

10

Fecha de presentación: marzo, 2024

Fecha de aceptación: agosto, 2024

Fecha de publicación: octubre, 2024

ANÁLISIS

MULTICRITERIO DE LA VARIACIÓN DE PRECIOS DE LA LECHE EN ECUADOR

MULTICRITERIA ANALYSIS OF THE VARIATION IN MILK PRICES IN ECUADOR

Raúl Rodríguez Comas ^{1*}

E-mail: ua.raulcomas@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1353-2279>

Ana Cristina Isizan Cuaces¹

E-mail: ai.anacic14@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7084-9662>

Lisenia Karina Baque Villanueva¹

E-mail: uq.liseniabaque@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7886-8094>

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez Comas, R., Isizan Cuaces, A. C., & Baque Villanueva, L. K. (2024). Análisis multicriterio de la variación de precios de la leche en Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 16 (S1), 84-92.

RESUMEN

El sector lácteo de Ecuador es una de las principales fuerzas productivas del país, contribuyendo con el aumento al Producto Interno Bruto y generando alrededor de 1.2 millones de empleos. Este sector ha sido crucial para el progreso económico y social desde 1900, pero el precio de la leche, también resultó afectado por fenómenos meteorológicos extremos y fluctuaciones en los precios de insumos agrícolas. La pandemia de COVID-19 agravó estas dificultades al provocar inestabilidad económica, aumento en ventas iniciales seguidas por una reducción en la producción debido a restricciones de mano de obra y transporte. Carchi, una provincia de alto rendimiento en producción de leche, enfrenta problemas adicionales por el contrabando de leche colombiana, que reduce los precios y afecta negativamente a los productores y microempresarios lácteos. El comercio ilegal fomenta la fabricación informal de productos lácteos, complicando la estabilidad económica de los productores. Para abordar estos problemas, el estudio ha propuesto utilizar métodos multicriterio, específicamente el Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico (NAHP), para evaluar los factores que influyen en la variación del precio de la leche y su impacto en las microempresas lácteas. El método NAHP permitirá analizar diversos criterios, como costos de producción, margen de ganancia, demanda del cliente, competitividad del mercado, sostenibilidad financiera y calidad del producto, con el objetivo de identificar estrategias efectivas para enfrentar los desafíos actuales y futuros del sector.

Palabras clave: Leche, NAHP, Consumidores, Producción, Economía nacional.

ABSTRACT

Ecuador's dairy sector is one of the country's main productive forces, contributing to the increase in the Gross Domestic Product and generating around 1.2 million jobs. This sector has been crucial to economic and social progress since 1900, but the price of milk has also been affected by extreme weather events and fluctuations in agricultural input prices. The COVID-19 pandemic exacerbated these difficulties by causing economic instability, an increase in initial sales followed by a reduction in production due to labor and transportation restrictions. Carchi, a high-performance province in milk production, faces additional problems due to the smuggling of Colombian milk, which reduces prices and negatively affects dairy producers and microentrepreneurs. Illegal trade encourages the informal manufacturing of dairy products, complicating the economic stability of producers. To address these problems, the study has proposed using multi-criteria methods, specifically the Neutrosophic Hierarchical Analytical Process (NAHP), to evaluate the factors that influence the variation in milk price and its impact on dairy microenterprises. The NAHP method will allow

the analysis of various criteria, such as production costs, profit margin, customer demand, market competitiveness, financial sustainability and product quality, with the aim of identifying effective strategies to face the current and future challenges of the sector.

Keywords: Milk, NAHP, Consumers, Production, National economy.

INTRODUCCIÓN

El sector lácteo de Ecuador se reconoce como una de las fuerzas productivas más valiosas del país, aportando anualmente de manera significativa al Producto Interno Bruto (PIB). En el año 2022, este sector contribuye aproximadamente con el 4% a la economía nacional. Además, la industria láctea ofrece oportunidades para mejorar la calidad de vida de la población, generando 1.2 millones de empleos (Cruz et al., 2021).

Por otro lado, las empresas ecuatorianas que elaboran productos lácteos han destacado en el mercado por la adopción de tendencias actuales de producción. Estas empresas alinean sus actividades con los estándares de la Norma Técnica INEN y la Norma Internacional ISO 9001, garantizando la salud de los consumidores y adaptándose a las exigencias del comercio exterior (Puga et al., 2024).

Desde el año 1900, la industria láctea de Ecuador ha sido fundamental para el progreso económico y social del país. No obstante, ha sido necesario desarrollar estrategias oportunas para enfrentar la volatilidad del precio de la leche (Contero et al., 2021). Las organizaciones de este sector necesitan captar una cantidad específica de leche acorde a su capacidad de producción, ya que este producto es la materia prima indispensable para elaborar diversos productos lácteos, como quesos, yogurt, mantequilla y crema.

Sin embargo, fenómenos meteorológicos extremos y la variación del precio de los insumos agrícolas para la producción ganadera afectan tanto la calidad como la cantidad de la leche. Existen temporadas de aumento en la cantidad de leche, lo cual reduce el precio, y periodos de escasez que perjudican la economía de los productores, aumentan los costos de producción de las empresas lácteas e impactan en el precio final de los productos para los consumidores (González et al., 2021).

En relación a lo anterior, es relevante analizar el impacto de la pandemia de COVID-19 en la desaceleración de la actividad económica de las empresas del sector lácteo. El confinamiento en Ecuador, anunciado el 12 de marzo de 2020, provoca una inestabilidad socioeconómica

considerable. Al inicio de la cuarentena, las empresas dedicadas a la fabricación de productos lácteos experimentaron un aumento en las ventas debido a la necesidad de las personas de prepararse para un periodo de alta incertidumbre.

Durante el aislamiento, la industria láctea se vio obligada a suspender su producción a pesar de que la actividad ganadera continua, debido a la falta de mano de obra y a los impedimentos en las vías de comercialización (Carrillo et al., 2020). Estas circunstancias provocan consecuencias negativas para los propietarios y colaboradores de las organizaciones lácteas, tales como despidos intempestivos, pérdidas económicas significativas y fluctuaciones en el precio de la leche.

El territorio interandino representa el 73% de la producción de leche y sus derivados, siendo Carchi una de las provincias con mayor actividad ganadera, con una producción diaria de 379,916 litros de leche, de los cuales cerca del 93% se vende a pequeñas y medianas empresas de los distintos cantones carchenses. Aunque la ubicación geográfica de Carchi facilita la obtención de leche de calidad en áreas cercanas a las fábricas lácteas, también aumenta la inestabilidad del precio de esta materia prima debido al contrabando en la frontera con Colombia (Freire & Ibarra, 2017).

El contrabando de leche colombiana es una problemática crítica para los productores ganaderos del norte de Ecuador, ya que una sobreproducción reduce el precio oficial de la leche de 0.42 centavos a casi la mitad, ocasionando pérdidas económicas y desperdicio del producto. Este problema también afecta a los microempresarios lácteos, ya que el comercio ilegal de leche fomenta la fabricación informal de productos lácteos, como cuajadas y quesos artesanales, vendidos a precios bajos para evitar pérdidas.

Ante esta situación, los líderes microempresariales enfrentan dificultades para tomar medidas efectivas. A diferencia de los pequeños artesanos, deben considerar los costos de producción para fijar los precios de sus productos y mantenerlos estables, a pesar de las fluctuaciones en el precio de la leche (Aulestia & Capa, 2019).

El análisis en el sector lácteo requiere de enfoques que permitan una evaluación sistémica de múltiples factores interrelacionados. El uso de métodos multicriterio ofrece una forma de abordar esta complejidad al considerar diversos aspectos económicos, sociales y ambientales que afectan a la industria. A través de estos métodos, es posible realizar una evaluación más completa y equilibrada

de las distintas alternativas, facilitando la toma de decisiones que pueden mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector (Carvajal & Montenegro, 2019).

En este contexto, el presente estudio propone la aplicación de métodos multicriterio para analizar el sector lácteo de Ecuador, con el objetivo de identificar las estrategias más efectivas para enfrentar los desafíos actuales y futuros. Esta aproximación permite a los actores del sector desarrollar políticas y prácticas que optimicen tanto la producción como la distribución de productos lácteos, promoviendo un crecimiento sostenible y beneficioso para todos los involucrados.

El estudio evalúa los factores que influyen en la variación del precio de la leche y su impacto en las microempresas lácteas. Se determina utilizando como métodos analíticos la Neutrosfía y el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) en su versión neutrosófica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica que implicó el análisis de artículos originales y revisiones sistemáticas publicados en los últimos cinco años y relacionados con el tema de interés. La búsqueda se efectuó mediante la consulta de bases de datos especializadas utilizando Google Académico como motor de búsqueda. Los datos científicos recopilados fueron compilados y posteriormente sometidos a un proceso de revisión científica. Este proceso fue llevado a cabo por un equipo de trabajo compuesto por tres expertos en el campo, cada uno con un mínimo de ocho años de experiencia en la materia.

Conceptos básicos de la Neutrosfía en el análisis de sentimientos

La Neutrosfía representa una teoría matemática concebida por el erudito rumano Florentin Smarandache con el propósito de abordar situaciones de incertidumbre. Esta teoría ha servido como fundamento para el desarrollo de nuevos enfoques destinados a manejar información que es incierta e inconsistente, lo que incluye la formulación de conjuntos neutrosóficos, lógica neutrosófica y, en particular, su aplicación en cuestiones relacionadas con la toma de decisiones. En el contexto de conjuntos neutrosóficos, el concepto de valor de verdad se define de la siguiente manera (Smarandache, 2022):

Dada una evaluación neutrosófica de un mapeo de un grupo de fórmulas proposicionales para cada oración:

$$\mathbf{N} = \{(T, I, F): T, I, F \subseteq [0, 1]\} \quad \mathbf{nN} \quad \mathbf{p} \quad (1)$$

$$\mathbf{v}(\mathbf{p}) = (T, I, F)$$

Con el fin de hacer más accesible la aplicación en situaciones del mundo real (Zulqarnain et al., 2021) surgen la adopción de Conjuntos Neutrosóficos de Valor Único (SVNS). Esta metodología posibilita el empleo de expresiones del lenguaje común con el propósito de aumentar la comprensión de los resultados (Saeed et al., 2020).

Sea X un universo de discurso, un SVNS A sobre X tiene la siguiente forma:

$$\mathbf{A} = \{(x, u_a(x), r_a(x), v_a(x)): x \in X\} \quad (2)$$

Donde $u_a(x): X \rightarrow [0, 1]$, $r_a(x): X \rightarrow [0, 1]$ y $v_a(x): X \rightarrow [0, 1]$

$$\text{Con } 0 \leq u_a(x), r_a(x), v_a(x) \leq 3, \forall x \in X \quad (3)$$

Los intervalos representan los grados de pertenencia de x a las categorías de verdadero, indeterminado y falso en el conjunto A , respectivamente representados como $u_a(x)$, $r_a(x)$ y $v_a(x)$. Para mayor comodidad, un Número Neutrosófico de Valor Único (SVN) se presenta en forma de $A = (a, b, c)$, donde a, b, c son valores que pertenecen al intervalo $[0, 1]$, y deben cumplir con la condición de $0 \leq a + b + c \leq 3$. Definiendo $A = (T, I, F)$ como un número neutrosófico de un solo valor, el cual es una función de puntuación S que se relaciona con un valor neutrosófico único. Esta función se basa en los grados de pertenencia a la verdad, la indeterminación y la falsedad, y se define de la siguiente manera:

$$\mathbf{S}(\mathbf{A}) = 2 + \mathbf{T} - \mathbf{F} + \mathbf{I} \quad (4)$$

La función de puntuación para conjuntos neutrosóficos de un solo valor se propone para hacer la distinción entre los números.

Las entrevistas personales son ampliamente utilizadas como una fuente principal de información en una variedad de campos de investigación. Sin embargo, el análisis de las transcripciones resultantes puede verse afectado de forma no intencionada por los propios investigadores que las conducen. Además, el proceso de aprendizaje de cada nueva entrevista se produce a un ritmo considerablemente rápido y no aprovecha de manera eficaz el valioso tiempo de los investigadores.

Proceso Analítico Jerárquico en su versión neutrosófica

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP), desarrollado por Thomas Saaty en 1980, es ampliamente reconocido como uno de los enfoques más utilizados para abordar cuestiones de toma de decisiones que involucran múltiples criterios. Este método se basa en la construcción de una jerarquía que representa la estructura del problema de toma de decisiones. En la parte superior de la jerarquía se sitúa el objetivo que se busca lograr al resolver el problema, mientras que en la parte inferior se enumeran las diversas alternativas entre las cuales se debe seleccionar una decisión. Los niveles intermedios de la jerarquía detallan los criterios y atributos que se deben tener en cuenta en el proceso de toma de decisiones. Para comprender mejor este método, es importante definir los siguientes conceptos:

Definición 1: El conjunto neutrosófico N se caracteriza por tres funciones de pertenencia, que son la función de pertenencia de verdad T_A , la función de pertenencia de indeterminación I_A y la función de pertenencia de falsedad F_A , donde U es el Universo del Discurso $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]-0, 1+ [$, $y -0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3+$. Nótese que, según la definición, $T_A(x), I_A(x)$ y $F_A(x)$ son subconjuntos reales estándar o no estándar de $] -0, 1+ [$ y por lo tanto, $T_A(x), I_A(x)$ and $F_A(x)$ pueden ser subintervalos de $[0, 1]$.

Definición 2: El conjunto neutrosófico de valor único (SVNS por sus siglas en inglés) N sobre U es $A = \{ \langle x; T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle : x \in U \}$, donde $T_A: U \rightarrow [0, 1]$, $I_A: U \rightarrow [0, 1]$, y $F_A: U \rightarrow [0, 1]$, $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$. El Número Neutrosófico de Valor Único (SVNN) está representado por $N = (t, i, f)$, such that $0 \leq t, i, f \leq 1$ and $0 \leq t + i + f \leq 3$.

$$\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3, a_4); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$$

Definición 3: El número neutrosófico trapezoidal de valor único, \tilde{a} , es un conjunto neutrosófico de R , cuyas funciones de pertenencia de verdad, indeterminación y falsedad se definen como sigue, respectivamente:

$$T_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \alpha_{\tilde{a}} \left(\frac{x-a_1}{a_2-a_1} \right), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \alpha_{\tilde{a}}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \alpha_{\tilde{a}} \left(\frac{a_3-x}{a_3-a_2} \right), & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & \text{de lo contrario} \end{cases} \quad (5)$$

Donde $\alpha_{\tilde{a}}$ y $\beta_{\tilde{a}}$.

$$I_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(a_2-x+\beta_{\tilde{a}}(x-a_1))}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \beta_{\tilde{a}}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{(x-a_2+\beta_{\tilde{a}}(a_3-x))}{a_3-a_2}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 1, & \text{de lo contrario} \end{cases} \quad (6)$$

$$F_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(a_2-x+\gamma_{\tilde{a}}(x-a_1))}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \gamma_{\tilde{a}}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{(x-a_2+\gamma_{\tilde{a}}(a_3-x))}{a_3-a_2}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 1, & \text{de lo contrario} \end{cases} \quad (7)$$

Definición 4: Dado \tilde{a} y \tilde{b} dos valores trapezoidales de valor único neutrosóficos y λ cualquier número no nulo en la línea real. Entonces, se definen las siguientes operaciones:

Donde $\alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \in [0, 1]$, $a_1, a_2, a_3, a_4 \in \mathbb{R}$ y $a_1 \leq a_2 \leq a_3 \leq a_4$.

Definición 4: Dado $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3, a_4); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$ y $\tilde{b} = \langle (b_1, b_2, b_3, b_4); \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{b}} \rangle$ dos valores trapezoidales de valor único neutrosóficos y λ cualquier número no nulo en la línea real. Entonces, se definen las siguientes operaciones:

Adición: $\tilde{a} + \tilde{b} = \langle (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle$

Sustracción: $\tilde{a} - \tilde{b} = \langle (a_1 - b_4, a_2 - b_3, a_3 - b_2, a_4 - b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle$ (8)

División: $\tilde{a}^{-1} = \langle (a_4^{-1}, a_3^{-1}, a_2^{-1}, a_1^{-1}); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, where $a_1, a_2, a_3, a_4 \neq 0$.

Multipliación según escala numérica:

$$\lambda \tilde{a} = \begin{cases} \langle (\lambda a_1, \lambda a_2, \lambda a_3, \lambda a_4); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle, & \lambda > 0 \\ \langle (\lambda a_4, \lambda a_3, \lambda a_2, \lambda a_1); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle, & \lambda < 0 \end{cases}$$

Las definiciones 3 y 4 hacen referencia al valor único del número neutrosófico en situaciones en las que se cumple la condición $a_2 = a_3$. Para simplificar, utilizamos la escala de valores triangulares neutrosóficos, que se encuentra en la Tabla 2, y posteriormente se compara con la escala que muestra (Abdel-Basset et al., 2018). En el nivel más básico, se trata de comprender las opciones de decisión. La valoración de la importancia o ponderación de los criterios se lleva a cabo mediante comparaciones en pares entre ellos. Estas comparaciones se realizan utilizando una escala, como se describe en la ecuación (10).

$S = \left\{ \frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1, 3, 5, 7, 9 \right\}$	(9)
--	-----

Por lo tanto, se puede modelar la indeterminación de la toma de decisiones aplicando AHP neutrosófico o NAHP para abreviar. La ecuación 10 contiene una matriz de comparación neutrosófica genérica por pares:

La Matrix \tilde{A} debe satisfacer la condición $\tilde{a}_{ji} = \tilde{a}_{ij}^{-1}$, basada en el operador de inversión de la definición 4. Para convertir números triangulares neutrosóficos en números nítidos, hay dos índices definidos en (Abdel-Basset et al., 2018) son los denominados índices de puntuación y precisión, respectivamente, ver ecuaciones 11 y 12:

$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & \tilde{1} \end{bmatrix}$	(10)
--	------

$$S(\tilde{a}) = \frac{1}{8} [a_1 + a_2 + a_3] (2 + \alpha_{\tilde{a}} - \beta_{\tilde{a}} - \gamma_{\tilde{a}}) \tag{11}$$

$$A(\tilde{a}) = \frac{1}{8} [a_1 + a_2 + a_3] (2 + \alpha_{\tilde{a}} - \beta_{\tilde{a}} + \gamma_{\tilde{a}}) \tag{12}$$

Tabla 1: Escala de Saaty traducida a una escala triangular neutrosófica.

Escala de Saaty	Definición	Escala Triangular Neutrosófica
1	Igualmente influyente	$\tilde{1} = \langle (1, 1, 1); 0.50, 0.50, 0.50 \rangle$
3	Ligeramente influyente	$\tilde{3} = \langle (2, 3, 4); 0.30, 0.75, 0.70 \rangle$
5	Fuertemente influyente	$\tilde{5} = \langle (4, 5, 6); 0.80, 0.15, 0.20 \rangle$
7	Muy fuertemente influyente	$\tilde{7} = \langle (6, 7, 8); 0.90, 0.10, 0.10 \rangle$
9	Absolutamente influyente	$\tilde{9} = \langle (9, 9, 9); 1.00, 1.00, 1.00 \rangle$
2, 4, 6, 8	Valores esporádicos entre dos escalas cercanas	$\tilde{2} = \langle (1, 2, 3); 0.40, 0.65, 0.60 \rangle$ $\tilde{4} = \langle (3, 4, 5); 0.60, 0.35, 0.40 \rangle$ $\tilde{6} = \langle (5, 6, 7); 0.70, 0.25, 0.30 \rangle$ $\tilde{8} = \langle (7, 8, 9); 0.85, 0.10, 0.15 \rangle$

Fuente: (Abdel-Basset et al., 2018)

Inicio del proceso seleccionando un grupo de especialistas cualificados. Luego, se procede a estructurar la matriz de comparación neutrosófica, que abarca factores, subfactores y estrategias, utilizando los términos lingüísticos especificados en la Tabla 1. La escala neutrosófica se configura a partir de las opiniones proporcionadas por los expertos. Esta matriz de comparación neutrosófica se compone de las valoraciones triangulares neutrosóficas de los factores, subfactores y estrategias.

Posteriormente se realiza una verificación de la consistencia de las evaluaciones hechas por los expertos. Si se demuestra que la matriz de comparación por pares es transitiva, entonces se considera que es consistente y se enfoca exclusivamente en los valores inferior, medio y superior de la valoración neutrosófica triangular para cada comparación.

Finalmente, se procede a calcular los pesos asignados a los factores en la matriz de comparación neutrosófica por pares. Esto se logra mediante una transformación de la matriz a una forma determinista, y se obtiene tanto el puntaje como el grado de precisión.

Se debe determinar, además, la clasificación de prioridades, mediante el vector propio X, a partir de la matriz anterior normalizando las entradas de la columna dividiendo cada entrada por la suma de la columna. Luego el total de los promedios de las filas teniendo en cuenta que el Paso 3 se refiere a considerar el uso del cálculo del Índice de Consistencia (IC) al aplicar esta técnica, que es una función que depende de λ_{max} , el valor propio máximo de la matriz. Saaty establece que la consistencia de las evaluaciones puede determinarse mediante la ecuación:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \tag{13}$$

donde n es el orden de la matriz. Además, la Relación de Consistencia (CR) se define mediante la ecuación:

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{14}$$

RI se da en la Tabla 2.

Tabla 2: RI asociado a cada pedido.

Orden (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Fuente: Elaboración propia

Si $RC \leq 0.1$ se puede considerar que la evaluación de los expertos es suficientemente consistente y por lo tanto es válido el proceder.

Algunos de los criterios importantes que deben tenerse en cuenta al analizar el precio de la leche, y que se utilizarán como base de análisis en esta investigación, son (Tabla 3):

Tabla 3: Criterios de análisis.

Codificación	Criterios
C1	Costos de producción
C2	Margen de ganancia
C3	Demanda del cliente
C4	Competitividad del mercado
C5	Sostenibilidad financiera
C6	Calidad del producto

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para comenzar la investigación, se emplea el método AHP en su versión neutrosófica. Mediante este enfoque, los expertos determinan cuál de los criterios de evaluación es fundamental para el fortalecimiento del comercio de la leche (Tablas 4 y 5).

Tabla 4: Aplicación del AHP neutrosófico.

Alternativas	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	$\langle\langle 1,1,1 \rangle\rangle;$ 0.50,0.50,0.50	$\langle\langle 4,5,6 \rangle\rangle;$ 0.80,0.15,0.20	$\langle\langle 4,5,6 \rangle\rangle;$ 0.80,0.15,0.20	$\langle\langle 4,5,6 \rangle\rangle;$ 0.80,0.15,0.20	$\langle\langle 2,3,4 \rangle\rangle;$ 0.30,0.75,0.70	$\langle\langle 2,3,4 \rangle\rangle;$ 0.30,0.75,0.70
C2		$\langle\langle 1,1,1 \rangle\rangle;$ 0.50,0.50,0.50	$\langle\langle 4,5,6 \rangle\rangle;$ 0.80,0.15,0.20	$\langle\langle 2,3,4 \rangle\rangle;$ 0.30,0.75,0.70		$\langle\langle 1,1,1 \rangle\rangle;$ 0.50,0.50,0.50
C3			$\langle\langle 1,1,1 \rangle\rangle;$ 0.50,0.50,0.50	$\langle\langle 2,3,4 \rangle\rangle;$ 0.30,0.75,0.70		
C4				$\langle\langle 1,1,1 \rangle\rangle;$ 0.50,0.50,0.50		
C5		$\langle\langle 2,3,4 \rangle\rangle;$ 0.30,0.75,0.70	$\langle\langle 2,3,4 \rangle\rangle;$ 0.30,0.75,0.70	$\langle\langle 4,5,6 \rangle\rangle;$ 0.80,0.15,0.20	$\langle\langle 1,1,1 \rangle\rangle;$ 0.50,0.50,0.50	$\langle\langle 2,3,4 \rangle\rangle;$ 0.30,0.75,0.70
C6		$\langle\langle 1,1,1 \rangle\rangle;$ 0.50,0.50,0.50	$\langle\langle 4,5,6 \rangle\rangle;$ 0.80,0.15,0.20	$\langle\langle 4,5,6 \rangle\rangle;$ 0.80,0.15,0.20		$\langle\langle 1,1,1 \rangle\rangle;$ 0.50,0.50,0.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Matriz de comparación pareada desneutrosificada.

Criterios	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Peso
C1	0,9375	5,1562	5,1562	5,1562	2,6437	2,6437	0,334410
C2	0,2120	0,9375	5,1562	2,6437	0,3182	0,9375	0,096940
C3	0,2120	0,2120	0,9375	2,6437	0,3182	0,2120	0,050220
C4	0,2120	0,3182	0,3182	0,9375	0,2120	0,2120	0,035719
C5	0,3182	2,6437	2,6437	5,1562	0,9375	2,6437	0,208733
C6	0,3182	0,9375	5,1562	5,1562	0,3182	0,9375	0,127504

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, la matriz tiene un valor propio=5,46869, con un IC=0,058115 y RC=5,7863. Los resultados resultan expuestos a la ronda de expertos donde se determina la mayor preferencia hacia la demanda del cliente.

En respuesta al objeto de estudio de esta investigación, la aplicación de métodos multicriterio, como el AHP neutrosófico, permite una valoración de los factores que influyen en la industria. Este enfoque facilita la identificación de estrategias efectivas para mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector. El estudio demuestra que la demanda del cliente es un criterio crucial para fortalecer el comercio de la leche. Las estrategias deben enfocarse en satisfacer esta demanda mientras se gestionan los costos de producción, se mantiene la calidad del producto y se asegura la sostenibilidad financiera de las empresas.

En conclusión, el sector lácteo de Ecuador tiene un papel vital en la economía nacional, pero enfrenta desafíos significativos que requieren enfoques estratégicos y colaborativos. La implementación de políticas y prácticas basadas en evaluaciones multicriterio puede ayudar a superar estos desafíos y promover un crecimiento sostenible y equilibrado en la industria láctea ecuatoriana.

CONCLUSIONES

El impacto del sector lácteo en la calidad de vida y en la estabilidad económica de numerosas familias es significativo, destacándose como una fuerza productiva vital para el país. Las empresas lácteas ecuatorianas han demostrado una notable capacidad para adaptarse a las tendencias actuales y cumplir con los estándares internacionales. Esta alineación con los estándares garantiza la salud del consumidor y facilita el acceso a mercados internacionales, destacando la competitividad del sector en un entorno globalizado.

Desde su establecimiento a principios del siglo XX, la industria láctea ha enfrentado diversos retos, incluyendo la volatilidad en los precios de la leche, fenómenos meteorológicos extremos y variaciones en los precios de insumos

agrícolas. Estos factores afectan tanto la calidad como la cantidad de leche disponible, impactando negativamente en la economía de los productores y en el costo de los productos finales para los consumidores.

La pandemia provocó una desaceleración significativa en la actividad económica del sector lácteo. Durante el confinamiento, las empresas enfrentaron dificultades operativas debido a la falta de mano de obra y restricciones en la comercialización. A pesar del aumento inicial en las ventas por la demanda acumulada, la suspensión de la producción y otros inconvenientes resultaron en pérdidas económicas y fluctuaciones en los precios de la leche.

La región interandina, especialmente Carchi, es clave en la producción de leche en Ecuador. Sin embargo, el contrabando de leche colombiana ha generado inestabilidad en el precio, afectando negativamente a los productores locales y a las microempresas lácteas. Este comercio ilegal no solo redujo el precio oficial, sino que también fomentó la producción informal, complicando la estabilidad y rentabilidad del sector.

La aplicación de métodos multicriterio, como el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) en su versión neutrosófica, se presentó como una herramienta eficaz para abordar la complejidad del sector lácteo. Es crucial desarrollar políticas y prácticas basadas en el análisis multicriterio para mejorar la producción y distribución de productos lácteos. Las estrategias deben enfocarse en optimizar la cadena de suministro, estabilizar los precios de la leche y promover la sostenibilidad del sector, beneficiando tanto a los productores como a los consumidores y garantizando un crecimiento equilibrado y sostenible para el sector lácteo de Ecuador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel-Basset, M., Mohamed, M., & Smarandache, F. (2018). An extension of neutrosophic AHP-SWOT analysis for strategic planning and decision-making. *Symmetry*, 10(4), 116. <https://www.mdpi.com/2073-8994/10/4/116>

- Aulestia Guerrero, E. M., & Capa Mora, E. D. (2019). El comercio informal transfronterizo de productos agrarios y su repercusión en el sistema agroalimentario ecuatoriano. *Aldea Mundo*, 24(48), 34–44. <https://www.edyalyc.org/journal/543/54364091004/54364091004.pdf>
- Carrillo Parra, E. R., Rodríguez Solarte, Á. E., & Arellano Díaz, M. A. (2020). La planificación estratégica como herramienta de desarrollo de las empresas agropecuarias en el Ecuador. *Visionario Digital*, 4(3), 181–203. <https://www.cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/VisionarioDigital/article/view/1361>
- Carvajal Pérez, L., & Montenegro Arellano, G. F. (2019). Reflexiones teóricas sobre la evaluación de factores socioeconómicos en explotaciones lecheras del Carchi, Ecuador. *Visión Empresarial*, 9, 8–16. <https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/visionempresarial/article/view/864>
- Contero, R., Requelme, N., Cachipundo, C., & Acurio, D. (2021). Calidad de la leche cruda y sistema de pago por calidad en el Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de La Vida*, 33(1), 31–43. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962021000100031&script=sci_arttext
- Cruz Siguenza, E. L., Miño Cascante, G. E., Bastidas Alarcón, F. E., & Cruz Siguenza, M. P. (2021). Situational Analysis of the Production of Milk and Cheese in Several Productive Sectors of Ecuador and Its Quality Under Ecuadorian NTE INEN Regulations. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of STEAM*, 1246–1277. <https://knepublishing.com/index.php/epoch/article/view/9563>
- Freire Carrillo, V. H., & Ibarra Sandoval, F. L. (2017). Marketing estratégico para el fortalecimiento de la producción de lácteos. *UNIVERSIDAD, CIENCIA y TECNOLOGÍA*, 21(82), 4–15. <https://core.ac.uk/download/pdf/489415934.pdf>
- González Ronquillo, M., Abecia, J. A., Gómez, R., & Palacios, C. (2021). Effects of weather and other factors on milk production in the Churra dairy sheep breed. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 9(2), 2125. <http://www.jabbnet.periodikos.com.br/article/doi/10.31893/jabb.21025>
- Puga Torres, B., Aragón, E., Contreras, A., Escobar, D., Guevara, K., Herrera, L., López, N., Luján, D., Martínez, M., & Sánchez, L. (2024). Analysis of quality and antibiotic residues in raw milk marketed informally in the Province of Pichincha–Ecuador. *Food and Agricultural Immunology*, 35(1), 2291321. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09540105.2023.2291321>
- Saeed, M., Saqlain, M., Mehmood, A., & Yaqoob, S. (2020). Multi-polar neutrosophic soft sets with application in medical diagnosis and Decision-making. *Neutrosophic Sets and Systems*, 33, 183–207. <https://fs.unm.edu/nss8/index.php/111/article/view/193>
- Smarandache, F. (2022). Lógica neutrosófica refinada n-valuada y sus aplicaciones a la física. *Collected Papers. Volume X: On Neutrosophics, Plithogenics, Hypersoft Set, Hypergraphs, and Other Topics*, 170–174.
- Zulqarnain, R. M., Xin, X. L., Saqlain, M., Smarandache, F., & Ahamad, M. I. (2021). An integrated model of neutrosophic TOPSIS with application in multi-criteria decision-making problem. *Neutrosophic Sets and Systems*, 40, 253–269. [https://books.google.com/cu/books?hl=es&lr=&id=llxCEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA253&dq=Zulqarnain,+R.+M.,+Xin,+X.+L.,+Saqlain,+M.,+Smarandache,+F.,+%26+Ahamad,+M.+I.,+\(2021\),+An+integrated+model+of+n+eutrosophic+TOPSIS+with+application+in+multi-criteria+decision-making+problem.+Neutrosophic+Sets+and+Systems,+40,+253-269&ots=k6gv3lEtlb&sig=u4ApovMDFerlcB90yIkEtHLeMgg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com/cu/books?hl=es&lr=&id=llxCEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA253&dq=Zulqarnain,+R.+M.,+Xin,+X.+L.,+Saqlain,+M.,+Smarandache,+F.,+%26+Ahamad,+M.+I.,+(2021),+An+integrated+model+of+n+eutrosophic+TOPSIS+with+application+in+multi-criteria+decision-making+problem.+Neutrosophic+Sets+and+Systems,+40,+253-269&ots=k6gv3lEtlb&sig=u4ApovMDFerlcB90yIkEtHLeMgg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)