,001	0,70	±0,001	0,70	±0,001

En el punto de venta tienda UNSCH (PTU) la cantidad de **grasa** de la leche es de 3,9%, en el punto de venta puente Enace (PE) es 3,5% y punto de venta cinco esquinas (PCE) 3,17%; Villar et al. (2025) afirma que en la leche cruda no debe tener menos de 3,25%; y según la (NTP 202.001:2016) indica que como mínimo la cantidad de grasa debería ser 3,2%; los **sólidos no grasos** obtenidos fueron (PTU es 9,0%; PE 8,74 % y PCE 9,42 %); Alais (1988) indica que, deben estar entre 8,4% a 9,2% si el valor resulta menor a

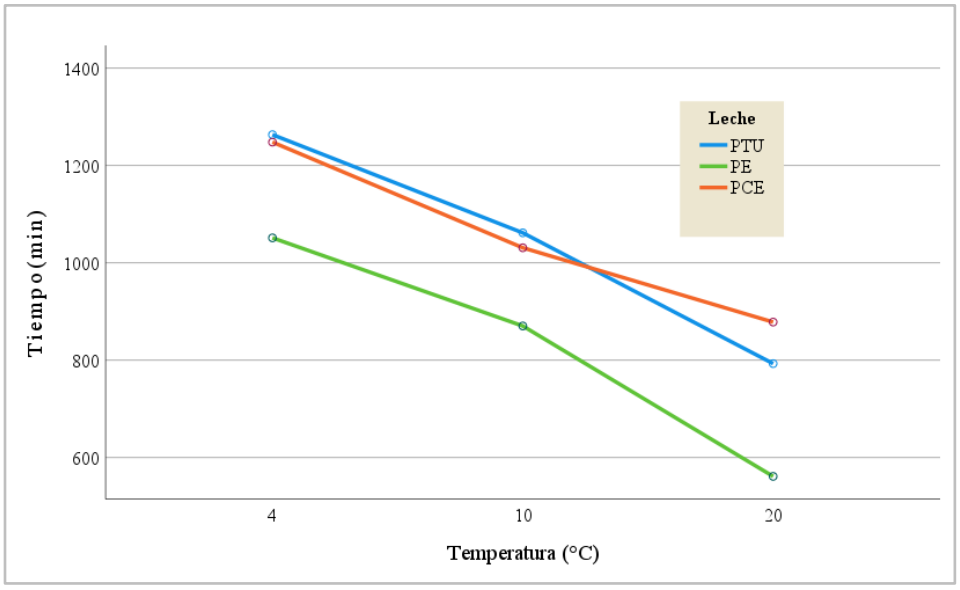
este rango la leche es de mala calidad o se adicionó agua y según la (NTP 202.001:2016) como mínimo debe ser 8,2 %; la **densidad** obtenida en tienda UNSCH (PTU) es 1,03075 g/cm^3 (30,75 °L); puente Enace 1,02971 g/cm^3 (29,71 °L) y cinco Esquinas 1,03247 g/cm^3 (32,47 °L), Gustavo et al. (2009) sostiene que la leche cruda debe fluctuar entre 1,0280 a 1,0340 g/cm^3 y de acuerdo a la NTP 202.001:2016 debe ser 1,0280 a 1,0340 g/cm^3; el **punto de congelación** en el PTU resultó -0,575 °C; en el PE es -0,550°C y en el PCE es -0,600°C; según Giovanni et al. (2021) indica que debe encontrarse entre -0,530 a -0,550 °C y según la NTP 202.001:2016 como máximo debe ser -0,540°C; lo que descarta adición de agua; la **proteína** en el PTU es 3,3%, PE es de 3,15% y en el PCE 3,36 % Contero et al. (2021) menciona que los valores aceptables de proteína deben ser 3,01% a 3,25% sin embargo Villar et al. (2025) menciona que deben estar entre 2,73% a 2,9%,; la **lactosa** de la leche cruda del PTU resultó 4,9%; en PE fue 4,64% y en PCE 5,10% según Alfaro et al.(2014) indica que debe encontrarse entre 4,7 a 5,2% lo cual en los puntos de venta cumplen con la cantidad de lactosa en leche cruda al igual que la evaluación realizada por Villar et al. (2025) que obtuvo entre 4,67 a 4,97 %, además es necesario señalar que la NTP 202.001:2016 no muestra exactamente un valor mínimo de lactosa; las **sales minerales** obtenidos de las muestras evaluadas para los tres puntos (PTU, PE y PCE) resultaron 0,7%, según Abril y Pillco (2013) al respecto indican que los minerales como máximo debe ser 0,72% y las muestras que se evaluaron se encontraron dentro de este

rango e indica un adecuado estado sanitario y este resultado contribuye a indicar que la leche tiene estabilidad y calidad adecuada.

3.2. Evaluación de vida útil de la leche cruda por variación de pH a diferentes temperaturas

Figura 1

Variación de pH de la leche cruda obtenida de tienda UNSCH almacenada a temperatura 4, 10 y 20 °C



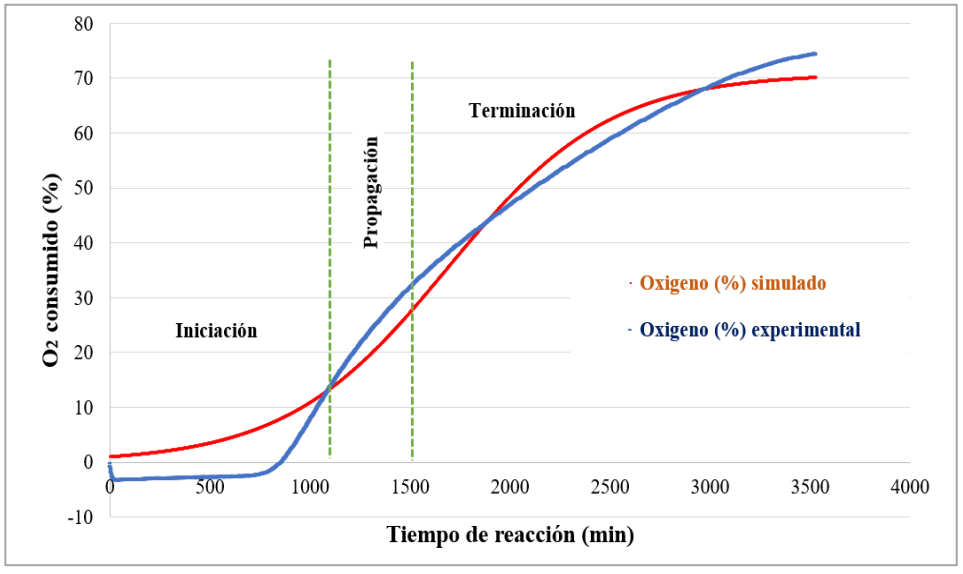
La evaluación de conservación de leche cruda del punto tienda UNSCH (PTU) se encontraba con un pH inicial de 6,67 según Guevara (2014) menciona que la leche de buena calidad se encuentra con un pH de 6,5 a 6,7 y Villar et al. (2025) indica que una leche fresca debe tener un pH de 6,7; por ello se sometió a una temperatura de conservación de 20°C (pH inicial 6,67) el deterioro inicia a partir del minuto 792 y se conservó por 13,2 horas; a una temperatura de 10°C el deterioro inicia en el minuto 1064 y se conserva 17,7 horas y a 4 °C la desestabilización comenzó en el minuto 1264 y se conservó

21,06 horas. En el punto cinco esquinas (PCE) el pH inicial fue 6,61; entonces podemos mencionar que a una temperatura de 20°C la leche inicia su deterioro a partir del minuto 820 y se conserva 13,5 horas; a una temperatura de 10°C el tiempo de deterioro inicia al minuto 1031 y se conserva 17 horas y a temperatura de 4 °C el deterioro inicia en el minuto1240 y se conserva 20,6 horas después de la compra de leche cruda; en el punto de venta puente Enace (PE), a temperatura de 20°C el deterioro de la leche inicia en el minuto 561 y se conserva 9 horas; a 10°C el deterioro se da en el minuto 870 y se conserva 14,5 horas y a una temperatura de 4°C el deterioro se dio en el minuto 1051 y se conserva 17,5 horas; según Aydogdu et al. (2023) asevera que el pH de una leche adecuada para consumo humano debe ser de 6,5 hasta 6,8.

3.3 Estabilidad oxidativa acelerada de la grasa de leche cruda

Figura 2

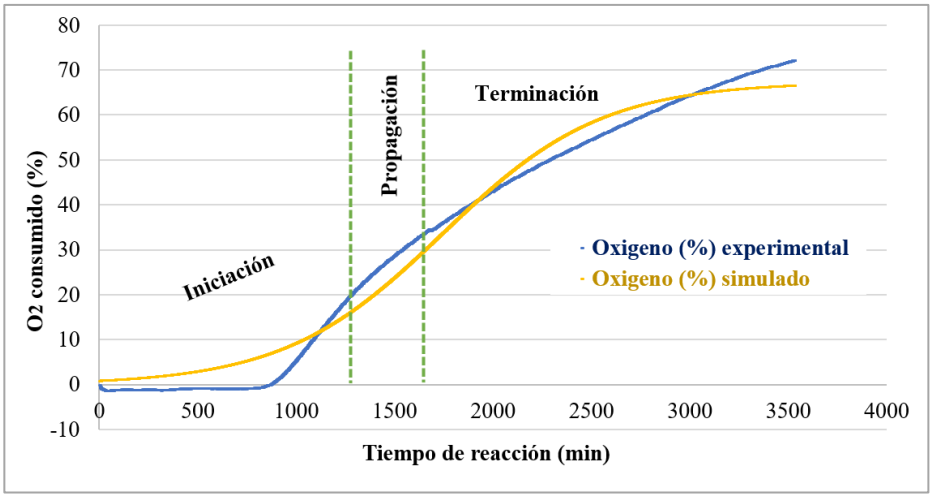
Curva cinética del consumo de oxígeno en función al tiempo de la leche cruda del punto de venta de cinco esquinas a 90°C.



La curva de consumo de oxígeno para la leche cruda adquirida en el punto de venta Cinco Esquinas el cual muestra las tres fases de la oxidación lipídica de la leche cruda, en la fase de iniciación la leche cruda de este punto culmina en el minuto 1005 equivalente a (16,75 horas) es aquí donde la leche cruda aún se mantiene su estabilidad oxidativa, luego pasa a la fase de propagación donde inicia en el minuto 1006 hasta el minuto 1491 (24,85 horas)

Figura 3

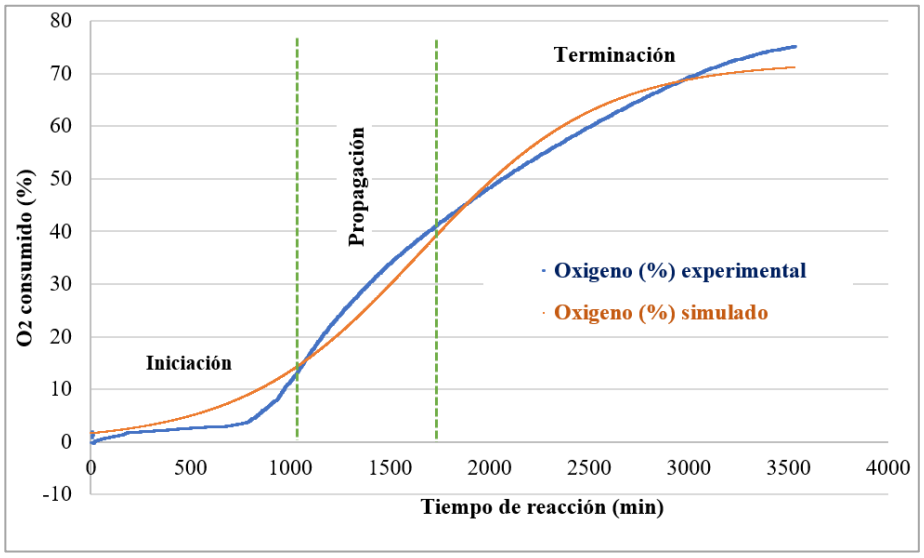
Curva cinética del consumo de oxígeno en función al tiempo de la leche cruda del punto de venta de tienda UNSCH a 90°C



La curva de consumo de oxígeno para la leche cruda adquirida en el punto de venta tienda UNSCH mostrando las fases de oxidación lipídica de la leche cruda, en la fase de iniciación la leche cruda de este punto culmina en el minuto 1047 (17,45 horas) continuando la fase de propagación hasta el minuto 1501 (25 horas) y finalmente la última fase de terminación en el minuto 3528 (58,8 horas). Entonces la estabilidad oxidativa de la leche de este punto de venta tiene 17 horas.

Figura 4

Curva cinética del consumo de oxígeno en función al tiempo de la leche cruda del punto de venta puente Enace a 90°C



La curva de consumo de oxígeno para la leche cruda adquirida en el punto de venta puente Enace, la fase de iniciación de la leche cruda culmina en el minuto 1047 (17,45 horas) continuando con la fase propagación donde inicia en el minuto 1048 hasta el minuto 1501 equivalente a (25 horas) y finalmente la última fase de terminación culmina en el minuto 3528 (58,8 horas), entonces la leche de este punto de venta tiene una estabilidad oxidativa de 17 horas. Domínguez et al. (2019) indica que la oxidación de los lípidos es un proceso muy complejo y lo principal es la oxidación atmosférica; en las figuras 2,3 y 4 se observa que la leche cruda que se comercializa en el punto de venta de tienda UNSCH presenta mejor estabilidad oxidativa en función a las otras dos muestras, Farhoosh (2021a); menciona que la oxidación lipídica afecta la calidad nutricional del producto y la reacción se produce en tres fases sucesivas y los hidroperóxidos lipídicos son intermedios inestables que descomponen

fácilmente el alimento. Las curvas cinéticas experimentales del punto de venta puente Enace y el punto de venta cinco esquinas tienen una ligera variación de estabilidad oxidativa.

Conclusiones

1. La leche cruda procedente de los tres puntos de venta cumplen con los estándares de calidad composicional establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 202.001:2016, encontrándose dentro de los límites permisibles para los parámetros evaluados.
2. La variación de pH permitió establecer diferencias en el tiempo de conservación de la leche cruda según el punto de venta y la temperatura de almacenamiento. A 4°C y 10°C, la leche del punto de venta tienda UNSCH presentó los mayores tiempos de conservación, con 21 y 17 horas, respectivamente; mientras que, a 20°C, la leche del punto de venta Cinco Esquinas alcanzó el mayor tiempo de conservación, con 13 horas.
3. La estabilidad lipídica de la leche cruda en el punto de venta tienda UNSCH presentó la mejor estabilidad oxidativa, se evidenció un mayor periodo de inducción (IP = 1047 min) y un mayor tiempo en la fase de propagación (tp = 1501 minutos).

Referencia bibliográfica

Abril Torres, A. F., & Pillco Orozco, V. E. (2013). *Calidad fisicoquímica de la leche cruda que ingresa a la ciudad de Cuenca, para su*

comercialización.
http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4825

Alais, Charles. (1988). *Ciencia de la Leche. Principios de Tecnica Lechera (A. Lacasa Godina, Tran.)*. Compañía Editorial Continental, 1–594.

Alfaro Rodriguez; Hurtarte Rodriguez y Valle Hernandez. (2014). *Implementación de un manual de ordeño higiénico en dos establecimientos lecheros y evaluación de su efectividad mediante análisis microbiológico en el departamento de Sonsonate, El Salvador.* https://repositorio.ues.edu.sv/bitstreams/1a4ac87b-4c5d-4835-9ea7-e1207c457b4b/download

Aydogdu, T., O'Mahony, J. A., & McCarthy, N. A. (2023). pH, the Fundamentals for Milk and Dairy Processing: A Review. In *Dairy* (Vol. 4, Number 3, pp. 395–409). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/dairy4030026

Cañar-Ramos, S., García-Montes, Y., Aldas-Morejón, J., Revilla-Escobar, K., Caicedo-Álvarez, E., & Arguello-Cedeño, J. (2024). Determinación de la calidad fisicoquímica e higiénico sanitaria de leche cruda considerando distintos sistemas de ordeño y tipos de alimentación. *Revista Peruana de Investigación Agropecuaria*, *3*(1), e53. https://doi.org/10.56926/repia.v3i1.53

Caruso, M. C., Galgano, F., Colangelo, M. A., Condelli, N., Scarpa, T., Tolve, R., & Favati, F. (2017). Evaluation of the oxidative stability of bakery

products by OXITEST method and sensory analysis. *European Food Research and Technology*, *243*(7), 1183–1191. https://doi.org/10.1007/s00217-016-2831-9

Contero, R., Requelme, N., Cachipuendo, C., Acurio, D., Contero, R., Requelme, N., Cachipuendo, C., & Acurio, D. (2021). Calidad de la leche cruda y sistema de pago por calidad en el Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de La Vida,* *33*(1), 31–43. https://doi.org/10.17163/LGR.N33.2021.03

Ding, R., He, K., Wu, R., Lou, M., Liu, Z., Piao, Y., Liu, X., Mu, Z., & Wu, J. (2024). Research on the quality deterioration of ultrahigh temperature milk products during shelf life: core microorganisms and related characteristics. *Food Science and Human Wellness*, *13*(5), 2866–2875. https://doi.org/10.26599/FSHW.2022.9250232

Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2019). *A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products*. Antioxidants 2019, Vol. 8, Page 429, 8(10), 429. https://doi.org/10.3390/ANTIOX8100429

Farhoosh, R. (2021a). Critical kinetic parameters and rate constants representing lipid peroxidation as affected by temperature. *Food Chemistry*, *340*. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128137

Giovanni, M., Knorr, B., De Desarrollo, G., Rómulo, O., Echeverry, M., De Dirección, R., Milena, A., & Caicedo, L. (2021). *Procedimiento determinación del punto de crioscopia en leches*.

Guevara Contreras, M. (2014). Evaluación físico - química e higiénica de la producción de leche fresca en el distrito de Sócota, Cutervo, Cajamarca, 2015. *SAGASTEGUIANA*, *2*(2), 157–164.

Gustavo, L., Merli, F., Nestor, I., & Ricciuti, O. (2009). *Microbiología de la leche*. http://www.edutecne.utn.edu.ar

Morales Pávez, R., & Subiabre Riveros, I. (2014). *Desarrollo de una línea base para la potencial generación de productos lácteos diferenciados y protocolos de producción de leche y derivados de alto valor nutricional.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Remehue. https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/31891

NTP 202.001, N. T. P. (2016). *Norma Técnica Peruana - NTP 202.001 2016 LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Leche cruda. Requisitos 6ª Edición*.

Valenzuela, H. (2017). Estudio de la prevalencia del mal de altura en ganado vacuno de la raza Brown swiss, de la Sierra Central de Perú, abril 2017 (Study of the prevalence of altitude sickness in cattle of the Brown Swiss breed, from the Central Sierra of Peru, April 2017). *Ciencia y Desarrollo*, *20*(2), 17. https://doi.org/10.21503/CYD.V20I2.1482

Villar, F. A., Estremadoyro, L. G., Pantoja Esquivel, R., Sánchez, N. M., Unchupaico Payano, I., Huamán De La Cruz, A., Villar, F. A., Estremadoyro, L. G., Pantoja Esquivel, R., Sánchez, N. M., Unchupaico Payano, I., & Huamán De La Cruz, A. (2025). Evaluación de la calidad fisicoquímica, microbiana e higiénica de la leche de vaca producida por rebaños en los Andes peruanos. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de La Vida*, *41*(1), 127–139. https://doi.org/10.17163/LGR.N41.2025.08

ESCUELA DE
POSGRADO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD Nº0169-2026-UNSCH-EPG/KBA

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de Posgrado en segunda instancia para la **Escuela de Posgrado – UNSCH**; en cumplimiento a la Resolución Directoral Nº002-2026-UNSCH-EPG/D, Reglamento de Originalidad de trabajos de Investigación de la UNSCH, otorga lo siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

AUTOR	Bach. YENIFER ANGELA LIZARBE FELIX
DENOMINACIÓN DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS	MAESTRÍA EN AGRONEGOCIOS
GRADO ACADÉMICO QUE OTORGA	MAESTRO
DENOMINACIÓN DEL GRADO ACADÉMICO	MAGISTER SCIENTIAE EN AGRONEGOCIOS
TÍTULO DE TESIS	Determinación del tiempo de conservación de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho, almacenada a diferentes temperaturas, mediante el método Oxitest, 2025
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD	19% de similitud
N° DE TRABAJO	3073153125
FECHA	28 de octubre de 2026

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es procedente otorgar la constancia de originalidad con depósito.

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que crea conveniente.

28 de octubre de 2026.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA DE POSGRADO
Mg. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO
Sub Director de Investigación

CC.
Archivo
KBA/

Determinación del tiempo de conservación de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho, almacenada a diferentes temperaturas, mediante el método Oxitest, 2025

por Yenifer Angela LIZARBE FELIX

Fecha de entrega: 28-oct-2026 06:41a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 3073153125
Nombre del archivo: Yenifer_Angela_LIZARBE_FELIX_T.docx (4.72M)
Total de palabras: 17814
Total de caracteres: 96334

Determinación del tiempo de conservación de la leche cruda comercializada en el distrito de Ayacucho, almacenada a diferentes temperaturas, mediante el método Oxitest, 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	16%	5%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	4%
2	www.saber.ula.ve Fuente de Internet	2%
3	docs.google.com Fuente de Internet	1%
4	1library.co Fuente de Internet	1%
5	www.milenaria.umich.mx Fuente de Internet	1%
6	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uho.edu.cu Fuente de Internet	1%
8	slideum.com Fuente de Internet	1%
9	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
10	www.thefreelibrary.com Fuente de Internet	1%
11	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
12	revistasbolivianas.umsa.bo Fuente de Internet	<1%
13	amanglana.unag.edu.hn Fuente de Internet	<1%
14	dspace.unicundi.edu.co:8080 Fuente de Internet	<1%
	repositorio.ulima.edu.pe	

15	Fuente de Internet	<1 %
16	scielo.senescyt.gob.ec Fuente de Internet	<1 %
17	www.kerwa.ucr.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
21	ppct.caicyt.gov.ar Fuente de Internet	<1 %
22	libros.utb.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
23	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
24	revistas.unaaa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.una.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to ITESM: Instituto Tecnologico y de Estudios Superiores de Monterrey Trabajo del estudiante	<1 %
28	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
30	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	"Efecto de la suplementación con aceite de soya y aceite de pescado en dietas de vacas lecheras sobre la expresión de genes relacionados con el metabolismo de lípidos en tejido adiposo subcutáneo.", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2020	<1 %

	Publicación	
32	Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral Trabajo del estudiante	<1 %
33	repositorio.upec.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 30 words
Excluir bibliografía	Activo		

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR
EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER SCIENTIAE EN AGRONEGOCIOS
RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°00890-2026-UNSCH-EPG/D.

Siendo las 07:00 p.m. del 03 de setiembre de 2026 se reunieron en el auditórium de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis, presidido por el **Dr. JOHNNY ALDO TINCO JAYO** Director de la Escuela de Posgrado, el **Dr. RAUL JOSE PALOMINO MARCATOMA** Director de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, e integrado por los siguientes miembros: **Dr. LUIS ARTURO RODRIGUEZ ZAMORA** y la **Mg. GLORIA BETTI ADRIANZEN FACUNDO**; para la sustentación oral y pública de la tesis titulada: **DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE CONSERVACIÓN DE LA LECHE CRUDA COMERCIALIZADA EN EL DISTRITO DE AYACUCHO, ALMACENADA A DIFERENTES TEMPERATURAS, MEDIANTE EL MÉTODO OXITEST, 2025,** presentado por la **Bach. YENIFER ANGELA LIZARBE FELIX.** Teniendo como asesor al **Dr. ALBERTO LUIS HUAMANI HUAMANI.**

Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar el Grado Académico de **MAGISTER SCIENTIAE EN AGRONEGOCIOS.** Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por la graduanda.

A continuación, el Jurado Examinador y Calificador de Tesis procedió a la votación, la que dio como resultado el siguiente calificativo: DIECISEIS (16).

CALIFICACION (x)	
Aprobado(a) por Unanimidad.	X
Aprobado(a) por Mayoría.	
Desaprobado(a) por Unanimidad.	
Desaprobado(a) por Mayoría.	

Marcar con un aspa (x).

Luego, el presidente del Jurado recomienda que la Escuela de Posgrado proponga que se le otorgue a la **Bach. YENIFER ANGELA LIZARBE FELIX,** el Grado Académico de **MAGISTER SCIENTIAE EN AGRONEGOCIOS.** Siendo las 10:55 P.M. hrs. se levanta la sesión.

Se extiende el acta en la ciudad de Ayacucho, a las 11:00 P.M. hrs. del 03 de setiembre de 2026.

Dr. JOHNNY ALDO TINCO JAYO
Director de la Escuela de Posgrado.

Dr. RAUL JOSE PALOMINO MARCATOMA
Director de la UPG-FCA.

Dr. LUIS ARTURO RODRIGUEZ ZAMORA
Miembro.

Mg. GLORIA BETTI ADRIANZEN FACUNDO
Miembro.

Dr. ENRIQUE JAVIER AGUILAR FELICES
Secretario Docente.

Observaciones:

.....

.....