

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: “Determinación de antibióticos en leche cruda en pequeños acopiadores en la zona urbana de Tulcán.”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniera en Agropecuaria

AUTORA: Chicaiza Chamorro Scarleth Mickaela.

TUTOR: MSc. Balarezo Urresta Luis Rodrigo. PhD.

Tulcán, 2026.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante Chicaiza Chamorro Scarleth Mickaela, con el número de cédula 0401747639. Ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Determinación de antibióticos en leche cruda en pequeños acopiadores en la zona urbana de Tulcán."

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

MSc. Balarezo Urresta Luis Rodrigo, PhD.

TUTOR

Tulcán, julio de 2026

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Chicaiza Chamorro Scarleth Mickaela con cédula de identidad número 0401747639. Declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Chicaiza Chamorro Scarleth Mickaela

AUTORA

Tulcán, julio de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Chicaiza Chamorro Scarleth Mickaela, declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Determinación de antibióticos en leche cruda en pequeños acopiadores en la zona urbana de Tulcán" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Chicaiza Chamorro Scarleth Mickaela

AUTORA

Tulcán, julio de 2026

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, por brindarme la oportunidad de acceder a una formación académica de calidad y permitirme desarrollarme como profesional. Su compromiso con la educación ha sido fundamental para alcanzar esta importante meta en mi vida.

De manera especial, manifiesto mi profundo agradecimiento a mi tutor de tesis, el Dr. Luis Balarezo, por su confianza, orientación y apoyo constante durante el desarrollo de este trabajo de investigación. Sus conocimientos, experiencia y dedicación fueron esenciales para guiar cada etapa de este proceso y para fortalecer mi formación académica y profesional.

Asimismo, extiendo mi reconocimiento a todos los docentes que formaron parte de mi proceso de aprendizaje, quienes con su compromiso, enseñanzas y vocación contribuyeron significativamente a mi preparación como profesional.

Finalmente, expreso mi gratitud a los ingenieros que colaboraron y brindaron su apoyo durante la realización de esta tesis, aportando con sus conocimientos y experiencia para la correcta ejecución de este proyecto de investigación.

A todos ellos, mi más profundo agradecimiento por su valiosa contribución en la culminación de este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis, en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la oportunidad de culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mi papi Jorge y a mi mami Marcia, quienes siempre han estado para mí, apoyándome y acompañándome en cada paso de mi camino, formándome como persona y brindándome sus valores.

A mis padres Andrés y Mary, quienes me dieron la vida y me enseñaron a ser fuerte ante cada obstáculo que se presenta en el camino.

A mis hermanos, a quienes siempre he visto crecer y ser mejores cada día.

A mi tía Yoli, por su cariño y por impulsarme siempre a seguir adelante.

A Mathias, por ser durante mi carrera un gran compañero, amigo, brindándome su amor y apoyo en todo momento.

A mis primas, mis tíos y a toda mi familia, quienes han sido un lazo fuerte en mi vida, brindándome cariño, apoyo y confianza en cada momento.

Para mi papi Jorge Chamorro, mi brújula, norte y guía, te llevo en mi corazón, y esto es para ti.

ÍNDICE

RESUMEN.....	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
I. EL PROBLEMA.....	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	18
1.4.1. Objetivo General	18
1.4.2. Objetivos Específicos	18
1.4.3. Preguntas de Investigación	18
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.2. MARCO TEÓRICO	23
2.2.1 Piquero.....	23
2.2.2 Dimensión sanitaria.....	23
2.2.3 Dimensión económica	24
2.2.4 Dimensión social	24
2.2.5 Producción que hacen libremente los pequeños productores	24
2.2.6 ¿Qué es la leche cruda?	25
2.2.7 Producción y comercialización de leche cruda	26
2.2.8 Antibióticos en la producción bovina	29
2.2.9 Efectos de los residuos de antibióticos en la leche	32
III. METODOLOGÍA	39

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	39
3.1.1. Enfoque	39
3.1.2. Tipo de Investigación.....	40
3.2. HIPÓTESIS	41
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	42
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	43
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	44
3.5.1 Chi cuadrado.....	45
3.5.2 Población	46
3.5.3 Muestra	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. RESULTADOS	48
4.2. DISCUSIÓN	57
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1. CONCLUSIONES	62
5.2. RECOMENDACIONES	62
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
VII. ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	42
Tabla 2. Cálculo del Chi cuadrado	46
Tabla 3. Parroquia Gonzáles Suárez	48
Tabla 4. Resumen de los resultados Gonzales Suarez 76%	49
Tabla 5. Muestras Parroquia Gonzáles Suárez	51
Tabla 6. Definición de códigos, parroquia González Suarez.....	51
Tabla 7. Parroquia Tulcán	53
Tabla 8. Resumen de los resultados Tulcán 52%	53
Tabla 9. Siglas de los resultados	55

Tabla 10. Consecutivita de tomas de muestras en la parroquia Tulcán	55
Tabla 11. Definición de códigos, parroquia Tulcán.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje positivo en la parroquia Gonzáles Suarez.....	49
Figura 2. Porcentaje positivo en la parroquia Tulcán.....	53
Figura 3. Tratamiento de muestras.....	69
Figura 4. Tirillas rápidas de detección BTS Gonzales Suárez	69
Figura 5. Tirillas rápidas de detección BTS Tulcán	70
Figura 6. Manual del kit	70
Figura 7. Incubadora de muestras.....	70
Figura 8. Toma de muestras Gonzales Suárez 1	71
Figura 9. Toma de muestras Gonzales Suárez 2.....	71
Figura 10. Toma de muestras Gonzales Suárez 3.....	71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	67
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas	68
Anexo 3. Tratamiento de las muestras.....	69
Anexo 4. Toma de muestras Gonzales Suarez	71

RESUMEN

La venta de leche cruda por pequeños acopiadores forma parte del abastecimiento diario en las parroquias urbanas del cantón Tulcán, donde numerosos consumidores adquieren el producto sin procesos de pasteurización ni control sanitario previo. El uso de antibióticos en bovinos lecheros, cuando no se cumplen los períodos de retiro, puede generar residuos farmacológicos en la leche destinada al consumo humano y afectar la inocuidad alimentaria y la salud pública. El estudio determinó la presencia de residuos de antibióticos en leche cruda distribuida por piqueros e identificó los grupos farmacológicos. Se analizaron 190 muestras recolectadas de 19 pequeños acopiadores urbanos; 90 correspondieron a la parroquia González Suárez y 100 a la parroquia Tulcán. La detección se realizó mediante pruebas rápidas inmunocromatográficas para betalactámicos, tetraciclinas y sulfonamidas. Los datos se procesaron mediante estadística descriptiva para comparar la positividad entre parroquias y reconocer el comportamiento de cada grupo farmacológico. En la parroquia González Suárez se registraron 68 muestras positivas de 90 analizadas, equivalentes al 75,56 %, mientras que en Tulcán se identificaron 52 resultados positivos de 100 muestras, correspondientes al 52 %. En la primera parroquia predominaron las sulfonamidas con 65,6 %, seguidas de betalactámicos con 29,7 % y tetraciclinas con 4,7 %. En Tulcán, sulfonamidas y betalactámicos alcanzaron 39,5 % cada uno y las tetraciclinas representaron 20,9 %. La presencia de residuos antibióticos evidenció deficiencias en el manejo sanitario y la necesidad de fortalecer la vigilancia, la capacitación y la trazabilidad para proteger al consumidor y promover medidas sanitarias para consumidores potencialmente expuestos.

Palabras Claves: leche cruda, betalactámicos, tetraciclinas y sulfonamidas, piqueros

ABSTRACT

The sale of raw milk by small-scale collectors is part of the daily supply in the urban parishes of Tulcán canton, where many consumers purchase the product without prior pasteurization or health inspections. The use of antibiotics in dairy cattle, when withdrawal periods are not observed, can result in drug residues in milk intended for human consumption and affect food safety and public health. The study determined the presence of antibiotic residues in raw milk distributed by small-scale collectors and identified the pharmacological groups. A total of 190 samples were analyzed, collected from 19 small urban milk collectors; 90 samples were from González Suárez parish and 100 from Tulcán parish. Detection was performed using rapid immunochromatographic tests for betalactams, tetracyclines, and sulfonamides. The data were processed using descriptive statistics to compare positivity rates between parishes and to identify the patterns of each pharmacological group. In González Suárez parish, 68 positive samples were recorded out of 90 analyzed, equivalent to 75.56%, while in Tulcán, 52 positive results were identified out of 100 samples, corresponding to 52%. In the first parish, sulfonamides predominated at 65.6%, followed by beta-lactams at 29.7% and tetracyclines at 4.7%. In Tulcán, sulfonamides and beta-lactams each accounted for 39.5%, while tetracyclines accounted for 20.9%. The presence of antibiotic residues highlighted deficiencies in health management and the need to strengthen surveillance, training, and traceability to protect consumers and promote health measures for potentially exposed consumers.

Keywords: Raw milk, beta-lactams, tetracyclines, and sulfonamides, small-scale collectors

INTRODUCCIÓN

Cada día, miles de litros de leche cruda circulan por las ciudades antes de llegar a los hogares, mercados y pequeños establecimientos comerciales. Para la mayoría de los consumidores, ese producto representa un alimento cotidiano asociado con nutrición y tradición; sin embargo, pocas veces se conoce el recorrido que sigue desde la finca hasta el punto de venta o las condiciones sanitarias bajo las cuales fue producido, transportado y distribuido. La confianza depositada en un alimento de consumo diario contrasta con la escasa información disponible sobre algunos riesgos que pueden permanecer invisibles para quien lo adquiere, entre ellos la presencia de residuos de antibióticos derivados del tratamiento del ganado bovino.

El empleo de medicamentos veterinarios resulta indispensable para controlar enfermedades y preservar la salud de los animales; por esa razón, su utilización forma parte de las prácticas habituales dentro de los sistemas de producción lechera. El problema aparece cuando los períodos de retiro no se respetan y la leche obtenida durante ese tiempo ingresa a la cadena de comercialización. A diferencia de una alteración física o microbiológica evidente, los residuos farmacológicos no modifican el aspecto del producto ni pueden ser identificados por el consumidor mediante una observación simple. La leche conserva sus características habituales, aunque pueda contener sustancias capaces de afectar su inocuidad.

La preocupación por esta problemática ha trascendido el ámbito pecuario para convertirse en un tema de salud pública. La exposición continua a residuos de antibióticos favorece el desarrollo de resistencia antimicrobiana, fenómeno reconocido internacionalmente por comprometer la eficacia de tratamientos médicos tanto en seres humanos como en animales. A ello se suman posibles reacciones de hipersensibilidad, alteraciones de la microbiota intestinal e inconvenientes en los procesos tecnológicos utilizados para la elaboración de derivados lácteos, donde la actividad de bacterias benéficas resulta indispensable. La calidad sanitaria de la leche, por lo tanto, no depende únicamente de su composición nutricional, sino también de la ausencia de sustancias que puedan representar un riesgo para la población.

Diversos países han fortalecido sus sistemas de vigilancia mediante controles oficiales, programas de monitoreo y mecanismos de trazabilidad que permiten seguir el

recorrido del producto desde el origen hasta el consumidor. La experiencia internacional demuestra que el control no puede limitarse a la producción primaria, debido a que las etapas de acopio, transporte y distribución también influyen en la inocuidad del alimento. Cuando intervienen intermediarios o pequeños distribuidores, la mezcla de leche procedente de diferentes proveedores dificulta identificar el origen de una posible contaminación y amplía el número de consumidores potencialmente expuestos.

En el cantón Tulcán, la comercialización de leche cruda mediante pequeños acopiadores o piqueros forma parte de una dinámica tradicional que abastece diariamente a distintos sectores urbanos. Estos actores cumplen una función importante dentro del circuito comercial, pero la ausencia de estudios específicos sobre la presencia de residuos de antibióticos en la leche que distribuyen ha limitado el conocimiento de una realidad con implicaciones sanitarias, económicas y sociales. La falta de información técnica también dificulta la planificación de acciones de vigilancia, capacitación y control sustentadas en evidencia científica.

La investigación se desarrolló para aportar información sobre una problemática poco documentada en el contexto local mediante la identificación de los pequeños acopiadores que operan en las parroquias urbanas evaluadas, la determinación de la parroquia con mayor presencia de residuos de antibióticos y la descripción de los grupos farmacológicos detectados en las muestras analizadas, el estudio ofrece una aproximación a la calidad sanitaria de la leche que diariamente llega a la población y genera evidencia que puede respaldar futuras decisiones orientadas a fortalecer la vigilancia sanitaria, promover el uso responsable de medicamentos veterinarios y proteger la inocuidad de un alimento esencial dentro de la dieta de la comunidad.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La leche cruda es un alimento de alto valor nutricional por su aporte de proteínas, grasas, lactosa, vitaminas y minerales esenciales para el desarrollo humano, especialmente en niños y adultos mayores (Contreras, 2023). En ciudades de la Sierra norte del Ecuador, como Tulcán, una parte importante de la población consume leche cruda comprada directamente “al balde” o litriada, sin pasteurización ni control sanitario formal. Esa leche no es adquirida en plantas ni en supermercados, sino a través de pequeños acopiadores urbanos (piqueros) personas que recolectan leche de diferentes fincas lecheras de la zona rural cercana, la transportan en recipientes plásticos o metálicos y la distribuyen por litros de manera ambulante, de casa en casa, dentro de la ciudad. Esta forma de comercialización es económicamente accesible para el consumidor, pero escapa a los controles regulares de inocuidad que exige la normativa nacional (Torres, 2022).

El principal problema sanitario asociado a este tipo de venta directa es la posible presencia de residuos de antibióticos en la leche cruda. Los antibióticos (por ejemplo, betalactámicos, tetraciclinas y sulfonamidas) se usan de manera frecuente en bovinos para tratar mastitis u otras infecciones, pero cuando la leche se ordeña sin respetar el período de retiro, esos residuos pasan directamente al producto que luego se vende para consumo humano (Matailo y Zaruma, 2023). El consumo de leche con residuos antimicrobianos se asocia con alergias, alteraciones gastrointestinales, disbiosis intestinal, riesgo de toxicidad y, sobre todo, con el desarrollo de resistencia bacteriana, fenómeno que la Organización Mundial de la Salud reconoce como una amenaza prioritaria para la salud pública global (Contreras, 2023).

A nivel nacional se ha demostrado que la comercialización informal de leche cruda suele presentar problemas de inocuidad. En el noreste de Quito, solo el 5,55 % de las muestras analizadas cumplió con todos los parámetros exigidos por la norma NTE INEN

9, mientras que el 94,4 % presentó algún incumplimiento sanitario; en ese mismo estudio se detectaron residuos de antibióticos en cerca del 7 % de las muestras recolectadas en puntos de venta directa informal (Contreras, 2023). Resultados similares se han reportado en otras ciudades del país, donde se detectaron muestras positivas a betalactámicos y sulfonamidas en leche cruda destinada al consumo humano (Matailo y Zaruma, 2023). Confirmando que el problema no es aislado ni únicamente rural, está presente en los circuitos urbanos de venta puerta a puerta.

En Tulcán la venta informal de leche cruda por pequeños acopiadores constituye una práctica cotidiana. Los piqueros no necesariamente producen la leche: la recolectan de varias fincas lecheras ubicadas en parroquias cercanas y la transportan hacia la ciudad en condiciones que pueden no asegurar cadena de frío, higiene del contenedor ni trazabilidad del origen. Después la ofrecen directamente a las familias, muchas veces sin etiqueta, sin fecha de ordeño, sin información sobre tratamientos antibióticos recientes del hato y sin verificación de cumplimiento del período de retiro. Quien compra desconoce si la vaca que produjo esa leche estaba bajo tratamiento veterinario. La falta de trazabilidad aumenta el riesgo de que el consumidor ingiera residuos farmacológicos sin saberlo (Torres, 2022).

Lo crítico es que, a diferencia de las plantas procesadoras formales, estos pequeños acopiadores urbanos no están sujetos a un control sistemático ni realizan pruebas de detección rápida antes de vender el producto. Estudios que emplean tiras reactivas e inmunoensayos rápidos han mostrado que es posible detectar antibióticos en leche directamente en el punto de acopio, incluso antes de que la leche entre a la cadena industrial (Torres, 2022). Sin embargo, en Tulcán no existe hasta el momento un levantamiento de datos que permita conocer si la leche que circula por esta vía informal contiene o no residuos antibióticos ni cuál es la magnitud del riesgo real para la población urbana que la consume diariamente.

Frente a este escenario, surge la necesidad de realizar una determinación directa de antibióticos en leche cruda específicamente en los pequeños acopiadores de la zona urbana de Tulcán. Este análisis permitirá: (a) establecer si la leche que se vende puerta a puerta contiene residuos de antibióticos; (b) identificar qué grupos de antibióticos aparecen con mayor frecuencia; y (c) aportar evidencia local que sirva como base técnica para acciones de control sanitario, educación a los acopiadores y protección del consumidor. La ausencia de esta información es actualmente una

brecha que limita la capacidad del cantón para abordar el riesgo desde una perspectiva de salud pública.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La falta de estudios sobre la leche comercializada por acopiadores urbanos piqueros en Tulcán impide establecer si esta contiene residuos de antibióticos, situación que puede afectar la seguridad alimentaria y la salud de quienes la consumen?

1.3. JUSTIFICACIÓN

La importancia del estudio radica en que la leche cruda distribuida por pequeños acopiadores urbanos constituye un alimento consumido diariamente por numerosas familias tulcaneñas, lo que convierte a su calidad sanitaria en un asunto prioritario para la salud de los animales que la consumen como también para la salud pública, ya que cualquier residuo de antibióticos presente en el producto puede impactar de manera directa a grupos vulnerables como niños, adultos mayores y personas con condiciones inmunológicas debilitadas, generando un riesgo que se intensifica debido a la ausencia de controles oficiales en este circuito informal de comercialización, lo que obliga a generar evidencia local que permita valorar la magnitud real del problema y orientar decisiones técnicas y preventivas basadas en datos verificables.

La leche cruda es un alimento de gran importancia nutricional en la dieta diaria de los ecuatorianos, sin embargo, su consumo directo, sin control sanitario ni proceso de pasteurización, representa un riesgo potencial para la salud pública, especialmente cuando contiene residuos de antibióticos utilizados durante el tratamiento de enfermedades bovinas. En la ciudad de Tulcán, los pequeños acopiadores urbanos que venden leche por litros constituyen una fuente habitual de abastecimiento doméstico. La comercialización informal carece de vigilancia técnica y de verificación sobre el cumplimiento de los períodos de retiro de antibióticos, lo cual genera incertidumbre respecto a la inocuidad del producto que llega al consumidor (Contreras, 2023).

La conveniencia de este estudio radica en la necesidad de disponer de información científica local sobre la calidad sanitaria de la leche cruda distribuida en Tulcán, dado que hasta el momento no existen investigaciones que determinen la presencia de residuos de antibióticos en el circuito de venta puerta a puerta. Conocer la

realidad de este fenómeno permitirá valorar si el consumo de esta leche constituye un riesgo para la población urbana y ofrecer datos concretos que sirvan de referencia a las autoridades de control (Torres, 2022).

En cuanto a la relevancia social, esta investigación beneficiará a la comunidad tulcanense, ya que la información generada contribuirá a proteger la salud de los consumidores, prevenir reacciones adversas y promover el consumo responsable. Los resultados permitirán sensibilizar a los pequeños acopiadores sobre la importancia de respetar los tiempos de retiro de antibióticos y mejorar las condiciones de transporte y almacenamiento de la leche. Al mismo tiempo, aportarán evidencia para fortalecer los programas de control sanitario y educación alimentaria que desarrolla el Ministerio de Salud Pública y AGROCALIDAD.

Desde el punto de vista teórico, el estudio complementa la literatura científica nacional sobre residuos antimicrobianos en leche cruda, aportando un enfoque urbano y actualizado. Mientras otras investigaciones se han centrado en zonas rurales o productoras, este trabajo examina el eslabón final de la cadena de distribución: los acopiadores urbanos. De esta forma, amplía la comprensión del problema desde una perspectiva que vincula la salud animal con la salud humana bajo el principio “Una sola salud” (Matailo y Zaruma, 2023).

Las implicaciones prácticas son directas. Los resultados del análisis de laboratorio permitirán identificar la presencia o ausencia de antibióticos en la leche que circula en Tulcán y, con ello, orientar acciones correctivas. Si se confirman residuos, las instituciones podrán diseñar estrategias de control y capacitación dirigidas a los acopiadores, enfocadas en el uso prudente de medicamentos veterinarios y en la aplicación de buenas prácticas ganaderas y de manejo del producto. Si los resultados son negativos, servirán para respaldar la inocuidad del producto y fortalecer la confianza del consumidor.

Por lo tanto, la investigación se justifica porque responde a un problema vigente en el ámbito urbano de Tulcán: la comercialización de leche cruda sin control sanitario. Su desarrollo aportará evidencia científica útil para la protección del consumidor, la mejora de los sistemas de control y la promoción de prácticas más seguras dentro de la cadena de distribución láctea.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Determinar la presencia de antibióticos en leche cruda de pequeños productores de la zona urbana de Tulcán

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar los pequeños acopiadores de leche cruda (piqueros) que operan en las parroquias urbanas del cantón Tulcán, con el fin de obtener las muestras necesarias para el análisis de residuos de antibióticos.
- Determinar en qué parroquia del cantón Tulcán existe la presencia de leche con mayor cantidad de antibiótico
- Describir que antibióticos están presentes en las parroquias Tulcán y Gonzáles Suárez.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuántos pequeños acopiadores de leche cruda operan en las parroquias urbanas del cantón Tulcán y cómo se distribuyen para el proceso de muestreo?
- ¿En qué parroquia del cantón Tulcán se registra mayor presencia de residuos de antibióticos en la leche cruda comercializada por pequeños acopiadores?
- ¿Qué grupos de antibióticos están presentes en la leche cruda comercializada por pequeños acopiadores de las parroquias Tulcán y González Suárez?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Vanegas & Saballos (2023) desarrollaron una investigación en fincas del departamento de Boaco, Nicaragua, orientada a determinar la presencia de residuos antibacterianos en leche cruda bovina destinada al consumo humano, utilizando métodos de análisis microbiológico y cromatográfico que permitieron identificar compuestos pertenecientes a los grupos de betalactámicos, tetraciclinas y sulfonamidas, considerados de uso frecuente en la producción ganadera de la zona.

Los resultados evidenciaron que el 49 % de las muestras presentó residuos de tetraciclinas, el 25 % sulfonamidas y el 23 % betalactámicos, cifras que reflejan una alta frecuencia de contaminación farmacológica asociada al uso empírico de medicamentos veterinarios sin prescripción técnica ni respeto de los períodos de retiro, situación que compromete la inocuidad del producto y contribuye al incremento del riesgo de resistencia antimicrobiana, motivo por el cual los autores recomendaron fortalecer los controles sanitarios en toda la cadena de producción y distribución.

Martínez et al. (2023) desarrollaron una investigación en la cuenca lechera del Valle de Lerma, provincia de Salta, con el objetivo de determinar la presencia de residuos de antibióticos en leche bovina cruda y pasteurizada proveniente de tambos y comercios locales, incluyendo 10 establecimientos lecheros, con muestras obtenidas tanto de tanques de enfriamiento como de vacas en ordeño y leche comercial, utilizando el método cualitativo Delvotest® SP NT.

Los resultados indicaron que 30 de 150 muestras analizadas fueron positivas, lo que representa el 20 % del total, porcentaje que también se reflejó en 2 de 10 muestras provenientes directamente de tanques de enfriamiento, mientras que la leche pasteurizada presentó 0 % de positividad, evidenciando cumplimiento normativo, asociándose la presencia de residuos al incumplimiento de los períodos de retiro y a

la mezcla de leche de animales tratados con leche libre de antibióticos, práctica que incrementa el riesgo sanitario cuando no existe control en la etapa primaria de producción.

Matailo & Zaruma (2023) realizaron una investigación en la parroquia Ludo, cantón Sigsig, con el objetivo de determinar la presencia de residuos de antibióticos en leche cruda bovina, analizando 116 muestras mediante tiras reactivas Bioeasy Rapid Test orientadas a la detección de los principales grupos de antibióticos utilizados en el tratamiento del ganado lechero.

Los resultados mostraron que solo 2 muestras resultaron positivas, una para betalactámicos y otra para sulfonamidas, lo que equivale a el 1,72 % del total, evidenciándose cumplimiento mayoritario de los requisitos establecidos por la NTE INEN 9:2012, situación que los autores relacionaron con procesos de capacitación continua a los ganaderos y con la supervisión institucional ejercida por Agrocalidad, factores que han contribuido a reducir prácticas inadecuadas en el uso de medicamentos veterinarios.

Ayala & Durazno (2023) desarrollaron un estudio en el mercado "10 de Agosto" de la ciudad de Cuenca, orientado a detectar la presencia de residuos de antibióticos en leche cruda comercializada de forma directa, evaluando 90 muestras mediante pruebas inmunocromatográficas para la identificación de distintos grupos farmacológicos.

Los resultados evidenciaron que el 20 % de las muestras contenía residuos de antibióticos, con predominio de sulfonamidas en el 18,88 % y gentamicina en el 1,11 %, registrándose cumplimiento de la NTE INEN 9:2012 únicamente en dos puestos de expendio, lo que reflejó un bajo nivel de conocimiento sobre inocuidad alimentaria y motivó la recomendación de fortalecer los programas de capacitación y control sanitario en los puntos de venta.

Carrión (2023) realizó una investigación en seis mercados municipales de la ciudad de Loja con el objetivo de determinar la presencia de residuos químicos en leche cruda comercializada directamente al consumidor, analizando 48 muestras mediante pruebas rápidas de inmunoensayo RingBio dirigidas a la detección de betalactámicos, sulfonamidas y tetraciclinas, junto con la identificación de adulterantes.

Durante el primer período de muestreo, 2 de 24 muestras resultaron positivas para betalactámicos, equivalente al 8,33 %, mientras que el 0 % presentó sulfonamidas o tetraciclinas, registrándose en el segundo período 100 % de negatividad para antibióticos, aunque el 16,66 % de las muestras presentó adulterantes, específicamente glucosa y maltodextrina, resultados que evidenciaron riesgos sanitarios asociados tanto a residuos farmacológicos como a prácticas de adulteración.

Ponce (2023) desarrolló una investigación en los cantones Bolívar, Mira y Espejo de la provincia del Carchi, orientada a evaluar la calidad nutricional y la presencia de residuos antibióticos en leche cruda comercializada informalmente, analizando 59 muestras recolectadas durante los meses de junio y julio de 2023 mediante tiras reactivas RingBio BTS 3 en 1.

Los resultados evidenciaron que el 10,17 % de las muestras presentó residuos antibióticos, correspondiendo el 8,48 % a tetraciclinas y el 1,69 % a betalactámicos, concentrándose los casos positivos en el cantón Espejo, mientras que el 67,8 % de las muestras no cumplió con la NTE INEN 9, principalmente por deficiencias en densidad, acidez y conteo de células somáticas, reflejando un riesgo sanitario asociado a la comercialización informal.

Meneses (2024) desarrolló una investigación orientada a evaluar la calidad y la presencia de residuos antibióticos en leche cruda comercializada de manera informal en los cantones Ibarra, Pimampiro y Urcuquí, analizando 72 muestras, cuyos resultados globales evidenciaron incumplimiento del 100 % frente a los estándares establecidos por la NTE INEN 9:2012, condición que ubicó a toda la leche evaluada fuera de los parámetros de aptitud para consumo humano.

En la detección de residuos farmacológicos, el 5,5 % de las muestras (4/72) presentó antibióticos, con predominio de betalactámicos, mientras que los parámetros fisicoquímicos evidenciaron alteraciones de acidez en el 91,66 % y incumplimiento de estabilidad proteica en el 83,33 %, resultados asociados a deficiencias en las prácticas de higiene, manipulación, transporte y venta de la leche dentro del circuito informal.

Lara et al. (2024) desarrollaron un estudio en las ciudades de Atyrá y Caacupé, departamento de Cordillera, Paraguay, con el objetivo de determinar la frecuencia de residuos de antibióticos en leche cruda bovina comercializada en tambos locales

durante el año 2022. La investigación incluyó 81 muestras de leche cruda recolectadas en 27 puntos de venta, mediante tres muestreos sucesivos por establecimiento, las cuales fueron analizadas utilizando la prueba cualitativa MilkSafe™ 3BTC para la detección de antibióticos betalactámicos y tetraciclinas.

Los resultados evidenciaron que el 19 % de las muestras (15/81) resultaron positivas a residuos de antibióticos, mientras que el 81 % (66/81) no presentó residuos detectables. A nivel territorial, en la ciudad de Atyrá el 17 % de las muestras (7/42) fue positivo, frente a un 21 % (8/39) en Caacupé, lo que refleja una presencia sostenida de residuos en la leche cruda comercializada directamente al consumidor. El estudio asoció estos hallazgos con el incumplimiento de los períodos de retiro y con deficiencias en el manejo terapéutico del ganado lechero, advirtiendo riesgos para la salud pública y la necesidad de fortalecer los sistemas de control sanitario en la producción primaria.

Quirola (2025) realizaron un estudio experimental orientado a evaluar la persistencia de residuos de antibióticos en leche cruda bovina tras la administración terapéutica de fármacos comúnmente utilizados en el tratamiento del ganado lechero, entre ellos sulfonamidas, penicilina, oxitetraciclina y gentamicina. El diseño del estudio incluyó la toma de muestras de leche en tres momentos temporales definidos, correspondientes al día 0 previo a la administración del antibiótico, al día 2 durante el tratamiento y al día 9 posterior al mismo, con el fin de analizar la variación temporal de la presencia de residuos.

Los resultados mostraron que en el día 0 el 100 % de las muestras fue negativo a residuos de antibióticos, mientras que en el día 2 el 100 % de las muestras analizadas resultó positivo, confirmando la transferencia directa de los fármacos a la leche durante el tratamiento activo. En el día 9, el 100 % de las muestras volvió a presentar resultados negativos, evidenciando la eliminación progresiva de los antibióticos tras el respeto del período de retiro. El estudio demostró que los tratamientos térmicos posteriores no garantizan la eliminación total de los residuos, resaltando la importancia sanitaria del cumplimiento estricto de los tiempos de retiro para asegurar la inocuidad de la leche destinada al consumo humano.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 Piquero

La figura del piquero se comprende dentro de los actores informales que participan en la comercialización primaria de leche cruda, actividad vinculada a sistemas de producción pequeños y heterogéneos que operan fuera del control oficial (Matailo y Zaruma, 2023). La normativa ecuatoriana reconoce que dentro de la economía alimentaria existen formas diversas de organización productiva, incluidas modalidades comunitarias, familiares y autónomas, donde intervienen actores que realizan almacenamiento, transporte y distribución de alimentos sin constituirse como centros de acopio formalmente registrados, condición que caracteriza el trabajo cotidiano del piquero en zonas urbanas como Tulcán.

El ACUERDO 394 del Ministerio de Agricultura destaca que la cadena láctea presenta asimetrías marcadas por agentes económicos con características heterogéneas, situación que abre espacio a intermediarios que movilizan la leche directamente desde pequeños productores hacia consumidores sin cumplir procesos reglamentados, lo que convierte al piquero en un eslabón relevante para comprender la inocuidad del producto que llega a los hogares. Dicha actividad se desarrolla con recorridos diarios, recojo por litros y entrega inmediata, dinámica que dificulta la supervisión técnica y explica la necesidad de investigaciones que determinen la calidad sanitaria de la leche que distribuyen.

2.2.2 Dimensión sanitaria

La dimensión sanitaria se vuelve central en el estudio de la leche cruda distribuida por piqueros, debido a que la comercialización informal y la ausencia de control técnico incrementan la probabilidad de que el producto contenga residuos de antibióticos utilizados en el ganado bovino, situación que puede comprometer la inocuidad alimentaria y generar efectos negativos en la salud pública, ya que la mezcla habitual de leche proveniente de distintos productores facilita que una sola vaca tratada con antibióticos contamine todo el volumen recolectado por el piquero, permitiendo que residuos farmacológicos lleguen directamente al consumidor sin pasar por procesos de pasteurización, fenómeno que adquiere mayor relevancia porque favorece la aparición de resistencia antimicrobiana, altera la flora intestinal y ocasiona reacciones alérgicas, lo que demuestra que el riesgo sanitario se multiplica

cuando no existe supervisión sobre la recolección y distribución que realizan los piqueros (Quirola, 2025).

2.2.3 Dimensión económica

La dimensión económica se evidencia en la importancia que tiene la actividad de los piqueros dentro del abastecimiento cotidiano de Tulcán, ya que la venta de leche cruda representa una fuente de ingresos fundamental para quienes se dedican a este oficio y, al mismo tiempo, constituye una alternativa accesible para las familias que prefieren adquirir el producto por su costo reducido y disponibilidad inmediata, dinámica que sostiene economías domésticas y barrios completos; sin embargo, la presencia de residuos de antibióticos en la leche que recolectan los piqueros puede afectar la estabilidad del sistema económico informal porque disminuye la calidad del producto, genera pérdidas al descartarse la leche contaminada y reduce la confianza de los consumidores, lo que evidencia que la inocuidad no solo es una cuestión sanitaria sino un elemento que determina la sostenibilidad económica de quienes dependen de este circuito informal de comercialización (Contreras, 2023).

2.2.4 Dimensión social

La dimensión social se manifiesta en la interacción diaria entre los piqueros y la comunidad urbana, ya que esta práctica tradicional de distribución mantiene vínculos de cercanía y confianza contruidos a lo largo del tiempo, lo que permite que la leche cruda llegue a los hogares de manera directa sin intermediación industrial, aunque esta misma informalidad limita la implementación de controles sanitarios que protejan a los grupos más vulnerables (Ponce, 2023). Siendo importante porque el consumo frecuente de leche distribuida por piqueros forma parte de los hábitos alimentarios de muchas familias que dependen de este servicio para asegurar su provisión diaria, mientras que la circulación de leche con posibles residuos antibióticos puede generar impactos en la salud colectiva y abrir debates sobre responsabilidad social, educación sanitaria y fortalecimiento de prácticas comunitarias orientadas a mejorar la calidad del alimento que ingresa al entorno urbano.

2.2.5 Producción que hacen libremente los pequeños productores

La producción que los pequeños ganaderos realizan de manera libre se enmarca en el reconocimiento constitucional y legal de múltiples formas de organización económica vinculadas a la actividad agropecuaria, donde se incluye la producción

familiar y autónoma que opera sin estructuras empresariales complejas y que se orienta a abastecer mercados locales. El ACUERDO 394 señala que el Estado reconoce formas de producción comunitarias, familiares y domésticas, cuyo funcionamiento responde a lógicas autónomas y descentralizadas, situación que caracteriza a los productores lecheros de pequeña escala que venden directamente a intermediarios urbanos sin procesos industriales ni controles sistemáticos de calidad higiénica (Ministerio de Agricultura, 2013).

La normativa de soberanía alimentaria destaca que la producción local es prioritaria para garantizar el acceso a alimentos sanos y nutritivos, lo que implica que estos pequeños productores mantienen sistemas productivos tradicionales con tecnologías básicas y prácticas diversas respecto al manejo sanitario del ganado. Esa libertad productiva también incluye decisiones sobre uso de medicamentos veterinarios y periodos de retiro, temas que adquieren relevancia al evaluar la presencia de residuos de antibióticos en la leche cruda que posteriormente ingresa al circuito informal urbano (MAG, 2022).

2.2.6 ¿Qué es la leche cruda?

La leche cruda se define como el producto secretado por la glándula mamaria de hembras bovinas sanas, sin haber sido sometido a procesos térmicos como pasteurización o esterilización, condición que conserva su valor nutricional original pero que incrementa la susceptibilidad a contaminantes microbiológicos y químicos. Los estudios incluidos en la documentación señalan que la leche cruda es considerada un alimento de alta densidad nutricional que debe cumplir parámetros de calidad higiénica, recuento bacteriano y ausencia de residuos farmacológicos para ser apta para el consumo humano, ya que su composición natural favorece el crecimiento de microorganismos patógenos si no se maneja bajo condiciones estrictas de refrigeración y limpieza Contreras (2023) indica que la presencia de antimicrobianos en el producto se produce cuando no se respetan los periodos de retiro tras los tratamientos veterinarios, situación que convierte a la leche cruda en un vehículo potencial de exposición a sustancias farmacológicas capaces de generar reacciones alérgicas, alteraciones intestinales y contribución a la resistencia antimicrobiana (p. 3).

2.2.7 Producción y comercialización de leche cruda

2.2.7.1 Concepto y características de la leche cruda

La leche cruda se define como el producto obtenido del ordeño completo, higiénico e ininterrumpido de vacas sanas, que no ha sido sometido a ningún tratamiento térmico ni proceso de pasteurización. Es considerada uno de los alimentos más completos por su composición de proteínas, grasas, lactosa, minerales y vitaminas esenciales, los cuales aportan energía y favorecen el crecimiento humano (Matailo & Zaruma, 2023). Su calidad está directamente relacionada con el estado de salud del animal, las condiciones de ordeño y la limpieza de los utensilios utilizados.

De acuerdo con Idrovo & Zhunio (2025), la leche cruda posee un alto valor biológico por la presencia de caseínas, inmunoglobulinas y enzimas naturales que contribuyen al fortalecimiento del sistema inmunitario. No obstante, estas mismas propiedades hacen que sea un medio susceptible al desarrollo de microorganismos si no se manipula adecuadamente. El producto debe ser refrigerado inmediatamente después del ordeño para conservar su inocuidad y evitar el crecimiento de bacterias como *Escherichia coli*, *Salmonella* o *Listeria monocytogenes*.

En Ecuador, la NTE INEN 9:2012 establece los requisitos mínimos que debe cumplir la leche cruda, tales como un contenido de grasa no menor al 3,0 %, una densidad entre 1,028 y 1,034 g/mL, y ausencia de residuos antibióticos o sustancias inhibidoras (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2012). Sin embargo, la aplicación de estos parámetros en los canales informales de comercialización es limitada, lo que incrementa los riesgos sanitarios asociados al consumo de este producto sin control técnico.

2.2.7.2 Importancia nutricional y valor económico

El consumo de leche cruda tiene una relevancia social y económica considerable en el Ecuador, especialmente en las zonas rurales y urbanas de la Sierra norte. Según Lara et al. (2024), este alimento constituye una fuente primordial de proteínas y energía en la dieta familiar, y al mismo tiempo representa una de las principales actividades económicas para pequeños ganaderos y comerciantes urbanos. Su venta genera ingresos constantes y sostiene la economía doméstica de numerosas familias.

Desde la perspectiva productiva, la leche cruda es un recurso estratégico que impulsa la cadena agroalimentaria nacional, vinculando a miles de productores, transportistas y acopiadores. Martínez et al. (2023) afirman que el sector lechero

informal abastece una proporción considerable del mercado urbano, debido a que la demanda diaria supera la capacidad de las plantas procesadoras, el modelo de distribución permite un acceso rápido y económico al producto, aunque su debilidad radica en la falta de control sanitario.

De igual modo, Martínez (2022) sostiene que el valor económico de la leche no depende solo de su volumen, sino también de la calidad higiénica y de su cumplimiento con las normas de inocuidad. Las malas prácticas en el ordeño, almacenamiento y transporte pueden disminuir el precio del producto y generar pérdidas tanto para los acopiadores como para los consumidores finales. Por ello, la mejora de los procesos técnicos y la vigilancia sanitaria son aspectos esenciales para garantizar la sostenibilidad del sistema lácteo ecuatoriano.

2.2.7.3 Cadenas de acopio y comercialización informal en el Ecuador

El sistema de acopio de leche en Ecuador presenta una estructura dual: el sector formal, que agrupa a las industrias procesadoras, y el sector informal, que comprende a pequeños acopiadores o intermediarios que recolectan la leche y la venden directamente al consumidor. Este último modelo es el predominante en ciudades como Tulcán, donde la distribución puerta a puerta sigue siendo una práctica tradicional. Según el Acuerdo Ministerial No. 394-2 (2023), la informalidad en la comercialización de leche limita el control de la trazabilidad y dificulta la detección de residuos antibióticos, situación que vulnera los principios de inocuidad alimentaria promovidos por el Estado ecuatoriano (MAG, 2022)

Lara et al. (2024) explican que los acopiadores urbanos no cuentan con infraestructura adecuada para conservar la leche en condiciones óptimas, pues el producto se transporta en baldes metálicos o plásticos expuestos a temperatura ambiente. Esta práctica favorece el deterioro físico-químico del alimento y aumenta la carga microbiana, sobre todo cuando no se realiza limpieza adecuada de los recipientes. Además, la ausencia de registros sanitarios o análisis previos impide garantizar que el producto esté libre de residuos farmacológicos.

Meneses (2024) sostiene que la comercialización informal responde a la necesidad de consumo rápido y a la falta de acceso a productos pasteurizados en sectores periféricos. No obstante, el riesgo asociado a la inocuidad es elevado, ya que el contacto con fuentes contaminantes durante el ordeño o transporte puede comprometer la seguridad del consumidor. En este contexto, la regulación y

capacitación técnica se convierten en ejes fundamentales para mejorar la calidad de la leche cruda en los canales informales del país.

2.2.7.4 Rol de los pequeños acopiadores urbanos en el abastecimiento doméstico

Los pequeños acopiadores urbanos desempeñan un papel fundamental en el abastecimiento de leche cruda dentro de las ciudades. Son personas que, sin poseer grandes volúmenes de producción, recolectan la leche de fincas cercanas y la distribuyen por litros en barrios y sectores residenciales. Esta práctica, aunque informal, garantiza el acceso diario al producto fresco y mantiene una conexión directa entre productores rurales y consumidores urbanos (Caizaluisa, 2024).

En Tulcán, la labor de los acopiadores ha adquirido relevancia social, pues contribuye al sustento de familias dedicadas a la venta de leche y al mismo tiempo satisface la demanda local. Sin embargo, (Vanegas & Saballos, 2023) advierten que la falta de controles técnicos y la escasa aplicación de normativas sanitarias en estos actores incrementan la probabilidad de contaminación bacteriana y la presencia de residuos de antibióticos, las deficiencias ponen en riesgo la salud de los consumidores y afectan la imagen del producto local.

De acuerdo con el MAG (2022), los acopiadores urbanos deben ser incluidos en los programas de capacitación y control sanitario implementados por Agrocalidad, con el fin de asegurar que la leche distribuida cumpla los estándares de la INEN 9:2012. El reconocimiento de este grupo como parte formal de la cadena productiva permitiría fortalecer la trazabilidad, reducir riesgos sanitarios y mejorar la percepción del consumidor sobre la leche cruda comercializada en los entornos urbanos.

2.2.7.5 Riesgos sanitarios asociados a la venta sin pasteurización

El consumo de leche sin pasteurizar implica un riesgo directo para la salud pública, ya que puede contener microorganismos patógenos o residuos químicos. Bahramian et al. (2022) identificaron que la leche cruda comercializada informalmente en Paraguay presentó trazas de antibióticos y bacterias coliformes en el 32 % de las muestras analizadas, lo que demuestra que el producto puede actuar como vehículo de transmisión de enfermedades zoonóticas.

En Ecuador, Ayala & Durazno (2023) demostraron resultados similares en muestras recolectadas en mercados locales, donde se evidenció la presencia de residuos de betalactámicos y sulfonamidas. Los investigadores resaltan que la ausencia de controles en los puntos de venta agrava la exposición del consumidor a compuestos

farmacológicos que no deberían estar presentes en los alimentos. De igual manera, Matailo & Zaruma (2023) señalan que los residuos antibióticos no solo afectan la salud humana, sino también los procesos tecnológicos, ya que interfieren con la fermentación durante la elaboración de quesos y yogures.

FAO (2022), a través del Codex Alimentarius, recomiendan que la leche destinada al consumo humano sea pasteurizada o sometida a tratamiento térmico adecuado, y que las autoridades nacionales implementen programas de monitoreo permanente para garantizar la inocuidad. En este sentido, la falta de control sobre la venta de leche cruda en Tulcán y otras ciudades del país representa una amenaza sanitaria que requiere la intervención coordinada de los organismos de salud y producción agropecuaria.

2.2.8 Antibióticos en la producción bovina

2.2.8.1 Definición y clasificación de antibióticos veterinarios

Los antibióticos son compuestos químicos naturales o sintéticos utilizados para inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos o eliminarlos del organismo animal. En la producción bovina, su uso se ha generalizado como medida preventiva y terapéutica frente a infecciones como la mastitis, neumonía o metritis. Según Caizaluisa (2024), los antibióticos más empleados en el ámbito veterinario se agrupan en tres familias principales: betalactámicos, tetraciclinas y sulfonamidas, debido a su eficacia, bajo costo y disponibilidad comercial.

La clasificación de los antibióticos se realiza con base en su estructura química y mecanismo de acción. Los betalactámicos actúan interfiriendo con la síntesis de la pared bacteriana, las tetraciclinas inhiben la síntesis proteica al unirse a la subunidad 30S del ribosoma, y las sulfonamidas bloquean la síntesis del ácido fólico bacteriano, impidiendo el crecimiento de los microorganismos (Vanegas & Saballos, 2023). Sustancias que, aunque indispensables para el manejo sanitario del ganado, deben administrarse bajo control veterinario y respetando los tiempos de retiro antes del ordeño.

El uso irracional o empírico de antibióticos en la ganadería genera una serie de consecuencias que afectan tanto la salud animal como la humana. Troya & López (2025) advierten que el uso profiláctico sin diagnóstico previo contribuye al desarrollo de resistencia bacteriana, lo cual reduce la eficacia terapéutica y genera residuos en los productos de origen animal. Esta situación ha sido reconocida por la FAO (2022), que insta a los países a establecer programas de monitoreo de residuos en

leche y carne como parte de la estrategia global contra la resistencia antimicrobiana.

2.2.8.2 Funciones terapéuticas y profilácticas en el ganado lechero

Los antibióticos cumplen funciones esenciales en el manejo sanitario del ganado lechero, principalmente para prevenir infecciones bacterianas y garantizar el bienestar de los animales. Su uso terapéutico se aplica en casos clínicos diagnosticados, mientras que el uso profiláctico busca prevenir brotes en condiciones de riesgo, como partos, heridas o procesos inflamatorios del útero. De acuerdo con Matailo & Zaruma (2023), el tratamiento más frecuente en bovinos lecheros es la administración intramamaria de betalactámicos para controlar la mastitis, una enfermedad que provoca pérdidas significativas en la producción láctea.

El tratamiento antibiótico tiene un impacto directo en la productividad y la calidad de la leche. Si se administra correctamente, reduce la incidencia de enfermedades y mejora la eficiencia de ordeño. No obstante, cuando se aplican sin supervisión o sin respetar los períodos de retiro, se acumulan residuos farmacológicos en la leche, afectando su inocuidad. Lara et al. (2024) señalan que, en sistemas de producción artesanal, el desconocimiento de las dosis y de los tiempos de eliminación del medicamento provoca que la leche contenga concentraciones detectables de antibióticos aun después del ordeño.

Troya & López (2025) enfatizan que el uso racional de antibióticos en animales productores de leche debe basarse en diagnósticos microbiológicos, prescripciones veterinarias y registros de control sanitario. El incumplimiento de estas medidas puede ocasionar la pérdida de la calidad sanitaria del producto y la sanción de los productores según lo establecido por la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (Agrocalidad) en el Acuerdo Ministerial No. 394-2 (MAG, 2023). Este documento promueve la formación de ganaderos y acopiadores en buenas prácticas pecuarias, a fin de prevenir el uso inadecuado de fármacos y fortalecer la trazabilidad.

2.2.8.3 Principales grupos detectados en leche cruda

En la leche cruda se han identificado diversos grupos de antibióticos, siendo los más frecuentes los betalactámicos, tetraciclinas y sulfonamidas, como lo reportan Alenezi et al. (2024), los betalactámicos, entre los que se incluyen la penicilina y la amoxicilina, son ampliamente utilizados por su alta eficacia contra bacterias Gram positivas,

aunque su persistencia en la leche después del tratamiento puede generar residuos indeseables. Las tetraciclinas, por su parte, tienen un espectro más amplio y se emplean tanto en infecciones respiratorias como en infecciones de tejidos blandos. Las sulfonamidas son otro grupo comúnmente detectado en la leche, especialmente en los sistemas ganaderos donde no existen controles veterinarios rigurosos. Según Bahramian et al. (2022), la combinación de sulfonamidas con trimetoprim incrementa su eficacia terapéutica, pero también prolonga su permanencia en el organismo del animal. La detección de estos compuestos en la leche indica incumplimiento del período de retiro y refleja prácticas de manejo inadecuadas.

Matailo & Zaruma (2023) comprobaron mediante pruebas rápidas tipo *Bioeasy* que, en el cantón Sigsig (Azuay), un 1,72 % de las muestras de leche presentaban residuos de antibióticos, a pesar de cumplir con otros parámetros físico-químicos, confirmando que la presencia de residuos no siempre se asocia a una mala calidad general del producto, sino a una deficiente gestión sanitaria en los puntos de ordeño o acopio. Los autores destacan la importancia de fortalecer los programas de educación sanitaria y control de uso de antibióticos para reducir la contaminación.

2.2.8.4 Mecanismo de acción y persistencia en el organismo animal

Los antibióticos actúan interfiriendo en los procesos metabólicos esenciales de las bacterias, como la síntesis de la pared celular, la replicación del ADN o la formación de proteínas. Los betalactámicos, por ejemplo, bloquean la enzima transpeptidasa, impidiendo la formación del peptidoglicano, lo que causa la muerte celular bacteriana (Contreras, 2023). Las tetraciclinas, en cambio, se unen a la subunidad ribosomal 30S, evitando la unión del ARNt y la síntesis de proteínas, mientras que las sulfonamidas interfieren en la producción del ácido fólico necesario para el crecimiento bacteriano.

La persistencia de los antibióticos en el organismo animal depende del tipo de fármaco, la dosis y la vía de administración. Lara et al. (2024) señalan que los betalactámicos pueden permanecer hasta 96 horas en el sistema del bovino después de la última dosis, mientras que las tetraciclinas presentan un tiempo de eliminación de entre 48 y 72 horas. Si el ordeño se realiza antes de este plazo, los residuos pasan directamente a la leche, donde pueden ser detectados mediante pruebas de inhibición microbiana o cromatografía.

Por su parte, Troya & López (2025) advierten que algunos antibióticos liposolubles se acumulan en tejidos grasos y se liberan gradualmente, prolongando su presencia en

la leche. Esta característica hace imprescindible el cumplimiento estricto de los períodos de retiro, que en el caso de los betalactámicos puede alcanzar hasta cinco días dependiendo de la formulación. La falta de respeto a estos tiempos representa una de las principales causas de contaminación del producto lácteo y un riesgo para el consumidor.

2.2.9 Efectos de los residuos de antibióticos en la leche

2.2.9.1 Consecuencias de la presencia de antibióticos en la leche destinada al consumo humano

El empleo de antibióticos en la producción bovina constituye una herramienta indispensable para el tratamiento y control de enfermedades infecciosas; sin embargo, cuando no se respetan los períodos de retiro establecidos para cada medicamento, parte de estos compuestos puede permanecer en la leche e incorporarse a la cadena alimentaria. Esta problemática adquiere especial importancia porque la leche forma parte de la dieta habitual de la población y es consumida con frecuencia por niños, adultos mayores y personas con sistemas inmunológicos comprometidos, grupos que presentan una mayor vulnerabilidad frente a la exposición continua a residuos farmacológicos (Troya & López, 2025).

El incumplimiento de los períodos de retiro refleja deficiencias en el manejo sanitario de los animales y favorece que sustancias con actividad antimicrobiana lleguen al consumidor. Contreras (2023) señala que estos residuos pueden permanecer en la leche cuando procede de bovinos sometidos recientemente a tratamientos terapéuticos, comprometiendo la inocuidad del alimento. La situación resulta aún más compleja en los sistemas de comercialización informal, donde generalmente no existen mecanismos de verificación que permitan identificar oportunamente la contaminación antes de su distribución.

Entre las principales consecuencias para la salud se encuentran las alteraciones del microbiota intestinal. La exposición repetida a pequeñas concentraciones de antibióticos puede modificar el equilibrio de las bacterias beneficiosas presentes en el tracto digestivo, favoreciendo trastornos gastrointestinales, disminución de la capacidad de absorción de nutrientes y cambios en la respuesta inmunológica del organismo. De acuerdo con Ayala y Durazno (2023), estos efectos adquieren mayor relevancia cuando el consumo de productos contaminados ocurre de manera frecuente y sostenida.

Otro aspecto de gran importancia corresponde al desarrollo de la resistencia antimicrobiana. La exposición continua a residuos de antibióticos ejerce una presión selectiva sobre los microorganismos, permitiendo la supervivencia y propagación de bacterias resistentes y reduciendo progresivamente la eficacia de los tratamientos disponibles para combatir enfermedades infecciosas. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura considera este fenómeno una de las amenazas más importantes para la salud pública mundial, debido a sus repercusiones tanto en la medicina humana como en la producción animal (FAO, 2022).

El consumo de leche con residuos farmacológicos también puede desencadenar reacciones de hipersensibilidad en personas susceptibles. Los betalactámicos, especialmente los derivados de la penicilina, se encuentran entre los compuestos con mayor capacidad para provocar manifestaciones alérgicas, que pueden ir desde irritaciones cutáneas y urticaria hasta dificultades respiratorias e incluso reacciones anafilácticas en individuos altamente sensibles (Matailo & Zaruma, 2023). Aunque estos eventos no afectan a toda la población, representan un riesgo que justifica la implementación de controles permanentes.

Las implicaciones no se limitan al ámbito sanitario. Desde el punto de vista tecnológico, los residuos de antibióticos interfieren en los procesos de transformación industrial de la leche, ya que inhiben el crecimiento de las bacterias benéficas utilizadas durante la fermentación. Como consecuencia, pueden presentarse fallas en la elaboración de quesos, yogures y otros derivados lácteos, afectando la calidad del producto final y generando pérdidas económicas para la industria (Quirola, 2025).

Frente a este escenario, la normativa ecuatoriana establece tolerancia cero para residuos de antibióticos en la leche cruda destinada al consumo humano, criterio que busca proteger la salud de la población y garantizar la inocuidad alimentaria. El uso responsable de medicamentos veterinarios, el cumplimiento estricto de los períodos de retiro y el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia sanitaria constituyen medidas fundamentales para disminuir la presencia de estos compuestos y reducir los riesgos asociados a su consumo.

2.2.9.2 Alteraciones en el microbiota intestinal del consumidor

La leche contaminada con residuos de antibióticos puede generar alteraciones significativas en el microbiota intestinal humana. Los antibióticos presentes en pequeñas concentraciones actúan como agentes selectivos sobre las bacterias

benéficas del intestino, alterando su equilibrio y favoreciendo la proliferación de microorganismos resistentes. Según Ayala & Durazno (2023), el consumo prolongado de leche con trazas de sulfonamidas o tetraciclinas puede producir disbiosis intestinal, disminuyendo la capacidad del organismo para absorber nutrientes y afectando la respuesta inmunológica.

Idrovo & Zhunio (2025) marcan que la ingesta de leche cruda con residuos antibióticos puede ocasionar desequilibrios gastrointestinales, diarreas y sensibilización a antimicrobianos de uso humano. Estos efectos son especialmente graves en niños y adultos mayores, cuyas defensas inmunológicas son más vulnerables a los cambios de la flora intestinal. Los autores advierten que, aunque las concentraciones encontradas en los estudios ecuatorianos son bajas, su consumo reiterado representa un riesgo acumulativo para la salud pública

En el mismo sentido, Vanegas & Saballos (2023) documentaron en Nicaragua que el 49 % de las muestras positivas contenían residuos de tetraciclinas y el 25 % de sulfonamidas, indicando una posible exposición continua del consumidor a estos compuestos. La exposición favorece la eliminación de bacterias comensales beneficiosas como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, esenciales para la digestión de la lactosa y la síntesis de vitaminas del complejo B.

2.2.9.3 Desarrollo de resistencia antimicrobiana en humanos

La resistencia antimicrobiana es uno de los efectos más preocupantes del consumo de leche con residuos de antibióticos. Este fenómeno ocurre cuando las bacterias patógenas desarrollan mecanismos de defensa que les permiten sobrevivir a los medicamentos. Alenezi et al. (2024) sostienen que incluso concentraciones subterapéuticas de antibióticos en la leche son suficientes para inducir mutaciones bacterianas y transferir genes de resistencia entre especies. Esto dificulta el tratamiento de infecciones en humanos y aumenta la necesidad de fármacos más potentes y costosos.

Ayala & Durazno (2023) determinaron que el 20 % de las muestras de leche cruda analizadas en Cuenca contenían residuos de antibióticos, principalmente sulfonamidas. Los autores explican que estos residuos pueden contribuir a la resistencia cruzada, es decir, la capacidad de una bacteria de resistir a diferentes familias de antimicrobianos. De acuerdo con Vanegas & Saballos (2023), la exposición constante a antibacterianos por medio de los alimentos acelera el surgimiento de

cepas multirresistentes, un problema que afecta la seguridad alimentaria y la eficacia de los tratamientos médicos en humanos.

La FAO (2022) recomiendan implementar programas de vigilancia integrados para reducir los riesgos de resistencia antimicrobiana asociados al consumo de productos de origen animal, los programas incluyen el monitoreo sistemático de residuos en leche, el fortalecimiento de laboratorios de control y la capacitación a productores sobre el uso racional de fármacos. De esta manera, se busca disminuir la presión selectiva que origina la aparición de microorganismos resistentes y proteger la salud pública internacional.

La administración de leche que contiene antibióticos a terneros genera un impacto directo sobre la conformación de la microbiota intestinal, ya que la exposición temprana a residuos antimicrobianos provoca una presión selectiva que permite la supervivencia de bacterias resistentes, fenómeno que posteriormente se consolida como un reservorio microbiano capaz de diseminarse en todo el hato y de interferir con la eficacia de tratamientos futuros. El proceso de maduración inmunológica del ternero también resulta comprometido, debido a que los microorganismos que deberían colonizar de manera natural el tracto gastrointestinal son desplazados por cepas adaptadas a convivir con fármacos veterinarios, situación que deriva en episodios de diarreas recurrentes, retrasos en el crecimiento y menor respuesta frente a vacunas. La evidencia técnica presentada por organismos internacionales confirma que esta práctica incrementa el riesgo de fallos terapéuticos, dificulta el control sanitario dentro de las unidades de producción y acelera la expansión de la resistencia antimicrobiana (Torres, 2022).

2.2.9.4 Interferencia en los procesos tecnológicos lácteos

Los residuos de antibióticos también afectan directamente los procesos industriales de transformación de la leche. En la fabricación de productos como yogur y queso, los microorganismos lácticos (*Lactobacillus delbrueckii* o *Streptococcus thermophilus*) son esenciales para la fermentación. Sin embargo, cuando la leche contiene antibióticos, se inhibe su crecimiento, afectando la coagulación y la textura final del producto (Choque et al., 2020).

Quirola (2025) explica que las sulfonamidas y tetraciclinas tienen un efecto inhibitor sobre la actividad enzimática de las bacterias lácticas, prolongando los tiempos de fermentación y generando pérdidas económicas en las plantas procesadoras. La presencia de estos residuos, incluso en bajas concentraciones, puede provocar la

separación de fases en la leche o alterar su pH, comprometiendo la estabilidad del producto final.

Contreras (2023) agregan que los antibióticos en la leche interfieren con la producción de derivados como mantequilla o crema, ya que reducen la capacidad de acidificación y el desarrollo de aromas característicos, situación que afecta tanto la calidad sensorial del alimento como la confianza del consumidor, lo que demuestra que el impacto de los residuos antibióticos va más allá del ámbito sanitario, alcanzando el campo económico y comercial.

2.2.9.5 Efectos tóxicos y alergénicos en la salud humana y animal

a exposición crónica a residuos de antibióticos en alimentos de origen animal genera reacciones alérgicas y efectos tóxicos que se expresan según la susceptibilidad de cada organismo, debido a que los betalactámicos, como la penicilina, poseen una reconocida capacidad para inducir procesos de hipersensibilidad capaces de desencadenar manifestaciones cutáneas, urticariformes o incluso episodios anafilácticos potencialmente mortales, situación evidenciada por Ayala y Durazno (2023) y que demuestra la relevancia de establecer mecanismos permanentes de control sanitario orientados a identificar y eliminar residuos farmacológicos en la leche cruda antes de su comercialización.

Matailo & Zaruma (2023) precisan que la presencia de antibióticos en la leche compromete también funciones fisiológicas esenciales como el metabolismo hepático y renal cuando la exposición se mantiene de forma repetida, debido a que la acumulación de tetraciclinas o sulfonamidas genera hepatotoxicidad, nefrotoxicidad y alteraciones hematológicas que podrían intensificarse cuando la leche contaminada es utilizada como materia prima para quesos, yogures u otros derivados, ampliando las vías de ingreso al organismo humano y profundizando los riesgos sanitarios asociados.

Idrovo & Zhunio (2025) advierten que la ausencia de un control riguroso en la cadena de producción láctea incrementa de manera significativa la probabilidad de encontrar residuos antimicrobianos en el producto final, factor que potencia la aparición de efectos tóxicos y alérgenos en la población consumidora, ya que la administración empírica de fármacos veterinarios sin supervisión técnica favorece la contaminación directa de la leche y eleva los niveles de exposición. Los autores sostienen que la instauración de sistemas de vigilancia epidemiológica, acompañados de una regulación estricta del uso de antibacterianos en ganadería,

constituye una estrategia necesaria para reducir riesgos, planteamiento alineado con el *Codex Alimentarius* CAC/MRL 2-2018 que establece límites máximos de residuos permitidos con el propósito de garantizar la inocuidad alimentaria internacional (FAO, 2022).

El impacto de los residuos antibióticos también se refleja en los animales jóvenes, dado que los terneros alimentados con leche que contiene restos antimicrobianos desarrollan alteraciones en la microbiota intestinal, procesos digestivos irregulares, disminución de la respuesta inmunitaria y una mayor probabilidad de selección de bacterias resistentes, tal como señala EFSA (2021), organismo que alerta que la exposición temprana a concentraciones subterapéuticas de fármacos modifica la maduración inmunológica y crea un ambiente favorable para la diseminación de resistencia antimicrobiana dentro del hato, lo que posteriormente se traduce en problemas productivos y sanitarios de mayor escala.

En el contexto ecuatoriano, la NTE INEN 9:2012 (2012) establece tolerancia cero para residuos de antibióticos en leche cruda destinada al consumo humano, norma que se complementa con el Acuerdo Ministerial 394 del MAG, el cual regula el uso de medicamentos veterinarios y obliga a cumplir estrictamente los periodos de retiro para evitar la presencia de residuos en productos de origen animal. Estas disposiciones subrayan que el control sanitario no puede depender únicamente del productor, dado que la inocuidad láctea requiere una articulación entre ganaderos, acopiadores, laboratorios oficiales y las agencias de control, especialmente cuando la comercialización informal adquiere un rol predominante en zonas urbanas como Tulcán.

La integración de evidencia científica, normativa técnica y prácticas productivas locales permite comprender que los residuos de antibióticos en leche no representan únicamente un riesgo inmediato para la salud humana, sino que además potencializan procesos silenciosos de resistencia antimicrobiana, alteración inmunológica y pérdida de eficacia terapéutica tanto en personas como en animales, panorama que exige el fortalecimiento de programas de capacitación, vigilancia activa y control regulatorio para garantizar que la leche que circula en los mercados urbanos conserve condiciones aceptables de calidad e inocuidad.

En la Unión Europea, países como Alemania, Francia, España y Países Bajos aplican un sistema de tolerancia estricta frente a la presencia de residuos de antibióticos en leche cruda, donde cualquier resultado positivo que supere los límites máximos

establecidos implica el rechazo inmediato del lote, su exclusión total del consumo humano y el descarte controlado bajo protocolos ambientales, considerando que los tratamientos térmicos o procesos de transformación no garantizan la eliminación de los compuestos farmacológicos presentes. En estos países, la responsabilidad recae directamente en el productor primario, quien asume pérdidas económicas y sanciones administrativas cuando incumple los períodos de retiro, mecanismo que ha demostrado reducir la reincidencia y fortalecer el uso racional de antibióticos en los sistemas lecheros intensivos (EFSA, 2021).

En Estados Unidos y Canadá, el control se concentra en la etapa de recepción industrial, donde toda la leche cruda es sometida a pruebas obligatorias de inhibidores antes de su descarga en los tanques de planta, rechazándose automáticamente cualquier lote positivo. En estos países, la leche con residuos antibióticos debe ser destruida o devuelta al productor para su eliminación conforme a normas ambientales, quedando prohibida su utilización para consumo humano o para la elaboración de derivados lácteos, debido a que los antibióticos pueden afectar la fermentación y representar un riesgo sanitario incluso a bajas concentraciones (FAO, 2023).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo fundamentado en la obtención de datos medibles provenientes de análisis de laboratorio, mediante los cuales fue posible identificar la presencia de residuos de antibióticos en la leche cruda comercializada por pequeños acopiadores urbanos del cantón Tulcán. Enfoque que se caracteriza por la precisión en la medición de variables numéricas y permitió evaluar la frecuencia y la distribución de residuos antimicrobianos en muestras recolectadas directamente en los puntos de expendio ubicados en dos parroquias urbanas, donde operan los piqueros responsables de distribuir leche por litros en distintos sectores de la ciudad. La recolección se realizó en los horarios y rutas habituales de venta, con el propósito de obtener un panorama real del producto que ingresa diariamente al consumo doméstico.

Como mencionan Simbaña & Gonzáles (2023), los estudios cuantitativos aplican procedimientos estandarizados que facilitan la obtención de resultados fiables y comparables, característica que se ajustó a los objetivos del presente trabajo, dado que el análisis de residuos se efectuó mediante un test rápido inmunocromatográfico, cuyas lecturas se expresaron en frecuencias y porcentajes, lo que permitió interpretar los datos con criterios estadísticos y contrastarlos con la normativa sanitaria vigente.

3.1.1. Enfoque

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se basó en la obtención de datos medibles provenientes de análisis de laboratorio para identificar la presencia de residuos de antibióticos en la leche cruda comercializada por pequeños acopiadores urbanos del cantón Tulcán. El análisis se realizó mediante

un test rápido inmunocromatográfico y los resultados se expresaron en frecuencias y porcentajes, permitiendo evaluar la distribución de los residuos antimicrobianos y contrastar la información obtenida con la normativa sanitaria vigente. Como señalan Simbaña y González (2023), los estudios cuantitativos aplican procedimiento estandarizados que facilitan la obtención de resultados fiables y comparables, característica que se ajustó a los objetivos del presente estudio.

3.1.2. Tipo de Investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se fundamentó en la obtención y análisis de datos numéricos derivados de la evaluación de muestras de leche cruda recolectadas en las parroquias urbanas del cantón Tulcán. Este enfoque permitió medir objetivamente la presencia o ausencia de residuos de antibióticos mediante pruebas rápidas inmunocromatográficas, así como determinar frecuencias, porcentajes y patrones de distribución de los resultados obtenidos.

Según Hernández et al. (2023), el enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para responder preguntas de investigación, probar hipótesis y describir fenómenos a partir de mediciones objetivas y procedimientos estadísticos. En concordancia con este planteamiento, la presente investigación permitió generar evidencia empírica sobre la presencia de residuos de antibióticos en la leche cruda comercializada por pequeños acopiadores, aportando información verificable para la evaluación de la inocuidad del producto destinado al consumo humano.

De acuerdo con su finalidad, la investigación fue de tipo aplicada, debido a que los resultados obtenidos estuvieron orientados a la comprensión de una problemática sanitaria presente en el cantón Tulcán, relacionada con la posible presencia de residuos de antibióticos en la leche cruda comercializada por pequeños acopiadores, aportando información útil para la toma de decisiones en materia de vigilancia y control sanitario.

En función de su alcance, el estudio fue descriptivo, ya que se enfocó en identificar y caracterizar la presencia de residuos de antibióticos en las muestras analizadas, describiendo su frecuencia de detección, distribución geográfica y grupos farmacológicos presentes, sin establecer relaciones de causalidad entre las variables estudiadas.

Respecto a la temporalidad, la investigación fue transversal, puesto que la información fue recolectada durante un periodo determinado mediante muestreos

sucesivos realizados en el año 2025, permitiendo conocer el comportamiento del fenómeno en las condiciones existentes durante el desarrollo del estudio.

En relación con el diseño metodológico, la investigación fue no experimental, debido a que no se manipularon deliberadamente las variables de estudio ni se modificaron las condiciones naturales del sistema de acopio y comercialización de leche cruda. La investigación se limitó a la observación, recolección y análisis de muestras obtenidas en condiciones reales, con el propósito de determinar la presencia de residuos de antibióticos en la leche comercializada por pequeños acopiadores.

3.2. HIPÓTESIS

H0: No Existe La presencia de residuos de antibióticos en la leche cruda comercializada por pequeños acopiadores en las parroquias urbanas de Tulcán.

H1: Existe La presencia de residuos de antibióticos en la leche cruda comercializada por pequeños acopiadores en las parroquias urbanas de Tulcán.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas / Instrumentos	Escala de medición
Leche cruda comercializada por piqueros (Variable independiente)	Presencia de residuos antibióticos	Presencia o ausencia de residuos de antibióticos en leche cruda	Técnica: Análisis de laboratorio Instrumento: Test rápido Bioeasy	Nominal (positivo / negativo)
	Tipo de antibiótico detectado	Clasificación del antibiótico según grupo farmacológico (betalactámicos, tetraciclinas, sulfonamidas)	Técnica: Interpretación del test rápido Instrumento: Guía del fabricante Bioeasy	Nominal (categorías por grupo farmacológico)
	Frecuencia de muestras positivas	Porcentaje de muestras contaminadas respecto al total analizado	Técnica: Registro, tabulación y cálculo Instrumento: Ficha de campo y hoja de cálculo Excel	Escala de razón (porcentaje)
Determinación de residuos de antibióticos en leche cruda (Variable dependiente)	Cumplimiento normativo	Cumplimiento del criterio de ausencia de residuos antibióticos según NTE INEN 9:2012	Técnica: Análisis comparativo normativo Instrumento: Resultados del laboratorio contrastados con la NTE INEN 9:2012	Ordinal (cumple / no cumple)
	Aptitud para consumo humano	Evaluación de la seguridad sanitaria en función de la ausencia de residuos antibióticos	Técnica: Análisis descriptivo Instrumento: Registro de resultados y normativa vigente	Nominal (apta / no apta)

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

Para el desarrollo del estudio se aplicaron distintos métodos complementarios que garantizaron la rigurosidad científica, la validez de los resultados y la adecuada interpretación de los datos experimentales. Cada uno de ellos permitió abordar el problema desde una perspectiva empírica, analítica y descriptiva, acorde con el objetivo general del trabajo.

El método experimental fue el eje principal de la investigación, ya que permitió realizar la manipulación controlada de variables en un entorno de laboratorio. Se aplicó la prueba Bioeasy a las muestras de leche cruda recolectadas, observando los efectos y reacciones ante la presencia de antibióticos. El método permitió comprobar empíricamente la hipótesis de trabajo mediante la observación directa de los resultados bajo condiciones controladas. De acuerdo con Hernández-Sampieri, Vizcaíno et al. (2023), el método experimental permite establecer relaciones de causalidad al intervenir deliberadamente sobre una variable independiente para observar sus efectos en la variable dependiente.

Asimismo, se empleó el método analítico, con el propósito de examinar los resultados obtenidos y compararlos con los parámetros de referencia establecidos por la FAO (2023), la Norma INEN 9:2012, y el Acuerdo Ministerial No. 394-2 del MAG (2022). Este método facilitó la interpretación objetiva de los resultados mediante la descomposición del fenómeno en sus componentes específicos, como tipo de antibiótico, grupo farmacológico y frecuencia de detección. A través del análisis comparativo se pudo determinar si las muestras de leche cumplían o no con los límites máximos permitidos por la legislación ecuatoriana e internacional.

Por último, se utilizó el método descriptivo, el cual permitió caracterizar el fenómeno en estudio sin modificar sus condiciones naturales. Este método se enfocó en describir las características observables de la leche cruda comercializada por los acopiadores urbanos del cantón Tulcán, determinando la frecuencia de residuos antibióticos y su distribución por sectores. Tal como señalan Simbaña & Gonzáles (2023), los estudios descriptivos permiten obtener información detallada sobre la realidad observable, aportando datos que sirven de base para futuras investigaciones de mayor alcance experimental.

El uso combinado de estos métodos permitió garantizar la objetividad del proceso investigativo y la confiabilidad de los resultados obtenidos, asegurando que las conclusiones derivaran directamente de la evidencia empírica recolectada durante el trabajo experimental.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se efectuó bajo un enfoque descriptivo, mediante la organización, tabulación e interpretación sistemática de los datos obtenidos en laboratorio a partir de las muestras de leche cruda recolectadas en los puntos de expendio urbano, tomando en cuenta que el estudio trabajó con la totalidad de pequeños acopiadores identificados en las parroquias Tulcán y Gonzáles Suárez, situación que permitió aplicar un muestreo de tipo censal que incluyó a los 19 piqueros activos durante el periodo de investigación, garantizando que los resultados representaran de manera directa la realidad del circuito informal de distribución de leche cruda sin recurrir a procedimientos de inferencia muestral.

Los resultados correspondientes a cada muestra fueron registrados en el programa Microsoft Excel 2021, herramienta utilizada para sistematizar la información obtenida y calcular frecuencias absolutas y relativas junto con los porcentajes de incidencia de residuos de antibióticos detectados en la leche cruda según grupo farmacológico, diferenciando betalactámicos, tetraciclinas y sulfonamidas, con el objetivo de identificar patrones de presencia y variabilidad temporal en los distintos piqueros y parroquias analizadas.

Con base en esta sistematización se elaboraron tablas de frecuencia y gráficos de distribución que facilitaron la visualización de la proporción de muestras positivas y negativas, además de permitir la comparación entre rutas de expendio, volúmenes movilizadas y fechas de muestreo, logrando representar con claridad la magnitud del fenómeno observado en los sectores urbanos del cantón Tulcán donde se comercializa leche cruda sin procesos de pasteurización.

La interpretación de los resultados se realizó bajo el criterio de presencia o ausencia de residuos antibióticos, considerando que el método aplicado correspondió a una prueba rápida inmunocromatográfica de carácter cualitativo, motivo por el cual el estándar principal de evaluación fue la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9:2012, normativa que establece tolerancia cero frente a la presencia de residuos de antibióticos en leche cruda destinada al consumo humano; las referencias al Codex Alimentarius CAC/MRL 2-2018 se utilizaron únicamente con fines comparativos y

contextuales, sin aplicar límites máximos cuantitativos, dado que la metodología empleada no permitió determinar concentraciones numéricas de residuos.

Gracias al enfoque se evaluó la distribución de resultados positivos en función de la dinámica real del acopio informal, caracterizada por la mezcla de leche procedente de múltiples hatos, condición que influyó de manera directa en la variabilidad observada y aportó una lectura integrada del riesgo sanitario asociado al consumo de leche cruda distribuida por pequeños acopiadores urbanos.

De acuerdo con Vizcaíno et al. (2023), el análisis descriptivo posibilitó caracterizar los resultados observados sin establecer relaciones causales, condición que resultó pertinente para estudios de tipo no experimental y transversal como el presente, en los cuales se describió un fenómeno observable en condiciones naturales, respetando la dinámica habitual de producción, acopio y comercialización de la leche cruda.

3.5.1 Chi cuadrado

Con el propósito de determinar si la frecuencia de muestras positivas difiere entre parroquias, se aplicó la prueba de Chi-cuadrado de independencia, considerando el total de 190 muestras analizadas. Los resultados evidenciaron un estadístico $\chi^2 = 11,30$ con 1 grado de libertad y un nivel de significancia de 0,05, valor que supera el punto crítico teórico (3,84). En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe diferencia estadísticamente significativa en la proporción de muestras positivas entre la parroquia Gonzáles Suárez y la parroquia Tulcán. La mayor concentración de positividad se registró en Gonzáles Suárez, lo que confirma un comportamiento diferenciado del fenómeno en ambos sistemas de acopio informal.

Tabla 2. Cálculo del Chi cuadrado

Parroquia	Positivas	Negativas	Total	%
Gonzáles Suárez	68	22	90	61,2
Tulcán	52	48	100	52
Total	120	70	190	

Cálculo Chi-cuadrado	cálculo:	
$\chi^2 = \sum E(O-E)^2$		
Frecuencias	G.S. positivas:	$X^2 =$
	$(68 - 56,84)^2 / 56,84 =$	11,2954497
	2,190253411	11,29 > 3,84
Para Gonzáles Suárez positivas:	G.S. negativas:	
$(90 \times 120) / 190 =$	$(22 - 33,16)^2 / 33,16 =$	
56,8421053	3,754720134	
Gonzáles Suárez negativas:	Tulcán positivas:	
$(90 \times 70) / 190 =$	$(52 - 63,16)^2 / 63,16 =$	
33,1578947	1,97122807	
Tulcán positivas:	Tulcán negativas:	
$(100 \times 120) / 190$	$(48 - 36,84)^2 / 36,84 =$	
63,1578947	3,37924812	
Tulcán negativas:		
$(100 \times 70) / 190$		
36,8421053		

3.5.2 Población

La población estuvo conformada por los pequeños acopiadores de leche cruda (piqueros) que operan en las parroquias urbanas Tulcán y González Suárez del cantón Tulcán. Estos actores constituyen un componente importante dentro del sistema informal de comercialización de leche cruda, debido a que recolectan el producto de diferentes productores y lo distribuyen directamente a los consumidores finales. Durante el proceso de reconocimiento y levantamiento de información se identificó un total de 19 pequeños acopiadores activos, quienes desarrollaban de manera permanente actividades de recolección, transporte y comercialización de leche cruda en los sectores urbanos considerados para la investigación.

3.5.3 Muestra

Debido a que la población identificada estuvo conformada por un número reducido y accesible de unidades de estudio, se trabajó con la totalidad de los pequeños acopiadores registrados, aplicando un muestreo de tipo censal. Según Hernández et al. (2023), el censo consiste en estudiar todos los elementos que conforman la

población cuando su tamaño permite su evaluación completa, evitando la exclusión de unidades de análisis relevantes.

En función de este criterio metodológico, la muestra quedó constituida por los 19 pequeños acopiadores de leche cruda identificados en las parroquias urbanas Tulcán y González Suárez. Con el propósito de obtener información representativa de la leche comercializada por cada acopiador, se realizaron diez muestreos sucesivos por cada piquero durante el periodo de investigación, obteniéndose un total de 190 muestras de leche cruda destinadas al análisis de residuos de antibióticos mediante pruebas rápidas inmunocromatográficas.

La aplicación del muestreo censal permitió abarcar la totalidad de los pequeños acopiadores existentes en el área de estudio, garantizando una representación directa de la realidad del sistema informal de comercialización de leche cruda en las parroquias urbanas del cantón Tulcán.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Con el propósito de facilitar la lectura global de los resultados antes del análisis textual detallado, se elaboró una tabla resumen que sintetiza el porcentaje de muestras positivas por piquero en cada parroquia, calculado a partir del total de muestreos realizados durante el periodo de estudio lo que permitió identificar de manera inmediata la magnitud de la positividad asociada a cada intermediario, complementando la información detallada día por día presentada en las tablas originales.

Tabla 3. Parroquia González Suárez

Piqueros	Litros de leche	Sector	Lugar de expendio	Rutas de expendio	Costo lt	% de participación
1 PMEA1	40 Lts	Chapuel	Mercado Eloy Alfaro	Norte	0,65	4,44 %
2 PMEA2	40 Lts	Obelisco	Cepia	Norte	0,65	4,44 %
3 PPC3	30 Lts	Carrizal	Cepia	Norte	0,65	3,33 %
4 PMC4	15 Lts	Troya	M. Central	Centro	0,65	1,67 %
5 PMC5	15 Lts	Troya	M. Central	Centro	0,65	1,67 %
6 PMC6	60 Lts	Chapuel	M. Central	Centro	0,65	6,67 %
PP7	120 Lts	Consuelo, La Joya	Policía	Todo Norte	0,60	13,33 %
PGM8	80 Lts	Capote	Centro	Centro	0,60	8,89 %
PGE9	500 Lts	Camal Y Taya	Centro	Centro	0,60	55,56 %
Total = 9 Piqueros	Tot = 900 Lts					100 %

La Tabla 3 presenta la caracterización de los pequeños acopiadores de leche cruda que operan en la parroquia González Suárez. Se identificaron nueve piqueros activos que comercializaron un total de 900 litros de leche por día. El mayor volumen de distribución correspondió al piquero PGE9, con 500 litros diarios, representando el 55,56 % del total comercializado en la parroquia. En contraste, PMC4 y PMC5 registraron los menores volúmenes de distribución, con 15 litros diarios cada uno y una participación individual de 1,67 %. La comercialización se concentró principalmente en los sectores Centro y Norte, evidenciando que la distribución de leche cruda se encuentra focalizada en zonas de alta circulación de consumidores.

Tabla 4. Resumen de los resultados Gonzales Suarez 76%

Piquero	N.º de muestreos	N.º de muestras positivas	Positividad (%)
PMEA1	10	9	90 %
PMEA2	10	7	70 %
PPC3	10	8	80 %
PMC4	10	7	70 %
PMC5	10	6	60 %
PMC6	10	5	50 %
PP7	10	8	80 %
PGM8	10	9	90 %
PGE9	10	9	90 %

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos en las pruebas de detección de residuos de antibióticos realizadas a las muestras recolectadas en la parroquia González Suárez. Los porcentajes de positividad oscilaron entre el 50 % y el 90 %, reflejando una alta frecuencia de detección en la mayoría de los piqueros evaluados. Los mayores porcentajes se registraron en PME A1, PGM8 y PGE9, con un 90 % de muestras positivas, mientras que PMC6 presentó el menor porcentaje de positividad, correspondiente al 50 %. De manera general, los resultados evidencian una elevada presencia de residuos de antibióticos en la leche cruda comercializada por los pequeños acopiadores de esta parroquia, situación que representa un potencial riesgo para la inocuidad alimentaria y la salud de los consumidores.

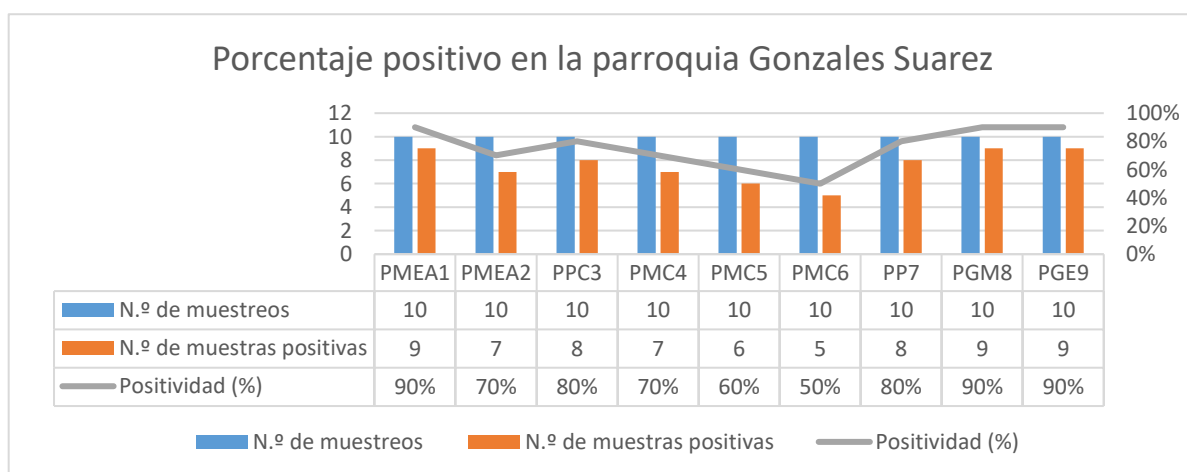
**Figura 1.** Porcentaje positivo en la parroquia Gonzáles Suarez

Figura1 muestra una estructura de distribución donde nueve pequeños acopiadores de leche cruda, identificados como piqueros, movilizan un total de 900 litros diarios en la parroquia Gonzáles Suárez, aunque la participación no se reparte de manera equitativa, debido a que el piquero PGE9 (Piquero Gonzáles Suárez – Expendio Centro) concentra 500 litros, valor que representa más de la mitad del volumen total comercializado, mientras que PP7 (Piquero Policía) y PGM8 (Piquero Gonzáles Suárez

– Mercado Central) aportan 120 y 80 litros respectivamente, panorama que revela un circuito de acopio dominado por tres intermediarios que controlan cerca de las tres cuartas partes del volumen total, dejando a los demás distribuidores con cantidades reducidas que oscilan entre 15 y 60 litros diarios. La presencia de actores con volúmenes tan contrastados adquiere relevancia para los análisis de inocuidad, debido a que cualquier detección de residuos de antibióticos en los piqueros de mayor capacidad implica un impacto directo sobre un número amplio de consumidores urbanos que dependen de esa leche como parte de su abastecimiento cotidiano.

Los sectores de procedencia: Chapuel, Obelisco, Carrizal, Troya, Consuelo-La Joya, Capote y Camal-Taya se conectan con puntos de expendio ubicados en el mercado Eloy Alfaro, CEPIA, mercado central, Policía y zonas céntricas, conformando una red que articula áreas productoras periféricas con espacios urbanos de alta circulación comercial, lo que permite observar un flujo constante de leche cruda hacia zonas donde se concentra la demanda diaria. La identificación de rutas como “Norte”, “Centro” y “Todo norte” permite comprender el alcance territorial de la distribución y la exposición de diversos sectores de Tulcán a un producto que no atraviesa procesos de pasteurización, condición que incrementa la importancia de vigilar la calidad higiénica en el punto de origen y en el transporte.

Tabla 5. Muestras Parroquia Gonzáles Suárez

# Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Fechas	1/5/20 25	8/5/20 25	15/5/20 25	22/5/20 25	29/5/20 25	5/6/20 25	12/6/20 25	19/6/20 25	26/6/20 25	3/7/20 25
PMEA 1	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	NEGAT IVO	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(T) N(BYS)	P=(S) N(BYT)	P=(BYS)) N=(T)
PMEA 2	P=(S) N(BYT)	NEGAT IVO	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	NEGAT IVO	NEGAT IVO	P=(BYS)) N=(T)
PPC3	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	NEGAT IVO	NEGAT IVO	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)
PMC4	P=(BYS)) N=(T)	P=(BYS)) N=(T)	P=(S) N(BYT)	NEGAT IVO	P=(BYS)) N=(T)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	NEGAT IVO	P=(S) N(BYT)	P=(BYS)) N=(T)
PMC5	NEGAT IVO	NEGAT IVO	P=(B) N=(TYS))	P=(BYS)) N=(T)	P=(B) N=(TYS))	P=(BYS)) N=(T)	NEGAT IVO	P=(S) N(BYT)	P=(BYS)) N=(T)	P=(BYS)) N=(T)
PMC6	P=(BYS)) N=(T)	P=(S) N(BYT)	NEGAT IVO	NEGAT IVO	NEGAT IVO	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	NEGAT IVO	NEGAT IVO
PP7	NEGAT IVO	P=(BTS))	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(BYS)) N=(T)	NEGAT IVO	P=(BYS)) N=(T)	P=(S) N(BYT)	P=(BYS)) N=(T)
PGM8	P=(S) N(BYT)	P=(BYS)) N=(T)	P=(BYS)) N=(T)	P=(S) N(BYT)	NEGAT IVO	P=(BYS)) N=(T)	P=(BYS)) N=(T)	P=(S) N(BYT)	P=(BTS))	P=(S) N(BYT)
PGE9	NEGAT IVO	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(BYS)) N=(T)	P=(BYS)) N=(T)

Los resultados obtenidos evidenciaron una elevada frecuencia de positividad a residuos de antibióticos entre los acopiadores evaluados. La presencia de diferentes grupos farmacológicos en varias fechas de muestreo indicó que la detección no correspondió a eventos aislados, sino a una condición recurrente dentro de los circuitos de comercialización analizados.

Tabla 6. Definición de códigos, parroquia González Suarez

Piqueros	Significado de códigos	N
PMEA1	Mercado Eloy Alfaro P1	1
PMEA2	Mercado Eloy Alfaro P2	2
PPC3	Piquero Portón Cepia	3
PMC4	Mercado Central P1	4
PMC5	Mercado Central P2	5
PMC6	Mercado Central P3	6
PP7	Piquero Minibaner Policía	7
PGM8	Piquero García Moreno	8
PGE9	Piquero 10 De agosto Y Esmeraldas	9

La información presentada en la Tabla 6 se interpreta bajo la dinámica real del acopio en la parroquia Gonzáles Suárez, donde los piqueros recolectan leche de varios productores y la mezclan antes de transportarla hacia los puntos de expendio, situación que modifica de manera significativa la lectura de los resultados porque un

solo productor que incumpla el periodo de retiro de antibióticos es suficiente para que toda la leche recolectada en ese día adquiriera un resultado positivo, incluso si la mayoría de los hatos de origen se encuentra libre de tratamientos veterinarios recientes. La mezcla convierte cada muestra en un reflejo del conjunto de proveedores que alimentan la ruta del piquero, por lo que la variación observada entre días y entre piqueros no responde a comportamientos individuales, sino a la combinación cambiante de establecimientos ganaderos que integran el volumen diario que se distribuye en Tulcán (Ponce, 2023).

La presencia de muestras que alternan entre resultados negativos y positivos evidencia que la contaminación no obedece a un patrón estable, sino a la incorporación ocasional de leche proveniente de vacas tratadas con antibióticos cuyos productores liberarían la leche antes del periodo de retiro, lo que genera picos intermitentes de positividad que afectan a todos los consumidores que adquieren leche ese día, ya que la mezcla elimina la posibilidad de que un lote quede aislado. Las coincidencias de positividad en fechas como 22 de mayo, 29 de mayo y 26 de junio indican que varios piqueros obtuvieron leche de productores que compartían condiciones sanitarias similares, probablemente relacionadas con brotes de mastitis u otras afecciones que requieren medicación, lo que incrementa el riesgo en la comunidad porque rutas distintas terminan distribuyendo leche con la misma contaminación en diferentes sectores urbanos.

La magnitud del riesgo se incrementa cuando se considera que piqueros como PGE9 (Piquero Gonzáles Suárez – Expendio Centro), PP7 (Piquero Policía) y PGM8 (Piquero Gonzáles Suárez – Mercado Central) movilizan volúmenes muy superiores a los demás, porque en estos casos la mezcla involucra aportes de mayor número de proveedores y cualquier resultado positivo tiene un alcance poblacional más amplio, ya que la distribución se hace hacia sectores con alta demanda diaria. Esta dinámica explica por qué piqueros con aparente estabilidad sanitaria pueden presentar resultados positivos aislados: la contaminación depende del día y de los proveedores específicos que entregan leche, lo que implica que la inocuidad del producto final queda sujeta a decisiones individuales que ocurren en los hatos de origen y escapan totalmente al control del consumidor.

Tabla 7. Parroquia Tulcán

Piqueros	Litros de leche	Sector	Lugar de expendio	Rutas de expendio	Costo lt	% participación
PMS1	55 Lts	Las Peñas	Mercado Sur	Sur	0,65	2,96 %
PMS2	40 Lts	Aeropuerto	Mercado Sur	Sur	0,55	2,16 %
PCN3	220 Lts	San José	Vivienda Popular	Sur	0,60	11,86 %
PCR4	150 Lts	Taques	Sur	Sur	0,60	8,09 %
PCV5	180 Lts	Tetes	Sur	Sur	0,50	9,70 %
PCQ6	1000 Lts	Tufiño	Supermaxi	Sur	0,50	53,91 %
PU7	30 Lts	La Modelo	Sur	Sur	0,65	1,62 %
PMSM8	60 Lts	Guama	Mercado San Miguel	Centro Sur	0,65	3,23 %
PMSMC9	80 Lts	Santa Barbara	Mercado San Miguel	Centro Sur	0,65	4,31 %
PPG10	40 Lts	Chulamues	Mercado San Miguel	Centro Sur	0,65	2,16 %
Total = 10 piqueros	Tot = 1855 Lts					100 %

La Tabla 7 presenta la caracterización de los 10 pequeños acopiadores de la parroquia Tulcán, quienes comercializan un total de 1.855 litros de leche por día. Se detallan el sector de procedencia, el lugar y la ruta de expendio, observándose que el piquero PCQ6 concentra la mayor participación con el 53,91 % del volumen distribuido.

Tabla 8. Resumen de los resultados Tulcán 52%

Parroquia Tulcán	N.º de muestreos	N.º de muestras positivas	Positividad (%)
PMS1	10	4	40 %
PMS2	10	3	30 %
PCN3	10	8	80 %
PCR4	10	2	20 %
PCV5	10	5	50 %
PCQ6	10	3	30 %
PU7	10	4	40 %
PMSM8	10	10	100 %
PMSMC9	10	7	70 %
PPG10	10	6	60 %

Porcentaje positivo en la parroquia Tulcán

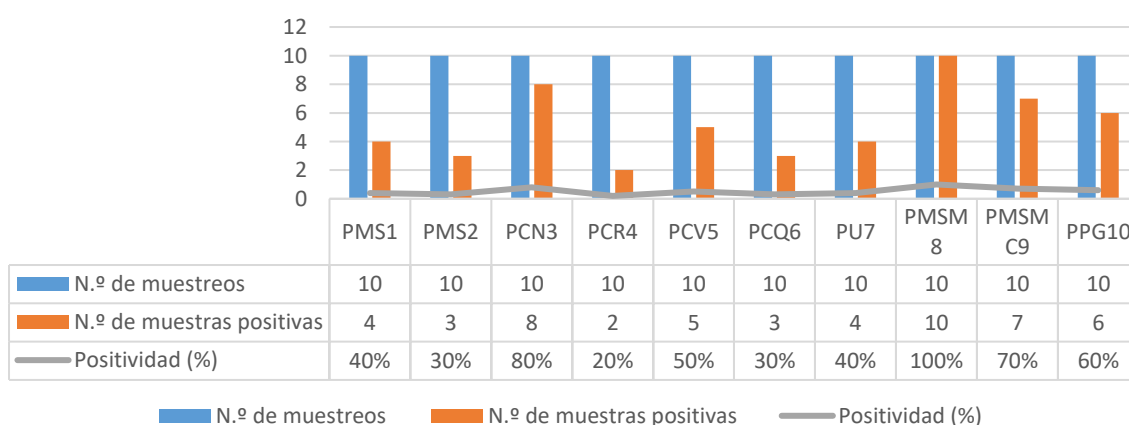


Figura 2. Porcentaje positivo en la parroquia Tulcán

Figura 2 muestra una estructura de acopio considerablemente más amplia que la registrada en la parroquia Gonzales Suárez, ya que en Tulcán intervienen diez piqueros que movilizan 1.855 litros diarios, con una concentración marcada en PCQ6 (piquero proveniente del sector Tufiño, con expendio en Supermaxi), quien aporta 1.000 litros que representan más de la mitad del volumen total, mientras que los demás distribuidores manejan cantidades que oscilan entre 30 y 220 litros, lo que evidencia nuevamente una cadena dominada por intermediarios de alta capacidad que abastecen sectores urbanos con una demanda significativa. La presencia de un piquero que controla tal proporción del volumen implica que cualquier contaminación por residuos de antibióticos proveniente de uno de los productores que integran su ruta tendría un impacto sanitario mayor, ya que los lotes grandes se convierten en un vehículo de distribución masiva hacia las zonas del sur de Tulcán.

Los sectores de origen —Las Peñas, Aeropuerto, San José, Tajés, Tufiño, Guama, Santa Bárbara, Chulamues— reflejan una mezcla de áreas periurbanas y rurales que abastecen puntos de expendio ubicados en el Mercado Sur, Vivienda Popular, Supermaxi y Mercado San Miguel, lo que forma una red de distribución que conecta distintas zonas productoras con lugares de alta circulación comercial donde la venta de leche cruda es habitual entre familias que buscan alternativas económicas frente a productos pasteurizados. La estructura territorial indica que la leche recolectada por cada piquero atraviesa distancias cortas, pero involucra varios proveedores, por lo que la calidad sanitaria final depende de decisiones tomadas en diferentes hatos que operan bajo niveles variables de manejo sanitario.

La variación de precios por litro entre 0,50 y 0,65 dólares revela diferencias vinculadas al volumen transportado y a la estrategia comercial utilizada por cada piquero, ya que quienes manejan grandes cantidades pueden ofrecer precios más competitivos que atraen a un número mayor de compradores, lo que incrementa la relevancia de evaluar la inocuidad en esos lotes, porque un solo día con leche contaminada tendría un alcance poblacional significativo. La coexistencia de precios más bajos en PCQ6 (piquero del sector Tufiño, con expendio en Supermaxi) y PCV5 (piquero del sector Tetes, con rutas de expendio en el sur de la ciudad) indica que estos intermediarios probablemente manejan rutas consolidadas donde la demanda diaria es alta, lo que refuerza la importancia de verificar en laboratorio la presencia de residuos farmacológicos en muestras provenientes de estos actores.

Tabla 9. Siglas de los resultados

SIGLAS DE RESULTADOS	SIGNIFICADO
P=(S) N(BYT)	Positivo sulfonamidas, Negativo betalactámicos y tetraciclinas
P=(BYS) N=(T)	Positivo betalactámicos y sulfonamidas, Negativo tetraciclinas
P=(BTS)	Positivo betalactámicos, tetraciclinas, y sulfonamidas
P=(B) N=(TYS)	Positivo betalactámicos, Negativo tetraciclinas y sulfonamidas
P=(T) N(BYS)	Positivo tetraciclinas, Negativo betalactámicos y sulfonamidas
P=(BYT) N=(S)	Positivo betalactámicos y tetraciclinas, Negativo sulfonamidas
NEGATIVO	Negativo, sin antibióticos

La Tabla 9 presenta la codificación utilizada para interpretar los resultados de las pruebas, indicando las combinaciones de positividad y negatividad para sulfonamidas, betalactámicos y tetraciclinas, lo que facilita la lectura y clasificación de las muestras analizadas.

Tabla 10. Consecutividad de tomas de muestras en la parroquia Tulcán

# Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Fechas	10/7/2025	17/7/2025	24/7/2025	31/7/2025	7/8/2025	14/8/2025	21/8/2025	28/8/2025	4/9/2025	11/9/2025
PMS1	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	P=(S) N(BYT)	NEGATIVO	P=(S) N(BYT)	NEGATIVO	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)
PMS2	NEGATIVO	P=(S) N(BYT)	NEGATIVO	P=(T) N=(BYS)	P=(S) N(BYT)	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
PCN3	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	NEGATIVO	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	NEGATIVO	NEGATIVO	P=(S) N(BYT)
PCR4	P=(S) N(BYT)	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	P=(S) N(BYT)
PCV5	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	P=(S) N(BYT)	NEGATIVO	NEGATIVO	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)
PCQ6	NEGATIVO	NEGATIVO	P=(S) N(BYT)	NEGATIVO	NEGATIVO	P=(S) N(BYT)	NEGATIVO	NEGATIVO	P=(BTS)	NEGATIVO
PU7	P=(B) N=(TYS)	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)
FECHAS	18/9/2025	25/9/2025	2/10/2025	9/10/2025	16/10/2025	23/10/2025	30/10/2025	6/11/2025	13/11/2025	20/11/2025
PMS M8	P=(T) N(BYS)	P=(BYT) N=(S)	P=(T) N(BYS)	P=(BYS) N=(T)	P=(B) N=(TYS)	P=(B) N=(TYS)	P=(BYS) N=(T)	P=(B) N=(TYS)	P=(BTS)	P=(S) N(BYT)
PMS MC9	P=(BYT) N=(S)	P=(BYT) N=(S)	P=(T) N(BYS)	NEGATIVO	NEGATIVO	P=(T) N(BYS)	P=(BTS)	P=(B) N=(TYS)	P=(B) N=(TYS)	P=(B) N=(TYS)
PPG10	P=(S) N(BYT)	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	P=(S) N(BYT)	P=(S) N(BYT)	P=(BYS) N=(T)	P=(BYS) N=(T)	P=(B) N=(TYS)	P=(B) N=(TYS)

La Tabla 10 muestra los resultados obtenidos en las 10 fechas de muestreo para cada piquero de la parroquia Tulcán, evidenciando la presencia o ausencia de

sulfonamidas, betalactámicos y tetraciclinas mediante la codificación establecida para el análisis de las muestras.

Tabla 11. Definición de códigos, parroquia Tulcán

Piqueros	Significado de códigos	N
PMS1	Puesto 1 Mercado Sur	1
PMS2	Puesto 2 Mercado Sur	2
PCN3	Piquero Camioneta Negra	3
PCR4	Piquero Camioneta Roja	4
PCV5	Piquero Camioneta Verde	5
PCQ6	Piquero Camión Coqueto	6
PU7	Uniandes	7
PMSM8	Puesto 1 Mercado San Miguel	8
PMSMC9	Puesto 2 Mercado San Miguel Carnicería	9
PPG10	Puerto 3 Portón Gris	10

La Tabla 11 presenta la identificación de los códigos asignados a los 10 pequeños acopiadores de la parroquia Tulcán, relacionando cada sigla utilizada en el estudio con su correspondiente punto de expendio, lo que facilita la interpretación y trazabilidad de los resultados obtenidos.

La desagregación de los resultados por tipo de antibiótico y por piquero permite reconocer diferencias en la dinámica de contaminación entre las parroquias evaluadas. En la parroquia González Suárez se identifica un predominio claro de sulfonamidas, con frecuencias elevadas en todos los piqueros, donde PGE9 y PGM8 registran 9 detecciones cada uno, seguidos de PME1, PPC3 y PMC4 con 8 registros. Este comportamiento posiciona a este grupo farmacológico como el principal residuo dentro del sistema de acopio. Los betalactámicos aparecen con menor frecuencia, aunque mantienen valores relevantes en PMC5 (6), PGM8 (5) y en PMC4 y PP7 (4), lo que permite inferir la presencia de tratamientos veterinarios aplicados en distintos momentos por parte de los proveedores. En relación con las tetraciclinas, su presencia resulta limitada, con registros únicamente en PME1, PP7 y PGM8, con un caso en cada uno. La distribución observada configura un escenario relativamente uniforme, en el que la contaminación se concentra principalmente en un solo tipo de antibiótico y presenta menor diversidad farmacológica.

En la parroquia Tulcán se observa un comportamiento distinto, caracterizado por una mayor variabilidad en la distribución de los residuos. Las sulfonamidas continúan presentes, con valores destacados en PCN3 (7), PCV5 (5) y PPG10 (5), aunque sin el mismo nivel de predominio evidenciado en la otra parroquia. Los betalactámicos

adquieren mayor peso dentro del sistema, con registros en PMSM8 (7), PMSMC9 (6) y PPG10 (4), lo que evidencia una participación más frecuente de este grupo. En el caso de las tetraciclinas, su presencia aumenta de forma notable, alcanzando valores de 5 en PMSMC9 y 4 en PMSM8, lo que refleja una incorporación más activa de este antibiótico en la dinámica de contaminación. Un elemento relevante se identifica en PCQ6, donde se registra la presencia simultánea de los tres grupos farmacológicos, condición que, al estar asociada a un mayor volumen de distribución, incrementa el alcance del riesgo sanitario. La configuración observada muestra que en Tulcán no existe un solo antibiótico predominante, sino una coexistencia de varios grupos que complejiza el comportamiento del fenómeno.

La comparación entre ambas parroquias permite establecer diferencias en la estructura de la contaminación. González Suárez presenta un patrón más uniforme, centrado en sulfonamidas, mientras que Tulcán evidencia un escenario más diverso, con presencia simultánea de betalactámicos y tetraciclinas en varios piqueros. Estas diferencias reflejan variaciones en las prácticas sanitarias de los hatos proveedores y se relacionan con distintos niveles de riesgo, debido a que la coexistencia de varios antibióticos dificulta su control dentro de un sistema de acopio informal donde la mezcla de leche impide identificar el origen del residuo.

4.2. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permitieron caracterizar la estructura operativa de la comercialización informal de leche cruda en las parroquias urbanas evaluadas, evidenciando la participación directa de pequeños acopiadores o piqueros como actores clave dentro de la cadena de abastecimiento. En la parroquia González Suárez se identificaron 9 piqueros que movilizan 900 litros diarios, mientras que en la parroquia Tulcán se registraron 10 piqueros con un volumen total de 1.855 litros por día. En conjunto, la investigación abarcó 19 intermediarios y una circulación diaria de 2.755 litros de leche cruda, lo que permite dimensionar la magnitud del sistema de distribución y su incidencia directa en el consumo urbano. Este hallazgo no solo responde a la identificación de los actores involucrados, sino que también permite comprender que la leche comercializada bajo esta modalidad constituye un producto de acceso cotidiano, cuya calidad sanitaria tiene implicaciones directas en la salud pública.

El análisis de la positividad permitió identificar diferencias claras entre parroquias. En González Suárez se registraron 68 muestras positivas de un total de 90 analizadas, equivalente a 75,56 %, mientras que en Tulcán se detectaron 52 muestras positivas de 100, correspondiente a 52 %. Estos resultados permiten establecer que la mayor frecuencia de presencia de residuos antibióticos se concentró en González Suárez, lo que da cumplimiento al objetivo orientado a determinar la parroquia con mayor presencia de antibióticos. Sin embargo, el análisis no se limita a la comparación porcentual, debido a que Tulcán presenta un volumen de distribución significativamente mayor, lo que implica que, aun con menor frecuencia de positividad, la exposición poblacional puede ser más amplia en términos absolutos. Esta diferencia entre frecuencia y volumen introduce un elemento interpretativo relevante, ya que permite distinguir entre intensidad del problema y alcance del mismo.

La magnitud de la positividad observada en González Suárez supera ampliamente los valores reportados en la literatura. Matailo y Zaruma (2023) registraron 1,72 % de muestras positivas en leche cruda, Choque et al. (2020) reportaron 10,1 % para tetraciclinas y 1,4 % para betalactámicos, Ponce (2023) identificó 10,17 % en cantones del Carchi, Meneses (2024) reportó 5,5 %, y Lara et al. (2024) documentaron 19 %. Frente a estos antecedentes, el 75,56 % encontrado evidencia una frecuencia considerablemente superior, lo que sugiere la existencia de fallas estructurales en el manejo sanitario del ganado, particularmente en el respeto de los períodos de retiro y en la ausencia de controles efectivos antes de la comercialización. Esta diferencia no solo refleja una mayor presencia de residuos, sino que también evidencia un contexto donde las prácticas de uso de antibióticos presentan menor regulación o supervisión.

En la parroquia Tulcán, el 52 % de positividad también se ubica por encima de la mayoría de estudios comparativos. Este valor supera el 20 % reportado por Martínez et al. (2023) en la cuenca lechera del Valle de Lerma, el 20 % encontrado por Ayala y Durazno (2023) en Cuenca y el 19 % descrito por Lara et al. (2024). Incluso resulta superior al 49 % de tetraciclinas reportado por Vanegas y Saballos (2023), considerando que en dicho estudio la presentación se realizó por grupos farmacológicos y no como positividad global. En este sentido, la frecuencia encontrada en Tulcán permite interpretar que la presencia de residuos antibióticos no constituye un evento ocasional, sino una condición que se mantiene dentro del

circuito informal de comercialización, asociada a prácticas reiteradas en el uso de medicamentos veterinarios.

La identificación de los tipos de antibióticos presentes permitió profundizar el análisis del fenómeno. En González Suárez se evidenció un predominio claro de sulfonamidas, con registros recurrentes en la mayoría de los piqueros, especialmente en PME1, PPC3, PGM8 y PGE9. Los betalactámicos también estuvieron presentes, aunque con menor frecuencia, mientras que las tetraciclinas aparecieron en casos puntuales. Dicho comportamiento configura un patrón relativamente uniforme, donde la contaminación se concentra en un grupo farmacológico específico, lo que sugiere el uso repetitivo de determinados tratamientos dentro de los hatos proveedores. La homogeneidad observada facilita la identificación de tendencias sanitarias, pero al mismo tiempo evidencia la persistencia de prácticas que no han sido corregidas dentro del sistema productivo.

En contraste, la parroquia Tulcán presentó una dinámica distinta, caracterizada por una mayor diversidad en la presencia de residuos antibióticos. Las sulfonamidas continuaron presentes, pero sin el predominio observado en González Suárez, mientras que los betalactámicos y las tetraciclinas adquirieron mayor relevancia, especialmente en piqueros como PMSM8, PMSMC9 y PPG10. La detección simultánea de varios grupos farmacológicos en casos como PCQ6 evidencia una coexistencia de tratamientos que complejiza la interpretación del origen de la contaminación. Esta diversidad indica que en Tulcán no existe un patrón único de uso de antibióticos, sino una combinación de prácticas terapéuticas que incrementa la dificultad de control dentro del sistema de acopio.

La comparación con los antecedentes permite contextualizar estos hallazgos. Vanegas y Saballos (2023) identificaron la presencia de betalactámicos, tetraciclinas y sulfonamidas con predominio de tetraciclinas, mientras que en el presente estudio se evidenció un predominio de sulfonamidas en González Suárez y una distribución más equilibrada en Tulcán. De forma similar, Ayala y Durazno (2023) reportaron predominio de sulfonamidas, lo que guarda concordancia con uno de los escenarios analizados. Por otro lado, Ponce (2023) registró mayor frecuencia de tetraciclinas, tendencia que no coincide completamente con los resultados obtenidos. Estas diferencias reflejan que la presencia de residuos antibióticos no responde a un patrón homogéneo a nivel regional, sino que depende de las prácticas de manejo sanitario adoptadas en cada contexto productivo.

La variabilidad observada en los resultados a lo largo de las fechas de muestreo se explica por la dinámica del acopio informal. Ponce (2023) señala que la mezcla de leche procedente de distintos productores puede generar que el incumplimiento del período de retiro por parte de un solo proveedor afecte la totalidad del volumen recolectado. Esta situación se evidenció en la alternancia entre resultados positivos y negativos, lo que indica que la contaminación no es constante, sino que depende de la composición diaria de la leche recolectada. En este contexto, cada resultado positivo refleja una condición colectiva del sistema y no únicamente de un punto específico de expendio, lo que dificulta la trazabilidad del origen del residuo.

El análisis del volumen comercializado permite comprender la magnitud del impacto potencial. En González Suárez, PGE9 concentró 55,56 % del volumen total, mientras que en Tulcán PCQ6 representó 53,91 %. En estos casos, la presencia de residuos antibióticos adquiere mayor relevancia debido a la cantidad de leche distribuida hacia la población. La combinación entre alta frecuencia de positividad en una parroquia y alto volumen de distribución en otra evidencia que el riesgo sanitario no se manifiesta de una sola forma, sino que responde a distintas condiciones estructurales dentro del sistema de comercialización.

No obstante, el riesgo sanitario no depende exclusivamente del volumen total distribuido, ya que la dinámica del acopio implica la mezcla de leche procedente de diferentes proveedores, donde la presencia de residuos antibióticos en una fracción del volumen puede comprometer la totalidad del producto comercializado. En este contexto, Quirola (2022) señala que "la mezcla de leche contaminada con residuos de antibióticos con leche apta para el consumo genera una contaminación general del lote, debido a que estos compuestos no se eliminan mediante procesos físicos simples", lo que implica que incluso pequeñas cantidades de leche contaminada pueden afectar grandes volúmenes destinados al consumo humano.

Planteamiento que permite interpretar que el riesgo no solo se relaciona con la cantidad distribuida, sino con la imposibilidad de revertir la contaminación una vez que la leche ha sido mezclada dentro del sistema de acopio informal.

En conjunto, los resultados evidencian la presencia significativa de residuos antibióticos en la leche cruda comercializada en ambas parroquias, con valores superiores a los reportados en la mayoría de estudios comparativos. González Suárez presentó la mayor frecuencia de muestras positivas, con predominio de sulfonamidas,

mientras que Tulcán mostró una menor frecuencia relativa, pero mayor volumen de distribución y mayor diversidad de residuos. El comportamiento permite asociar el problema a deficiencias en el uso de medicamentos veterinarios, al incumplimiento de los períodos de retiro y a la falta de control en el sistema de comercialización informal.

La interpretación de estos resultados también permite reconocer que la problemática no se limita al nivel productivo, sino que involucra directamente a los piqueros como articuladores del sistema de distribución. La ausencia de mecanismos de control inmediato, la falta de trazabilidad y la concentración del volumen en pocos intermediarios generan condiciones que favorecen la persistencia de la contaminación. En este sentido, el análisis no solo evidencia la existencia del problema, sino que permite comprender su dinámica estructural, lo que resulta fundamental para orientar acciones que reduzcan el riesgo sanitario asociado al consumo de leche cruda en el cantón Tulcán.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se identificaron 19 pequeños acopiadores de leche cruda que operan en las parroquias González Suárez y Tulcán, responsables de la movilización conjunta de 2.755 litros diarios. La cantidad de piqueros y el volumen distribuido muestran que esta modalidad de comercialización mantiene una participación importante en el abastecimiento de leche para la población urbana del cantón.

La mayor presencia de residuos de antibióticos se encontró en la parroquia González Suárez, donde el 75,56 % de las muestras analizadas presentó resultados positivos, mientras que en Tulcán la positividad alcanzó el 52 %. La diferencia registrada entre ambas parroquias demuestra que la contaminación no ocurre con la misma frecuencia dentro del área de estudio.

En González Suárez predominó la detección de sulfonamidas, mientras que en Tulcán la distribución de los grupos farmacológicos fue más variada al encontrarse sulfonamidas, betalactámicos y tetraciclinas. Aun así, las sulfonamidas constituyeron el grupo de antibióticos identificado con mayor frecuencia durante la investigación.

Durante todas las semanas de muestreo se detectó la presencia de residuos de antibióticos en la leche cruda transportada y comercializada por pequeños acopiadores de las parroquias González Suárez y Tulcán. La permanencia de resultados positivos a lo largo del período evaluado indica que no se trató de un hecho aislado, sino de una condición presente dentro del sistema de comercialización analizado.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda promover el consumo de leche proveniente de plantas procesadoras y centros de acopio que cuenten con controles sanitarios establecidos, con el fin de garantizar un producto inocuo y reducir el riesgo de exposición de la población a residuos de antibióticos.

Se recomienda fortalecer las acciones de control sobre la leche cruda comercializada por pequeños expendedores informales, debido a la elevada frecuencia de residuos de antibióticos detectada durante el estudio, priorizando la protección de la salud de los consumidores.

Se recomienda reforzar los programas de vigilancia y control sanitario en las parroquias González Suárez y Tulcán, incorporando controles periódicos para la detección de residuos de antibióticos y otras alteraciones que puedan afectar la calidad de la leche comercializada.

Se recomienda desarrollar programas permanentes de capacitación dirigidos a productores, acopiadores y expendedores sobre el uso responsable de antibióticos, el cumplimiento de los períodos de retiro y las buenas prácticas de manejo, con el propósito de mejorar la calidad e inocuidad de la leche destinada al consumo humano.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alenezi, M. S., Tartor, Y. H., El-Sherbini, M., Pet, E., Ahmadi, M., & Abdelkhalek, A. (2024). Antibiotic Residues in Milk and Milk-Based Products Served in Kuwait Hospitals: Multi-Hazard Risk Assessment. *Antibiotics*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/antibiotics13111073>
- Ayala, S. A. G., & Durazno, R. C. B. (2023). ANTIBIÓTICOS PRESENTES EN LECHE CRUDA RECOLECTADA EN EL MERCADO 10 DE AGOSTO DE LA CIUDAD DE CUENCA, PERÍODO ABRIL 2023.
- Bahramian, B., Sani, M. A., Parsa-Kondelaji, M., Hosseini, H., Khaledian, Y., & Rezaie, M. (2022). Antibiotic residues in raw and pasteurized milk in Iran: A systematic review and meta-analysis. *AIMS Agriculture and Food*, 7(3), 500–519. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2022031>
- Caizaluisa, L. M. J. (2024). Determinación de la calidad y detección de residuos antibióticos en leche cruda comercializada informalmente en los cantones Junín, Portoviejo, Rocafuerte y Santa Ana de la provincia de Manabí. Universidad Central Del Ecuador Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Carrión, R. J. E. (2023). Determinación de residuos químicos en leche cruda comercializada en mercados municipales de la ciudad de Loja.
- Choque, Q. D., Obregon, Y. M. E., Ligarda, S. C. A., Ramos, P. B. S., Sichez, M. J. C., Solano, R. A. M., & Choque, Q. Y. (2020). β -lactam and tetracycline residues in fresh milk acquired by the Glass of Milk Committees of the San Jerónimo and Andahuaylas districts in Apurímac, Peru. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 31(3). <https://doi.org/10.15381/RIVEP.V31I3.18432>
- Contreras, B. A. A. (2023a). Determinación de la calidad y detección de residuos antibióticos en leche cruda comercializada informalmente en el Noreste de Quito.
- EFSA. (2021, July 5). Estrategia 2027 de la EFSA: ciencia, seguridad alimentaria y sostenibilidad. <https://www.efsa.europa.eu/es/corporate-pubs/efsa-strategy-2027-science-safe-food-sustainability>.
- FAO. (2022, June 12). Codex Alimentarius.
- FAO. (2023). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023. In El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023. FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO; <https://doi.org/10.4060/cc3017es>.

- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2023). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION* 2nd Edición (S. A. D. C. V. / INTERAMERICANA EDITORES, Ed.; 6ta ed.). Mc Graw Hill.
- Idrovo, M. L. E., & Zhunio, G. E. M. (2025). Análisis de la presencia de antibióticos y calidad de la leche cruda que se expende en mercados de la ciudad de Azogues.
- Lara, M., Alarcón, M., Ferreira, F., Cardozo, L., González, A., Ortega, Ó., Sosa, L., & Báez, M. (2024a). Determination of antibiotic residues in raw bovine milk marketed in dairies of the Department of Cordillera, Paraguay Technical note. *Revista Científica de La Facultad de Veterinaria*, 34(3). <https://doi.org/10.52973/RCFCV-E34457>
- Lara, M., Alarcón, M., Ferreira, F., Cardozo, L., González, A., Ortega, Ó., Sosa, L., & Báez, M. (2024b). Determination of antibiotic residues in raw bovine milk marketed in dairies of the Department of Cordillera, Paraguay Technical note. *Revista Científica de La Facultad de Veterinaria*, 34(3). <https://doi.org/10.52973/RCFCV-E34457>
- MAG. (2022). GOBIERNO NACIONAL DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR o O Ministerio de EL MINISTRO DE AGRICULTURA, GANADERIA, ACUACULTURA Y PESCA. www.magap.gob.ec
- Martínez Allo, M. L. (2022). Determinación de la calidad y detección de residuos antibióticos en leche cruda comercializada informalmente en el sur de Quito.
- Martínez, G. M., & Suarez, V. H. (2024). Antibiotic residues in milk collected from dairy farms and market in Lerma Valley (Salta). *Ciencia Veterinaria*, 26(1), 1–12. <https://doi.org/10.19137/cienvet202426101>
- Martínez, G., Suarez, V., Carabajal, R., Vilte, F., Tomecek, M., & Delgado, J. (2023). Residuos de antibióticos en leche recolectada de tambos y comercios del Valle de Lerma (Salta). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, RN. <https://doi.org/10.19137/cienvet202426101>
- Matailo, F. S. R., & Zaruma, G. J. A. (2023). Determinación de antibióticos en leche cruda bovina en el centro de acopio de la parroquia Ludo, cantón Sígsig. *Anatomía Digital*, 6(3.1), 74–91. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v6i3.1.2658>
- Matailo Fernández, S. R., & Zaruma Guaraca, J. A. (2023). Determinación de antibióticos en leche cruda bovina en el centro de acopio de la parroquia Ludo, cantón Sígsig. *Anatomía Digital*, 6(3.1), 74–91. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v6i3.1.2658>
- Meneses, A. S. A. (2024). Determinación de la calidad y detección de residuos antibióticos en leche cruda comercializada informalmente en los cantones Ibarra, Pimampiro y Urcuquí de la provincia de Imbabura. Universidad Central Del Ecuador Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Ministerio de Agricultura, G. A. y P. (2013). Resolución DAJ-2013461-0201.0213.
- NTE INEN 9:2012. (2012). INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.

- Ponce, M. E. N. (2023). Determinación de la calidad y detección de residuos antibióticos en leche cruda de bovino comercializada informalmente de los cantones Bolívar, Mira y Espejo de la provincia del Carchi. Universidad Central Del Ecuador Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Quirola, S. K. F. (2025). Determinación de antibióticos en leche cruda bovina.
- Simbaña, H. M. P., & Gonzáles, R. M. (2023). Libro ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS. <https://www.researchgate.net/publication/373865370>
- Torres, M. J. E. (2022). DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE RESIDUOS ANTIBIÓTICOS EN LECHE CRUDA PARA EL CONSUMO EN LA CIUDAD DE LOJA.
- Troya, G. J. A., & López, A. O. K. (2025). Análisis de presencia de antibióticos y la calidad de la leche cruda comercializada en diferentes mercados de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Universidad de Cuenca.
- Vanegas, R. N. A., & Saballos, J. E. E. (2023). Evaluar presencia de antibacterianos en la leche cruda de vacas, en fincas del departamento de Boaco, Nicaragua en el periodo marzo – octubre del año 2023.
- Vizcaíno, Z. P. I., Cedeño, C. R. J., & Maldonado, P. I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(4), 9723–9762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI


FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA
ACTA
DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ESTUDIANTE: Chicalza Chamorro Scarlett Mickaela	CÉDULA DE IDENTIDAD: .0401747639
PERIODO ACADÉMICO: 2026A	DOCENTE TUTOR: Ph.D. LUIS RODRIGO BALAREZO URRESTA
PRESIDENTE TRIBUNAL: MSC. NATALY TATIANA CORONEL MONTESDEOCA	
DOCENTE: Ph.D. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL	

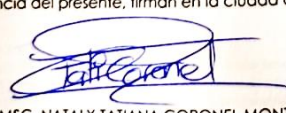
TEMA DEL TIC: "Determinación de antibióticos en leche cruda en pequeños acopladores en la zona urbana de Tulcán."

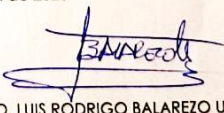
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	7.67	REDACTAR MEJOR EL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO Y DE ACUERDO A LOS OBJETIVOS REDACTAR LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7.67	MEJORAR EL MARCO TEÓRICO
3	METODOLOGÍA	7.67	COLOCAR EL TAMAÑO D EMUESTRA ESTADÍSTICA Y MEJORAR EL ENFOQUE Y EL TIPO D INVESTIGACIÓN
4	RESULTADOS	7.67	DESCRIBIR LAS TABLAS DE RESULTADOS
5	DISCUSIÓN	7.67	ENFOCAR LA DISCUSIÓN EN LA PRESENCIA DE ANTIBIÓTICOS Y QUE EFECTOS NEGATIVOS GENERAN PARA LA POBLACIÓN
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7.67	MEJORAR CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
7	DEFENSA. ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	7.67	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	7.67	INTRODUCIR EN LA PRESENTACIÓN LA TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

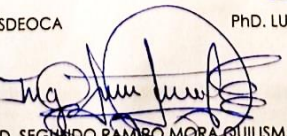
Obteniendo una nota de: 7.67 Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el martes, 28 de abril de 2026


 MSC. NATALY TATIANA CORONEL MONTESDEOCA
PRESIDENTE TRIBUNAL


 Ph.D. LUIS RODRIGO BALAREZO URRESTA
DOCENTE TUTOR


 Ph.D. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL
DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Scarleth Mickaela Chicaiza Chamorro				
DATE: Thursday, June 25, 2026				
Topic: "Determination of antibiotics in raw milk from small collection centers in the urban area of Tulcán"				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 ☒	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED			
		TOTAL 9		

Anexo 3. Tratamiento de las muestras



Figura 3. Tratamiento de muestras

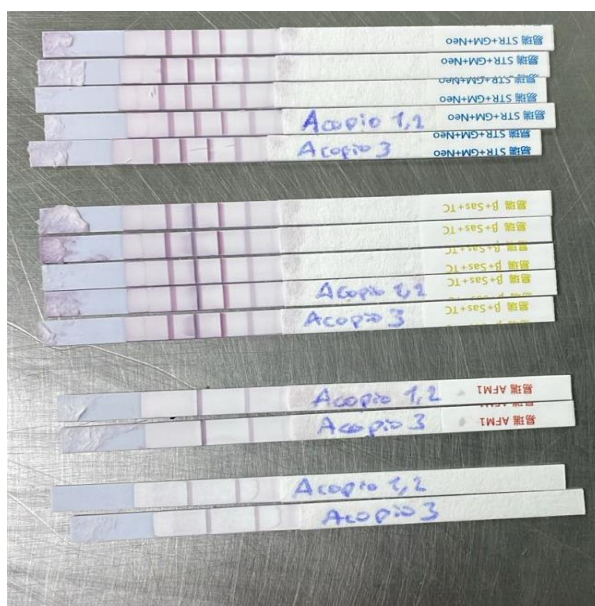


Figura 4. Tirillas rápidas de detección BTS Gonzales Suárez



Figura 5. Tirillas rápidas de detección BTS Tulcán

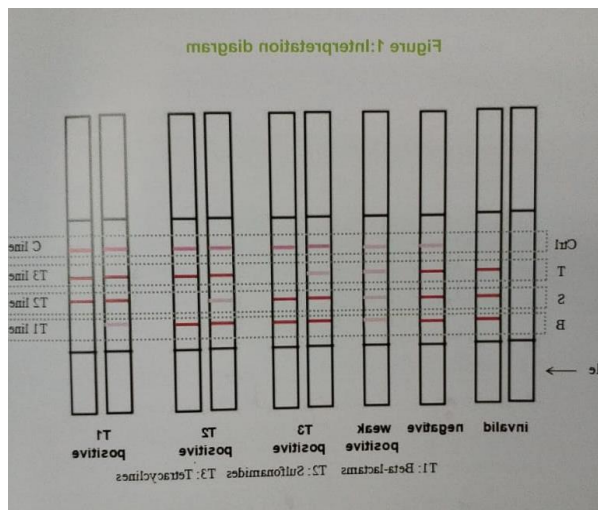


Figura 6. Manual del kit



Figura 7. Incubadora de muestras

Anexo 4. Toma de muestras Gonzales Suarez



Figura 8. Toma de muestras Gonzales Suárez 1



Figura 9. Toma de muestras Gonzales Suárez 2



Figura 10. Toma de muestras Gonzales Suárez 3