

INQUIDE

Chemical Engineering and Development

ISSN: 1390-9428
e-ISSN: 3028-8533
ISSN-L: 3028-8533

Vol. 8 / No. 2
July – December 2025



INQUIDE – Ingeniería Química y Desarrollo

INQUIDE – Ingeniería Química y Desarrollo * Volumen 8 * Número 2 * Julio / Diciembre 2026.

Revista de Ciencia y Tecnología, editada por la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil (Guayaquil – Ecuador)

Se difunde investigación aplicada en ingeniería, procesos industriales, desarrollo sostenible y gestión tecnológica, con enfoque multidisciplinar en el ámbito de las ingenierías.

Comité Ejecutivo:

Francisco Morán Peña, PhD, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Rector de la Universidad de Guayaquil. <https://orcid.org/0000-0003-3655-6003>

Sofía Lovato Torres, PhD, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Vicerrector Académico de la Universidad de Guayaquil. <https://orcid.org/0000-0001-5831-8554>

Luz Elvira Vásquez Luna, PhD, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Decano de Investigación, Posgrado e Internacionalización, Universidad de Guayaquil. <https://orcid.org/0000-0001-8709-2072>

Amalin Ladayse Mayorga Albán, PhD, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Coordinador de Investigación y Gestión del Conocimiento de la Universidad de Guayaquil <https://orcid.org/0000-0002-3667-0888>

Sandra Ronquillo Castro, PhD, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Decano de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-9048-8454>

Hugo Pérez Benítez, MSc. Universidad de Guayaquil, Ecuador. Vicedecano de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0001-7460-4032>

Francisco Javier Duque-Aldaz, MSc. Universidad de Guayaquil, Ecuador. Editor General de la Revista de Ingeniería y Desarrollo Químico de la Universidad de Guayaquil. <https://orcid.org/0000-0001-9533-1635>

Miembro del Comité Científico Internacional

José Carmona Tapia, PhD, Universidad de Almería; España. <https://orcid.org/0000-0001-9319-4382>

Raúl Alfredo Sánchez Ancajima, PhD, Universidad Nacional de Tumbes; Perú. <https://orcid.org/0000-0003-3341-7382>

Raúl Guinovart Díaz, PhD, Universidad de La Habana, Cuba. <https://orcid.org/0000-0001-7702-6063>

Ricardo Sánchez Casanova, PhD, Universidad de La Habana, Cuba. <https://orcid.org/0000-0001-5354-6873>

Félix Genaro Cabezas García; MSc. Mohawk College Hamilton, Ontario; Canadá. <https://orcid.org/0000-0003-3595-3584>

Fernando Raúl Rodríguez Flores, MSc Universidad de La Habana, Cuba. <https://orcid.org/0009-0002-8275-7631>

Miembro del Consejo Editorial

Armando Fabrizio López Vargas, PhD, Universidad Politécnica Salesiana; Ecuador. <https://orcid.org/0000-0001-6520-8011>

Patricio Javier Cáceres Costales, PhD. Escuela Superior Politécnica del Litoral; Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-4651-4387>

Aristides Reyes Bacardí; Maestría en Ciencias de la Universidad Estatal de Milagro; Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-3154-2000>

Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu; MSc. Universidad Técnica de Babahoyo; Ecuador. <https://orcid.org/0009-0003-1497-2273>

Genaro Eliceo Díaz Solís; MSc. Universidad Politécnica Salesiana; Ecuador. <https://orcid.org/0009-0003-3963-9039>

Ana Fabiola Terán Alvarado; MSc. Universidad Politécnica Salesiana; Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-4092-8001>

Luis Ángel Bucheli Carpio; MSc. Universidad Estatal de Milagro; Ecuador. <https://orcid.org/0000-0003-2277-603X>

Edwin Ronny Haymacaña Moreno; MSc. Instituto Superior Tecnológico Argos; Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-8708-3894>

William Efrén Villamagua Castillo; MSc. Universidad de Guayaquil; Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-1163-9606>

Editor General

Francisco Javier Duque-Aldaz, MSc.

Editorial

Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil (Guayaquil – Ecuador)

Copyright. INQUIDE – Ingeniería Química y Desarrollo / 2025, Universidad de Guayaquil. Se permite la reproducción total o parcial de esta revista citando la fuente.



INQUIDE

*Ingeniería Química
y Desarrollo*

INQUIDE

Ingeniería Química y Desarrollo

Volumen 8 – Numero 2

Julio – Diciembre 2026

ISSN: 1390-9428 / e-ISSN: 3028-8533 7 / ISSN-L: 3028-8533

La administración de INQUIDE – Ingeniería Química y Desarrollo se realiza a través de los siguientes
parámetros:

La revista utiliza el sistema antiplagio académico: 

Los artículos cuentan con código de identificación (Digital Object Identifier) 

El proceso editorial se gestiona a través del Open Journal System



Es una publicación de acceso abierto (Open Access) con licencia Creative Commons



Los artículos de la presente edición pueden consultarse en

<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd/index>

Facultad de Ingeniería Química

Universidad de Guayaquil

INQUIDE – Ingeniería Química y Desarrollo está indexada en las siguientes Bases de

Datos y sistemas de información:

Base de Datos Selectivas



Directorios Selectivos.



Buscador de Literatura Científica Open Acces.



Plataformas de Evaluación de Revistas



Hemerotecas Selectivas



Herramienta de Métricas Web



Presentación. -

Volumen 8, Número 2 – INQUIDE: Ingeniería Química y Desarrollo

Estimada comunidad científica, autores y lectores de **INQUIDE**:

Como Director-Editor de esta casa editorial, es un verdadero honor y un privilegio presentar el Volumen 8, Número 2 de nuestra revista. En el ecosistema científico contemporáneo, las fronteras entre las disciplinas de la ciencia y la ingeniería se vuelven cada vez más dinámicas y porosas. Manteniendo nuestra rigurosa clasificación de alto impacto Q1, este número de *INQUIDE* se consolida como un espacio de vanguardia multidisciplinaria, reuniendo investigaciones que abordan desde la optimización de procesos industriales hasta la gestión de la salud pública, la transformación digital y el desarrollo del talento humano.

El propósito central de esta edición es tender puentes entre la modelación matemática teórica, la ingeniería aplicada y las ciencias biológicas o de la gestión, ofreciendo soluciones cuantificables y transferibles a problemáticas latentes del entorno global y regional.

A continuación, presento un recorrido analítico por los siete manuscritos de alta rigurosidad metodológica que integran el presente volumen:

Sección I: Fronteras en Ingeniería Química y Térmica

La optimización termohidráulica y la viabilidad técnica ocupan un rol central en los dos primeros artículos de esta entrega, demostrando cómo los modelos de simulación y diseño definen la frontera de la eficiencia energética.

- **Diseño térmico-hidráulico de un enfriador por aire de tiro forzado con tubos aleteados para el enfriamiento de metanol** Este trabajo presenta un diseño meticuloso para el procesamiento a gran escala de metanol líquido (28 000 kg/h), logrando mitigar la temperatura de 90 °C a 45 °C. Con una eficiencia de aleta de 0,853 y un coeficiente global de transferencia de calor de 280.95 W/m².K, la investigación valida la viabilidad del tiro forzado en condiciones de caída de presión sumamente seguras (559,73 Pa), optimizando el consumo energético del motor a un valor eficiente de 7,21 kW.
- **Diseño termohidráulico de un intercambiador de calor doble tubo sin aletas y aletas para refrigeración de zumo de tomate. Parte 1 - Intercambiador de calor sin aletas** En contraposición constructiva al manuscrito anterior, este artículo destaca por su transparencia científica y valor en el diseño negativo (refutación técnica). Al evaluar la refrigeración de jugo de tomate (carga térmica de 951,77 kW), los autores demuestran matemáticamente que la configuración *sin aletas* resulta

inviabile debido a una drástica caída de presión por fricción (16,56 atm), rebasando los límites operativos permitidos por el proceso (0,296 atm). El estudio aporta además un valioso análisis de costo de capital estimado en 165 500 USD, sentando las bases obligatorias para la Parte 2 del rediseño con superficies extendidas.

Sección II: Ciencias de la Salud, Inocuidad Alimentaria y Bioseguridad

La preservación de la salud pública demanda herramientas analíticas precisas para monitorear riesgos químicos y biológicos emergentes en productos de consumo masivo en zonas urbanas de alta densidad.

- **Gestión del riesgo sanitario en agua embotellada: integración de indicadores fisicoquímicos, microbiológicos y riesgos por cianobacterias en Guayas** Este estudio aborda una problemática crítica de bioseguridad en Guayaquil, evidenciando que el cumplimiento estricto de parámetros fisicoquímicos estándar no es un blindaje absoluto para la inocuidad. Mediante filtración por membrana y ensayos enzimáticos, los autores detectaron eventos de contaminación por *E. coli* y condiciones de nutrientes propicias para la proliferación latente de cianobacterias (microcistinas), urgiendo por un cambio de paradigma hacia modelos integrales de gestión de riesgos epidemiológicos.
- **Evaluación del contenido de tartrazina (E-102) en bebidas refrescantes sabor naranja comercializadas en Guayaquil mediante espectrofotometría UV-Visible** Utilizando una metodología analítica espectrofotométrica rigurosamente validada, esta investigación cuantifica el aditivo sintético E-102 en el mercado local. Los hallazgos estadísticos, validados mediante el test de Shapiro-Wilk, exponen una preocupante variabilidad y revelan que ciertas marcas comerciales exceden el límite internacional permitido de 100 mg/L (alcanzando promedios de 134.85 mg/L), lo que representa un llamado de atención urgente para los organismos de control técnico-sanitario.
- **Efectividad de dietas adelgazantes a base de col morada en personas con obesidad de la Fundación Cleotilde Guerrero O.** Desde la trinchera de las ciencias de la nutrición aplicada y la salud metabólica, este diseño cuasi-experimental evalúa el impacto clínico de los fitoquímicos y antioxidantes de la col morada. Los datos recolectados arrojaron reducciones significativas en el Índice de Masa Corporal (IMC) y en la circunferencia de la cintura de los pacientes evaluados, aportando evidencia empírica clave sobre la funcionalidad de alimentos endémicos en terapias cardiovasculares y metabólicas de soporte.

Sección III: Innovación Tecnológica y Competitividad Organizacional

<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd>

Email: inquide@ug.edu.ec
francisco.duquea@ug.edu.ec

Finalmente, el volumen cierra con dos aproximaciones analíticas en el campo del desarrollo comercial, productivo y de la gestión del talento en mercados emergentes.

- **Uso de la inteligencia artificial en microempresas comerciales de la Ciudad de Guayaquil** La transformación digital es evaluada aquí desde una perspectiva empírica cuantitativa en el sector comercial de la parroquia Pedro Carbo Concepción. A través de un análisis dimensional y escalas de fiabilidad (Alfa de Cronbach), la investigación demuestra que la percepción de beneficios y la optimización operativa mitigan las barreras tradicionales de adopción de la IA, identificando a la capacitación dirigida como el catalizador definitivo para la competitividad microempresarial.
- **Evaluación de competencias conductuales en la industria acuícola ecuatoriana: análisis correlacional de habilidades blandas en el personal administrativo de Guayaquil** Siendo la acuicultura un pilar macroeconómico para Ecuador, este artículo analiza el componente humano detrás de los récords de exportación. Con una robustez estadística sobresaliente (Alfa de Cronbach global de 0.944), el análisis evalúa 88 perfiles ejecutivos a través de cinco dimensiones conductuales. Los resultados no solo revelan una alta correlación positiva entre el liderazgo, la comunicación y la resolución de problemas, sino que demuestran equidad de género en el desempeño competencial, fundamentando el diseño de políticas corporativas de desarrollo profesional de vanguardia.

Reflexión Final

Los artículos recopilados en este número reflejan la esencia misma de INQUIDE: ciencia con rigor que impacta de manera directa en el tejido social, tecnológico e industrial. Agradecemos profundamente a los autores por confiar sus mejores producciones científicas a nuestras páginas, y al cuerpo de revisores pares por su invaluable y exhaustivo trabajo ciego que sostiene la excelencia de nuestro sello editorial.

La Dirección Editorial invita a la comunidad académica, profesional y estudiantil a la lectura detallada de este número, cuyos artículos aportan evidencia científica, análisis técnicos y enfoques metodológicos que enriquecen el conocimiento en ingeniería y ciencias aplicadas. El conjunto de trabajos publicados ofrece insumos relevantes para la investigación, la práctica profesional y la toma de decisiones en contextos productivos y de política pública.

Asimismo, INQUIDE – Ingeniería Química y Desarrollo extiende una invitación permanente a investigadores nacionales e internacionales a postular manuscritos originales para futuras ediciones. La revista mantiene un firme compromiso con la calidad editorial, el rigor del proceso de revisión por pares ciegos y la difusión abierta del conocimiento, destacando que no se realiza ningún tipo de cobro por los procesos de revisión ni de publicación de los

artículos, y reafirmando su proyección internacional como espacio académico para la divulgación de investigaciones de alto impacto en ingeniería química y desarrollo.

Atentamente,

Francisco Javier Duque-Aldaz.

Director - Editor

INQUIDE.

Ingeniería Química y Desarrollo

Ciencia e Ingeniería para el Progreso Multidisciplinario

ÍNDICE

Artículos Científicos.

- Diseño térmico-hidráulico de un enfriador por aire de tiro forzado con tubos aleteados para el enfriamiento de metanol..... 9**
- Thermo-hydraulic design of a finned tube forced-draft air cooler for methanol cooling.
Amaury Pérez Sánchez; Arlette de la Caridad González Abad; Heily Victoria González; María Isabel La Rosa Veliz; Zamira María Sarduy Rodríguez; Lizthalía Jiménez Guerra
- Gestión del riesgo sanitario en agua embotellada: integración de indicadores fisicoquímicos, microbiológicos y riesgos por cianobacterias en Guayas..... 24**
- Health Risk Management in Bottled Water: Integration of Physicochemical, Microbiological Indicators and Cyanobacterial Risks in Guayas.
Fabiola Villa Sánchez; Antonio Escobar Machado; Edison Lascano Mora; Tony Coloma Coloma; Hernan Villa Sánchez; Amy Merchán Mendoza
- Diseño termohidráulico de un intercambiador de calor doble tubo sin aletas y aletas para refrigeración de zumo de tomate. Parte 1 - Intercambiador de calor sin aletas..... 40**
- Thermo-hydraulic design of an unfinned and finned double pipe heat exchanger for tomato juice cooling. Part 1 - Unfinned heat exchanger
Amaury Pérez Sánchez; Laura Thalía Álvarez Lores; Laura de la Caridad Arias Águila; Lizthalía Jiménez Guerra; Heily Victoria González; Arlette de la Caridad González Abad
- Evaluación del contenido de tartrazina (E-102) en bebidas refrescantes sabor naranja comercializadas en Guayaquil mediante espectrofotometría UV-Visible..... 53**
- Evaluation of tartrazine (E-102) content in orange-flavored soft drinks marketed in Guayaquil using UV–Visible spectrophotometry.
Stefanie Bonilla Berneo; Carlos Valdiviezo Rogel; Luis Romero; Michael Rendón Morán
- Uso de la inteligencia artificial en microempresas comerciales de la Ciudad de Guayaquil.... 66**
- The Use of Artificial Intelligence in Small Businesses in the City of Guayaquil.
Francisco Javier Duque-Aldaz; Jorge Meza-Clark; Teresa Meza Clark; Leonardo Cuadrado-Sagñay; Edwin Haymacaña Moreno; Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
- Efectividad de dietas adelgazantes a base de col morada en personas con obesidad de la Fundación Cleotilde Guerrero O..... 79**
- Effectiveness of slimming diets based on purple cabbage in people with obesity from the Cleotilde Guerrero O Foundation.
Mirian Villavicencio Párraga; Marina Arteaga Peñafiel; Katherine Zavala Villavicencio; Alex Villao Villacrés; Arellys Sornoza Arteaga; Ricardo Quimis Mantuano
- Evaluación de competencias conductuales en la industria acuícola ecuatoriana: análisis correlacional de habilidades blandas en el personal administrativo de Guayaquil..... 90**

Evaluation of Behavioral Competencies in the Ecuadorian Aquaculture Industry: A Correlational Analysis of Soft Skills in Administrative Personnel from Guayaquil

Jorge Meza-Clark; Teresa Meza- Clark; Francisco Javier Duque-Aldaz; Edwin Haymacaña Moreno; Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu; Fernando Raúl Rodríguez-Flores

Normas para publicar en la revista..... 113

Diseño térmico-hidráulico de un enfriador por aire de tiro forzado con tubos aleteados para el enfriamiento de metanol.

Thermo-hydraulic design of a finned tube forced-draft air cooler for methanol cooling.

Amaury Pérez Sánchez ^{1*}; Arlette de la Caridad González Abad ²; Heily Victoria González ³ María Isabel La Rosa Veliz ⁴; Zamira María Sarduy Rodríguez ⁵; Lizthalía Jiménez Guerra ⁶

Recibido: 02/03/2026 – Aceptado: 19/06/2026 – Publicado: 12/07/2026

Artículos de
investigación



Artículos
de revisión



Ensayos



* Autor
correspondiente.



Esta obra está licenciada bajo la licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0). Los autores conservan los derechos sobre sus artículos y son libres de compartir, copiar, distribuir, interpretar y comunicar públicamente la obra, siempre que se dé una atribución adecuada, el uso no sea comercial y cualquier obra derivada esté licenciada bajo los mismos términos.

Resumen.

Los intercambiadores de calor enfriados por aire son uno de los equipos más eficientes y ampliamente usados para el intercambio de calor. El presente artículo trata acerca del diseño térmico-hidráulico de un intercambiador de calor enfriado por aire de tiro forzado con tubos aleteados con el fin de enfriar 28 000 kg/h de una corriente de metanol líquido desde 90 °C hasta 45 °C usando una metodología de diseño bien conocida. Varios parámetros importantes de diseño fueron determinados tales como el caudal de aire (55,44 kg/s), el número requerido de tubos (277), el ancho del intercambiador de calor (2,78 m) y el coeficiente global de transferencia de calor (280,95 W/m².K). La caída de presión calculada de la corriente de metanol (559,73 Pa) estuvo por debajo del valor máximo permisible establecido por el proceso, mientras que la eficiencia de la aleta tuvo un valor de 0,853, el cual puede considerarse adecuado. La potencia del motor del ventilador tuvo un valor de 7,21 kW, y el enfriador por aire diseñado puede ser usado satisfactoriamente para el servicio de intercambio de calor requerido debido a que el parámetro relación entre el área proyectada del ventilador y el área frontal es superior que el valor establecido por la metodología de diseño.

Palabras clave.

Enfriador por aire, potencia del motor del ventilador, eficiencia de la aleta, caída de presión, diseño térmico-hidráulico.

Abstract.

Air-cooled heat exchangers are one of the most efficient and widely used equipment for heat exchange. The present paper deals with the thermo-hydraulic design of a finned tube, forced-draft air-cooled heat exchanger in order to cool down 28,000 kg/h of a liquid methanol stream from 90 °C to 45 °C using a well-known design methodology. Several important design parameters were determined such as the air flowrate (55.44 kg/s), the required number of tubes (277), the heat exchanger width (2.78 m) and the overall heat transfer coefficient (280.95 W/m².K). The calculated pressure drop of the methanol stream (559.73 Pa) was below the maximum allowable value established by the process, while the fin efficiency had a value of 0.853, which can be considered adequate. The driver power for the fan had a value of 7.21 kW, and the designed air cooler could be satisfactorily used for the requested heat exchange service since the value of the parameter ratio between the projected area of the fan and the face area is higher than the value established by the design methodology.

Palabras clave.

Air cooler, fan driver power, fin efficiency, pressure drop, thermo-hydraulic design.

1. Introducción

Una de las soluciones más comunes en la industria de intercambiadores de calor es el uso de un intercambiador de calor refrigerado por aire (ACHE) que implica operación de refrigeración por aire a temperatura ambiental. Los ACHEs (también conocidos como enfriadores de aire) se utilizan en el sistema de refrigeración y emplean aire ambiente como medio de refrigeración. El aire es un recurso que puede obtenerse sin considerar el coste en el entorno circundante [1].

Los enfriadores de aire son intercambiadores de calor compuestos por uno o más bancos de tubos con aletas que se utilizan para transferir calor de un chorro caliente al aire atmosférico, normalmente utilizando ventiladores para promover el flujo de aire. Teniendo en cuenta

preocupaciones medioambientales como posibles dificultades de escasez de agua y regiones donde el agua disponible requiere tratamientos costosos, los enfriadores de aire pueden ser una opción importante en comparación con los enfriadores convencionales [2].

El principio de funcionamiento de un ACHE es el siguiente: el fluido caliente del proceso entra en un extremo del ACHE y fluye a través de tubos, mientras que el aire ambiente fluye sobre y entre los tubos, que normalmente tienen superficies con aletas externas. El calor se transfiere al aire, que enfría el fluido del proceso, y el aire calentado se descarga a la atmósfera. Aunque este es un concepto fundamentalmente sencillo, mantener un rendimiento óptimo de ACHE requiere persistencia por parte del usuario final [3].

¹ Universidad de Camagüey; Facultad de Ciencias Aplicadas; amaury.perez84@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0819-6760>, Camagüey, Cuba.

² Universidad de Camagüey; Facultad de Ciencias Aplicadas; arlette.delacaridad@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0000-0002-3193-0660>, Camagüey, Cuba.

³ Universidad de Camagüey; Facultad de Ciencias Aplicadas; heily.victoria@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0009-0007-9319-6506>, Camagüey, Cuba.

⁴ Universidad de Camagüey; Facultad de Ciencias Aplicadas; maria.rosa@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0000-0002-9517-6118>, Camagüey, Cuba.

⁵ Universidad de Camagüey; Facultad de Ciencias Aplicadas; zamira.sarduy@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0000-0003-1428-3809>, Camagüey, Cuba.

⁶ Universidad de Camagüey; Facultad de Ciencias Aplicadas; lizthalia.jimenez@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0000-0002-2471-7263>, Camagüey, Cuba.

Entre los numerosos beneficios importantes que presenta el enfriador de aire se encuentran que no es necesario usar un segundo fluido de trabajo para lograr el intercambio de calor (es decir, no es necesario tener un medio de refrigeración debido al uso de aire); permite ahorrar costes energéticos y reducir las dimensiones del intercambiador de calor; No hay corrosión por incrustación en la superficie exterior del tubo [4], no hay contaminación y un menor coste de mantenimiento [1].

Preocupaciones medioambientales como la escasez de agua, la eliminación por expulsión y la contaminación térmica tienden a favorecer el ACHE. Aunque el coste de capital de ACHE suele ser alto, el coste operativo suele ser considerablemente menor que el requerido por un intercambiador de calor refrigerado por agua [5].

Las principales desventajas asociadas al uso de ACHE son su rendimiento a bajas temperaturas debido al bajo coeficiente de transferencia de calor del lado del aire, mientras que su rendimiento se ve afectado por la temperatura del aire ambiente, especialmente en verano [1].

Para cubrir estas desventajas, una solución ampliamente sugerida para estos intercambiadores de calor es el uso de superficies o aletas extendidas en los haces de tubos de refrigeración de aire, como aletas onduladas, aletas de rendija, aletas con persianas y aletas con generadores de vórtice [1], aletas planas y aletas dentadas [6]. El uso de aletas ha mejorado con relativo éxito el coeficiente de transferencia de calor del lado del aire.

Los enfriadores de aire se utilizan ampliamente en procesos de energía, aire acondicionado, refrigeración [6] y petroquímicos [1]. Hoy en día existen miles de estos intercambiadores en uso, realizando el enfriamiento y/o condensación de fluidos que van desde agua en la camisa del motor hasta vapor de proceso y alquitrán altamente viscoso [3].

Los ACHEs se clasifican principalmente como *reclutamiento forzado* o *reclutamiento inducido* [5]. El ACHE de tiraje forzado (Fig. 1) es el refrigerador de aire más económico y común, donde los ventiladores axiales usados para forzar el aire a través del haz de tubos de aleta están montados debajo del hace, por lo que las secciones mecánicas no están expuestas al flujo caliente de aire de escape. Además, otra ventaja de este sistema es que proporciona acceso directo al paquete para su reemplazo. La ACHE inducida por tiraje implica ventiladores axiales que atraen el aire a través del haz de tubos de aleta y es la segunda disposición más económica. Contrariamente a la disposición anterior, los ventiladores están situados por encima del hace, lo que ofrece un mayor control del fluido del proceso y la protección del haz gracias a la estructura adicional. Los ventiladores usados en ACHEs son del tipo de flujo axial [7].

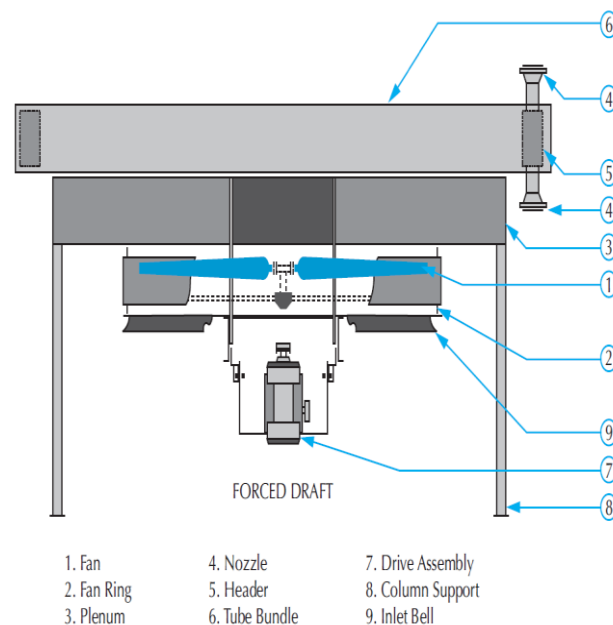


Fig. 1. Configuración de disipador de aire de tiraje forzado.

Fuente: Adaptado de [8]

Las principales ventajas de los refrigeradores de aire de tiro forzado son [8]:

1. Probablemente los requerimientos de potencia sean menores si el aire residual está muy caliente. (La potencia varía inversamente con la temperatura absoluta).
2. Mejor accesibilidad a los ventiladores y rodamientos superiores para el mantenimiento.
3. Mejor accesibilidad de los paquetes para reemplazar.
4. Permite temperaturas de entrada de proceso más altas.

Aunque sus principales desventajas son:

1. Distribución menos uniforme del aire sobre el hace.
2. Mayor probabilidad de recirculación de aire caliente, resultado de baja velocidad de descarga de los haces, alta velocidad de admisión hacia el anillo del ventilador y ausencia de chimenea.
3. Baja capacidad de calado natural debido a fallo del ventilador.
4. La exposición completa de los tubos aletados al sol, la lluvia y el granizo, lo que resulta en un control y estabilidad del proceso deficiente.

La construcción de uno o más haces de tubos, servidos por uno o más ventiladores, completos con plenum, estructura y dispositivos auxiliares, se denomina *bahía*. Cuando se manejan caudales elevados, es común que la unidad se divida en varios tramos para facilitar el transporte y la construcción. La Fig. 2 muestra algunas configuraciones de refrigeradores de aire. Generalmente, la base del diseño consiste en usar dos bahías de ventiladores [5].

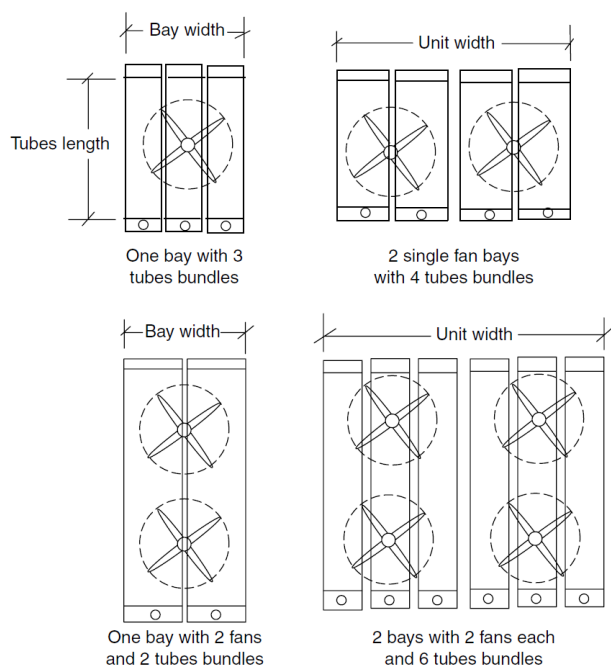


Fig. 2. Configuraciones de refrigeradores de aire.

Fuente: Adaptado de [7]

El núcleo del ACHE es el haz de tubos. Un haz de tubos es un conjunto de tubos, colectores, bastidores laterales y soportes tubulares. Normalmente, la superficie del tubo del lado del aire tiene una superficie extendida en forma de aletas helicoidales para compensar la baja tasa de transferencia de calor del aire en condiciones atmosféricas y bajas velocidades. Dado que las presiones de proceso en el lado del tubo normalmente superan 1 atm, el tubo óptimo suele ser redondo y puede ser de cualquier metal adecuado para el fluido de proceso dada su corrosividad, presión y temperatura [3].

Los artículos publicados que abordan el diseño y la optimización de los enfriadores de aire se basan en dos enfoques principales: métodos metaheurísticos y programación matemática [2].

El procedimiento de diseño convencional de los ACHEs es similar al utilizado en intercambiadores de calor de carcasa y tubos. Siguiendo las directrices de diseño, el primer paso de la metodología consiste en encontrar un diseño preliminar para la unidad utilizando un coeficiente aproximado de transferencia de calor total. Luego, mediante un error de prueba, el diseño inicial se modifica iterativamente para obtener un diseño satisfactorio que cumpla criterios específicos de tolerancia. Aunque este método puede utilizarse de forma eficiente para valorar unidades existentes o para obtener nuevos diseños mediante simulación, no es adecuado para la optimización, especialmente cuando se deben considerar muchas variables de optimización.

Sin duda, la aplicación de esta metodología de diseño para una optimización rigurosa de los ACHEs puede ser laboriosa y llevar mucho tiempo si se toman decisiones discretas (tipo de régimen de flujo, tipo de tubo con aletas, número de filas de tubo, número de tubos por hilera, número de pasadas, aletas por unidad de longitud y grosor medio de aletas) y condiciones de funcionamiento (velocidades, las caídas de presión, coeficiente de transferencia total) se miden como parámetros de optimización [5].

Se tienen en cuenta más parámetros en el diseño térmico de los ACHEs en comparación con los intercambiadores de carcasa y tubos. Los ACHEs son susceptibles a una amplia diversidad de condiciones climáticas en constante cambio, lo que causa problemas de control que no se encuentran con los intercambiadores de carcasa y tubos. Los diseñadores deben lograr un equilibrio económico entre el coste de la energía eléctrica de los ventiladores y el gasto inicial de capital en el equipo. Debe tomarse una decisión sobre qué temperatura del aire ambiente debe usarse para el diseño. El caudal de aire y la temperatura de escape son inicialmente desconocidos y pueden variarse en la fase de diseño variando el número de filas de tubos y así modificando la superficie de la cara [8].

Existen varios estudios en los que se diseña o evalúa un intercambiador de calor refrigerado por aire. En este sentido, [4] analizó la eficiencia de diferentes tipos de aletas y el uso de insertos tubulares, así como los cambios en los coeficientes de transferencia de calor del aire y el gas natural, dependiendo de los cambios en los tipos de aletas e insertos tubulares, y su geometría, para un intercambiador de calor refrigerado por aire con tirada forzada. Para ello, se utilizó el software de aplicación Xchanger Suite.

Además, [9] propuso un enfoque de modelización para refrigeradores de aire en centrales solares concentradas, así como un algoritmo basado en optimización para definir el funcionamiento óptimo de las unidades bajo incrustación y su programación óptima de limpieza.

Asimismo, [10] investigó el uso del análisis de sensibilidad global (GSA) y el algoritmo de búsqueda de armonía (HS) para la optimización del diseño de intercambiadores de calor refrigerados por aire desde la perspectiva económica. En este estudio, se realizó GSA para estudiar la influencia de los parámetros de diseño e identificar los parámetros no influyentes, con el fin de reducir el tamaño del problema de optimización. Luego se aplica el HS para optimizar los parámetros influyentes.

Otros autores [11] establecieron un modelo simplificado tridimensional para simular un campo de flujo de temperatura de un tubo con aletas en un enfriador de aire seco basado en el software Fluent, mientras que también se estudió el efecto de enfriamiento del equipo sobre gas natural a alta temperatura y alta presión en la salida del compresor. En este estudio, comparando y analizando las relaciones entre el flujo másico de gas natural, la

temperatura del aire de entrada, la temperatura del gas natural de entrada y la temperatura del gas natural de salida para un enfriador de aire, se ajusta la fórmula de caída de temperatura del enfriador de aire seco respecto al gas natural, y la fórmula de ajuste se verifica mediante datos de operación en campo.

De manera similar, [6] propuso una estrategia mediante algoritmo genético multiobjetivo combinado con la superficie de respuesta de Kriging para un diseño óptimo de tubo ondulado en un enfriador de aire, considerando el factor mínimo de pérdida de presión, el factor máximo de transferencia de calor y el factor de rendimiento global.

Carvalho et al. [2] presentaron la optimización de los enfriadores de aire teniendo en cuenta el rendimiento del ventilador, donde la selección del ventilador es una variable de diseño y el caudal de aire correspondiente es el resultado de un balance energético mecánico. Este enfoque permitió una solución precisa, representada por el haz de tubos del refrigerador de aire y las bahías, así como los ventiladores, sin necesidad de ningún procedimiento de redondeo para identificar un ventilador adecuado a aplicar tras la optimización, como se usa implícitamente en todos los enfoques anteriores.

En [12] se desarrolló y validó experimentalmente un procedimiento de diseño para un enfriador de gas de tubo aletado con dióxido de carbono (CO₂). Con el enfoque en las características de transferencia de calor del lado de aire, el modelo desarrollado fue corroborado con un montaje experimental que utilizaba agua como fluido de trabajo. Se realizaron investigaciones sobre los efectos de la frecuencia del ventilador, la temperatura de entrada de agua y el flujo masivo de agua sobre el coeficiente total de transferencia de calor, mientras que se extrajeron desviaciones entre el modelo y los resultados de la prueba según la frecuencia del ventilador.

En [13] se describió la modelización matemática de un enfriador de gas CO₂ refrigerado por aire con tubos aletados mediante un método distribuido, donde se utilizaron las correlaciones actualizadas de coeficientes de transferencia de calor y caídas de presión tanto para el refrigerante como para el lado del aire. También se propuso un método eficiente de resolución en la simulación. El modelo fue validado con los resultados de las pruebas de la literatura publicada y luego se utilizó para explorar el potencial de diseños mejorados de enfriadores de gas que lograran la temperatura mínima de aproximación y la máxima eficiencia operativa del sistema.

Manassaldi et al. [5] presentaron un modelo matemático disyuntivo para el diseño óptimo de intercambiadores de calor refrigerados por aire. El modelo implicó siete decisiones discretas relacionadas con la selección del tipo de tubo con aletas, número de filas de tubos, número de tubos por hilera, número de pasadas, aletas por unidad de longitud, grosor medio de aleta y tipo de régimen de flujo.

Cada decisión discreta se modeló usando disyunciones, variables booleanas y proposiciones lógicas, mientras que las principales decisiones continuas son: diámetro del ventilador, ancho del haz, longitud del tubo, caídas de presión y velocidades en ambos lados del ACHE, área de transferencia de calor y consumo de potencia del ventilador.

Hu et al. [14] seleccionaron y validaron un modelo de simulación utilizando datos de experimentos, y luego investigaron el rendimiento en la transferencia de calor y los factores que influyen en los enfriadores de aire de CO₂.

En un estudio reciente, [1] sugirió la cantidad óptima de agua pulverizada en el sistema para resolver simultáneamente el bajo rendimiento de refrigeración de los ACHEs y el problema de corrosión del equipo. La cantidad óptima de agua pulverizada se obtuvo con los resultados experimentales desarrollados y el modelo CFD, donde el modelo CFD calculó el efecto de enfriamiento y la relación de evaporación del agua según la temperatura del aire ambiente y la cantidad de agua rociada. Como resultado, se presentó la cantidad óptima de agua pulverizada que puede resolver problemas de rendimiento en refrigeración y corrosión al mismo tiempo, y se aplicó un sistema de niebla de agua a procesos comerciales.

En [15] se presentó un análisis numérico de solidificación localizada dentro de un intercambiador de calor refrigerado por aire utilizando sal fundida, empleando un solucionador newtoniano tridimensional basado en presión junto con un modelo de turbulencia *k* realizable y un enfoque de entalpía-porosidad. En este estudio, se establecieron los límites operativos del fluido de trabajo (aire) que desencadenan la solidificación dentro del haz de tubos del intercambiador de calor refrigerado por aire con sales fundidas. Se empleó un método de dos pasos, que implicaba análisis en estado estacionario y transitorios, para evaluar el efecto de la temperatura de entrada de aire, la presión, la velocidad del aire y las temperaturas iniciales de las sales fundidas sobre la temperatura de salida, el coeficiente total de transferencia de calor y la efectividad.

En [16] se realizó un estudio teórico sobre el rendimiento de un enfriador de aire para guiar el diseño óptimo de un enfriador de aire. El modelo de parámetros distribuidos del enfriador de aire se estableció primero junto con algunos submodelos que calculaban los parámetros estructurales, las propiedades físicas del aire húmedo, el coeficiente de transferencia de calor y la resistencia al flujo en el lado del refrigerante y el lado del aire. Luego, los modelos propuestos se integraron para calcular el rendimiento del enfriador de aire bajo el efecto de diferentes parámetros estructurales, como el espaciado de aletas, el grosor de las aletas, el espaciado de los tubos, el diámetro exterior del tubo y los materiales de los tubos aletas.

Finalmente, en [17] se presentó un nuevo enfoque para el diseño globalmente óptimo de los enfriadores de aire. Primero, al acoplar las opciones geométricas del disipador

de aire con ventiladores comerciales, se eliminó la desadaptación tradicional que surgía de diseñar primero el disipador de aire y luego seleccionar un ventilador comercial. En segundo lugar, el método se apartó de los métodos tradicionales LMTD y ε -NTU, adoptando un modelo compuesto por un sistema diferencial-algebraico de ecuaciones (sistema DAE) para la simulación del enfriador de aire, que se discretizó para considerar propiedades variables con la temperatura. El problema de optimización resultante se resolvió usando Set Trimming y Smart Enumeration, que pueden identificar el óptimo global mediante la simulación de solo una pequeña fracción del espacio de búsqueda.

El libro escrito por [18] expuso las ventajas y desventajas de los ACHEs, explicó e ilustró qué son los ACHEs, discutió el diseño térmico de los ACHEs así como la optimización del diseño térmico, y examinó varias aplicaciones especiales de este equipo.

En una determinada planta de procesamiento químico se desea enfriar un chorro de metanol líquido de 90 °C a 45 °C, y para ello se propone un enfriador de aire de tiraje forzado debido a la escasez de suministro de agua y la disponibilidad de espacio. En este contexto, el presente trabajo trata sobre el diseño termohidráulico de un intercambiador de calor refrigerado por aire de tubo forzado con aletas, utilizando una metodología de cálculo bien conocida, donde se determinan varios parámetros importantes de diseño, como la relación entre el área proyectada del ventilador y la superficie frontal de la bahía, el coeficiente total de transferencia de calor, el caudal de aire, la caída de presión de ambos flujos y la potencia del conductor del ventilador, entre otros.

2. Materiales y métodos.

2.1. Definición del problema de diseño.

Se desea diseñar un enfriador de aire de tiro forzado para enfriar 28.000 kg/h de un flujo de metanol de 90 °C a 45 °C, utilizando aire a una temperatura de entrada de 25 °C y una presión de 1 atm. Los diámetros interno y externo de los tubos son de 20,5 mm y 25,4 mm, respectivamente, mientras que estarán equipados con aletas de aluminio de 15 mm de altura, 0,380 mm de grosor y 394 aletas por metro. La longitud máxima admisible del tubo es de 6 m. La disposición de los tubos será de patrón triangular con 60,32 mm de paso. La caída máxima de presión permitida para el metanol es de 800 Pa, y para este fluido debe utilizarse una resistencia interna a la incrustación de 0,0003 K.m²/W. Finalmente, el valor del parámetro es 52,23 mm (Fig. 3), mientras que se usarán dos ventiladores con un diámetro de 1,8 m. Según la metodología de cálculo de diseño [7], la relación entre el área proyectada del ventilador y el área de la cara de la bahía (es decir, el parámetro $S_F \phi$) debe ser al menos del 40 % para tener una distribución uniforme, y esa será la restricción seleccionada en este estudio para diseñar el enfriador de aire de tiro forzado. $S_F \phi$

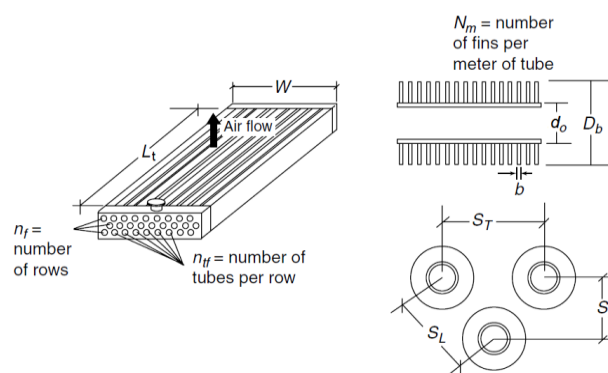


Fig. 3. Nomenclatura del enfriador de aire.
Fuente: Adaptado de [7].

2.2. Metodología de diseño.

Para diseñar el enfriador de aire de tiro forzado se utilizaron varias correlaciones, tablas y datos publicados principalmente en [7,8,19], donde primero se realiza el diseño preliminar y luego se realiza el diseño detallado para determinar la relación entre el área proyectada del ventilador y el área frontal de la bahía, que debe ser superior al 40%. Asimismo, se determinan varios parámetros importantes como el calor transferido, el caudal masivo de aire requerido, la eficiencia de las aletas, el coeficiente total de transferencia de calor y la caída de presión para ambos fluidos, entre otros. Finalmente, se calcula la potencia del controlador del ventilador.

2.3. Diseño preliminar

Paso 1. Definición de los datos iniciales disponibles:

- Caudal másico del metanol ($\dot{m}_h$)
- Temperatura de entrada del metanol (T_1)
- Temperatura de salida del metanol (T_2)
- Temperatura de entrada del aire (T_1)
- Presión del aire (P_a)
- Diámetro interno de los tubos (d_i)
- Diámetro externo de los tubos (d_o)
- Espesor de la aleta (b)
- Altura de la aleta (H_f)
- Afinación de tubo (S_L)
- Parámetro S_F
- Número de aletas por metro de tubo (N_m)
- Longitud del tubo (L_t)
- Caída máxima de presión permitida para metanol [$\Delta p_{(m)h}$]
- Resistencia a la incrustación para metanol (R_h)
- Conductividad térmica del aluminio (k_f)
- Número de aficionados (n_F)
- Diámetro de un ventilador (D_F)

Paso 2. Temperatura media del metanol ($\bar{T}$)

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (1)$$

Paso 3. Definición de las propiedades físicas del metanol (a la temperatura media determinada en el paso anterior) y del aire (a la temperatura de entrada):

La Tabla 1 presenta las propiedades físicas que deben definirse tanto para el flujo de metanol como para el de aire. Las propiedades físicas del metanol se definen a la temperatura media determinada en el paso anterior (), mientras que para el aire se definen a la temperatura de entrada (25 °C). $\bar{T}$

Tabla 1. Propiedades físicas que se definirán para ambos flujos.

Propiedad	Metanol	Aire	Unidades
Densidad	ρ_h	-	kg/m ³
Viscosidad	μ_h	μ_c	Pa.s
Conductividad térmica	k_h	k_c	W/m.K
Capacidad calorífica	Cp_h	Cp_c	J/Kg.K

1La densidad del aire se calculará en un paso posterior.

Fuente: Explicación propia.

Paso 4. Transferencia térmica (): Q

Utilizando datos del chorro caliente (metanol):

$$Q = \frac{m_h}{3,600} \cdot Cp_h \cdot (T_1 - T_2) \quad (2)$$

Paso 5. Asunción del coeficiente global de transferencia de calor (): U^a

Debe asumirse un valor para el coeficiente global de transferencia de calor, teniendo en cuenta los valores sugeridos por [7] dependiendo de la aplicación del intercambio de calor.

Paso 6. Parámetro : Z

$$Z = \frac{(T_1 - T_2)}{(T_1 - t_1)} \quad (3)$$

Paso 7. Selección del número de filas de tubos () y la velocidad de la cara (): $n_f v_f$

Las filas de tubos y la velocidad de la cara deben seleccionarse según el valor calculado del parámetro , empleando los valores de la Tabla 2.Z

Tabla 2. Recomendaciones de diseño en función del parámetro.Z

Parámetro Z	Número de filas de tubos (n_f)	Velocidad de cara () [m/s] v_f
0.4	4	3.3
0.5	5	3
0.6	6	2.8
0.8-1	8-10	2-2.4

Fuente: Adaptado de [8].

Paso 8. Asunción de la temperatura de salida de aire (). t_2

Paso 9. Caudal masivo de aire preliminar (): m_c

$$m_c = \frac{Q}{Cp_c \cdot (t_2 - t_1)} \quad (4)$$

Paso 10. Densidad de entrada de aire (): ρ_c

$$\rho_c = \frac{M_c \cdot P_a}{R \cdot t_1} \quad (5)$$

Donde $M_c = 29$ kg/kmol; $P_a = 1$ cajero automático; $R = 0,082 M_c P_a R^{atm.m.m.3}/kmol.K$; $y = 298$ K. t_1

Paso 11. Área de la cara para obtener el valor de la velocidad de la cara (): a_v

$$a_v = \frac{m_c}{v_f \cdot \rho_c} \quad (6)$$

Paso 12. Anchura del intercambiador de calor (): W^a

$$W^a = \frac{v}{L_t} \quad (7)$$

Paso 13. Diferencia de temperatura media logarítmica (): $LMTD$

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \quad (8)$$

Paso 14. Área de transferencia de calor (): A

$$A = \frac{Q}{U^a \cdot LMTD} \quad (9)$$

Paso 15. Número requerido de tubos (): N

$$N = \frac{A}{\pi \cdot d_0 \cdot L_t} \quad (10)$$

Donde se da en metros. d_0

Paso 16. Número de tubos por fila (): n_{tf}

$$n_{tf} = \frac{N}{n_f} \quad (11)$$

Paso 17. Parámetro . S_T

Paso 18. Ancho calculado del intercambiador de calor (): W^c

$$W^c = S_T \cdot n_{tf} \quad (12)$$

Paso 19. Verificación del valor de calculada en el paso 12 con el valor de determinado en el paso anterior. $W^a W^c$
Si el valor del ancho calculado del intercambiador de calor () difiere del valor de , se mantendrá el valor de , y los parámetros caudal de aire, temperatura de salida de aire, y se corregirá considerando el resultado de mediante las siguientes ecuaciones: $W^c W^a W^c LMTD W^c$

Caudal de aire (): m_c

$$m_c = v_f \cdot \rho_c \cdot W^c \cdot L_t \quad (13)$$

Temperatura de salida de aire (): t_2

$$t_2 = t_1 + \frac{Q}{m_c \cdot CP_c} \quad (14)$$

Diferencia de temperatura media logarítmica corregida
():LMTD

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \quad (8)$$

Paso 20. Compilación y definición de los parámetros de diseño determinados en el diseño preliminar.

Se deben compilar y definir los siguientes parámetros de diseño para el proceso de intercambio de calor:

- Número requerido de tubos (): N
- Número de tubos por fila (): n_{tf}
- Número de filas de tubos (): n_f
- Ancho calculado del intercambiador de calor (): W^c
- Caudal de aire (): m_c
- Temperatura de salida del aire (): t_2
- Diferencia de temperatura media logarítmica ():LMTD

2.4. Diseño detallado

Paso 21. Adopción del número de pasadas para el fluido caliente (): n

Paso 22. Parámetros y :RS

$$R = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_2 - t_1)} \quad (15)$$

$$S = \frac{(t_2 - t_1)}{(T_1 - t_1)} \quad (16)$$

Paso 23. Parámetro : P_X

$$P_X = \frac{1 - \left(\frac{R \cdot S - 1}{S - 1}\right)^{1/N_S}}{R - \left(\frac{R \cdot S - 1}{S - 1}\right)^{1/N_S}} \quad (17)$$

Donde es el número de pasadas de proyectil, y es igual a 1 para este enfoque de diseño. N_S

Paso 24. Factor de corrección ():LMTDF_t

$$F_t = \frac{\sqrt{R^2 + 1}}{R - 1} \cdot \frac{\ln \left[\frac{(1 - P_X)}{(1 - R \cdot P_X)} \right]}{\ln \left[\frac{\left(\frac{2}{P_X}\right) - 1 - R + \sqrt{R^2 + 1}}{\left(\frac{2}{P_X}\right) - 1 - R - \sqrt{R^2 + 1}} \right]} \quad (18)$$

Si $R = 1$ deben emplearse las siguientes ecuaciones:

$$P_X = \frac{S}{(N_S - N_S \cdot S + S)} \quad (18a)$$

Entonces:

$$F_t = \frac{\frac{P_X \cdot \sqrt{R^2 + 1}}{1 - P_X}}{\ln \left[\frac{\left(\frac{2}{P_X}\right) - 1 - R + \sqrt{R^2 + 1}}{\left(\frac{2}{P_X}\right) - 1 - R - \sqrt{R^2 + 1}} \right]} \quad (18b)$$

Paso 25. Diferencia media efectiva de temperatura (): ΔT

$$\Delta T = LMTD \cdot F_t \quad (19)$$

Paso 26. Área de flujo para el fluido del lado del tubo (): a_t

$$a_t = \frac{N \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_i^2}{4}\right)}{n} \quad (20)$$

Paso 27. Velocidad del metanol en los tubos (): v_t

$$v_t = \frac{\frac{m_h}{3,600}}{\rho_h \cdot a_t} \quad (21)$$

Donde m_h se da en kg/h.

Paso 28. Número de metanol de Reynolds (): Re_h

$$Re_h = \frac{d_i \cdot v_t \cdot \rho_h}{\mu_h} \quad (22)$$

Paso 29. Número de metanol (): Pr_h

$$Pr_h = \frac{Cp_h \cdot \mu_h}{k_h} \quad (23)$$

Paso 30. Coeficiente interno de la película para metanol (): h_i

- Para el régimen laminar (< 2.100): Re_h

$$h_i = 1.86 \cdot \left(\frac{k_h}{d_i}\right) \cdot \left[Re_h \cdot Pr_h \cdot \left(\frac{d_i}{L_t}\right) \right]^{0.33} \quad (24)$$

- Para el régimen de transición ($2.100 \leq Re_h \leq 10.000$):

$$h_i = 0.116 \cdot Cp_h \cdot \rho_h \cdot v_t \cdot \left(\frac{Re_h^{0.66} - 125}{Re_h} \right) \cdot \left[1 + \left(\frac{d_i}{L_t}\right)^{0.66} \right] \cdot Pr_h^{-0.66} \quad (25)$$

- Para régimen turbulento ($Re_h > 10.000$):

$$h_i = 0.023 \cdot \left(\frac{k_h}{d_i}\right) \cdot Re_h^{0.8} \cdot Pr_h^{0.33} \quad (26)$$

Paso 31. El coeficiente interno de la película se referirá al área externa (): h_{i0}

$$h_{i0} = h_i \cdot \frac{d_i}{d_o} \quad (27)$$

Paso 32. Superficie lisa del tubo por metro de tubo (): A_0

$$A_0 = \pi \cdot d_o \quad (28)$$

Donde se da en metros. d_o

Paso 33. Superficie desnuda del tubo por metro de tubo
(A_D)

$$A_D = A_0 \cdot (1 - b \cdot N_m) \quad (29)$$

Donde se da en metros. b

Paso 34. Diámetro de la aleta (D_b)

$$D_b = d_0 + 2 \cdot H_f \quad (30)$$

Donde y se dan en metros $H_f d_0$

Paso 35. Superficie de la aleta (A_f)

$$A_f = \frac{\pi \cdot 2 \cdot N_m \cdot (D_b^2 - d_0^2)}{4} \quad (31)$$

Donde todos los diámetros se dan en metros.

Paso 36. Perímetro proyectado (P_p)

$$P_p = 2 \cdot (D_b - d_0) \cdot N_m + 2 \cdot (1 - b \cdot N_m) \quad (32)$$

Donde todos los diámetros y se dan en metros. b

Paso 37. Diámetro equivalente (D_{eq})

$$D_{eq} = \frac{2 \cdot (A_f + A_D)}{\pi \cdot P_p} \quad (33)$$

Paso 38. Área de flujo de aire (a_s)

$$a_s = W^c \cdot L_t - n_{tf} \cdot L_t \cdot [d_0 + N_m \cdot (D_b - d_0) \cdot b] \quad (34)$$

Donde todos los diámetros y se dan en metros. b

Paso 39. Número de Reynolds para el aire (Re_c)

$$Re_c = \frac{D_{eq} \cdot m_c}{a_s \cdot \mu_c} \quad (35)$$

Paso 40. Parámetro j

$$j = 0.0959 \cdot (Re_c)^{0.718} \quad (36)$$

Paso 41. Número de Prandtl para el aire (Pr_c)

$$Pr_c = \frac{Cp_c \cdot \mu_c}{k_c} \quad (37)$$

Paso 42. Coeficiente de película de convección para tubos y aletas (h_f)

Dado que no se considera un factor de incrustación en el lado del aire:

$$h_f = j \cdot \left(\frac{k_c}{D_{eq}} \right) \cdot Pr_c^{0.33} \quad (38)$$

Paso 43. Parámetro m

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot h_f}{k_f \cdot b}} \quad (39)$$

Donde se da en metros. b

Paso 44. Parámetro H

$$H = \frac{D_b - d_0}{2} \quad (40)$$

Donde se da en metros. d_0

Paso 45. Parámetro Y

$$Y = \left(H + \frac{b}{2} \right) \cdot \left(1 + 0.35 \cdot \ln \frac{D_b}{d_0} \right) \quad (41)$$

Donde y se dan en metros. $b d_0$

Paso 46. Eficiencia de aleta (Ω)

$$\Omega = \frac{\tanh m \cdot Y}{m \cdot Y} \quad (42)$$

Paso 47. Coeficiente de película corregido por eficiencia de aleta, y considerando como área de referencia la superficie externa del tubo liso (h_{fo})

$$h_{fo} = (\Omega \cdot A_f + A_D) \cdot \frac{h_f}{A_0} \quad (43)$$

Paso 48. Resistencia a la incrustación del fluido lateral del tubo corregida para la relación diámetros interno/externo (R_{hi})

$$R_{hi} = R_h \cdot \frac{d_0}{d_i} \quad (44)$$

Paso 49. Coeficiente total de transferencia de calor (U)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{fo}} + \frac{1}{h_{io}} + R_{hi}} \quad (45)$$

Paso 50. Área proyectada de los ventiladores (a_F)

$$a_F = n_F \cdot \frac{\pi \cdot D_F^2}{4} \quad (46)$$

Paso 51. Relación entre el área proyectada del ventilador y la superficie de la cara (ϕ)

$$\phi = \frac{a_F}{a_v} \cdot 100 \quad (47)$$

2.5. Caída de presión

Paso 52. Factor de fricción para el fluido del lado del tubo (f_t)

- Régimen laminar (< 2.100): Re_h

$$f_t = \frac{16}{Re_h} \quad (48)$$

- Régimen turbulento ($Re_h \geq 2.100$):

$$f_t = 0.0035 + \frac{0.264}{Re_h^{0.42}} \quad (49)$$

Paso 53. Caída de presión 1 (Δp_1)

$$\Delta p_1 = 4 \cdot f_t \cdot n \cdot \left(\frac{L_t}{d_i} \right) \cdot \frac{\rho_h \cdot v_t^2}{2} \quad (50)$$

Paso 54. Caída de presión 2 (Δp_2)

$$\Delta p_2 = 4 \cdot n \cdot \frac{\rho_h \cdot v_t^2}{2} \quad (51)$$

Paso 55. Caída total de presión para el fluido del lado del tubo (Δp_t)

$$\Delta p_t = \Delta p_1 + \Delta p_2 \quad (52)$$

Paso 56. Volumen neto libre (N_{FV})

$$N_{FV} = W^c \cdot L_t \cdot S_F - n_{tf} \cdot \pi \cdot L_t \cdot \frac{d_o^2}{4} - N_m \cdot n_{tf} \cdot \pi \cdot L_t \cdot b \cdot \left(\frac{D_b^2 - d_o^2}{4} \right) \quad (53)$$

Donde , , y se dan en metros. $S_F d_o b D_b$

Paso 57. Diámetro equivalente para fricción (D'_{eq})

$$D'_{eq} = \frac{4 \cdot N_{FV}}{L_t \cdot n_{tf} \cdot (A_f + A_D)} \quad (54)$$

Paso 58. Número de aire de Reynolds para cálculos de caída de presión (Re'_c)

$$Re'_c = \frac{D'_{eq} \cdot m_c}{a_s \cdot \mu_c} \quad (55)$$

Paso 59. Factor de fricción para el aire (f_a)

$$f_a = 1.276 \cdot Re'^{-0.14} \quad (56)$$

Paso 60. Temperatura media del aire a través del enfriador de aire ($\bar{t}$)

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (57)$$

Paso 61. Densidad media del aire en el haz de tubos en ($\bar{\rho}_c$)

$$\bar{\rho}_c = \frac{M_c \cdot P_a}{R \cdot (\bar{t} + 273)} \quad (58)$$

Paso 62. Caída de presión del aire a través del haz (Δp_a)

$$\Delta p_a = \frac{f_a \cdot \left(\frac{m_c}{a_s} \right)^2 \cdot n_f \cdot S_F}{2 \cdot \rho_c \cdot D'_{eq}} \cdot \left(\frac{D'_{eq}}{S_T} \right)^{0.4} \cdot \left(\frac{S_L}{S_T} \right)^{0.6} \quad (59)$$

Donde es la densidad de entrada de aire calculada en el Paso 10. ρ_c

2.6. Alimentación del controlador del ventilador

Paso 63. Velocidad del aire en el ventilador (v_F)

$$v_F = \frac{m_c}{2 \cdot \bar{\rho}_c \cdot \frac{\pi \cdot D_F^2}{4}} \quad (60)$$

Paso 64. Presión desarrollada por el ventilador (P_F)

$$P_F = \Delta p_a + \frac{\bar{\rho}_c \cdot v_F^2}{2} \quad (61)$$

Paso 65. Caudal volumétrico en los ventiladores (q_F)

$$q_F = \frac{m_c}{2 \cdot \bar{\rho}_c} \quad (62)$$

Paso 66. Alimentación del controlador del ventilador (P_D)

$$P_D = \frac{q_F \cdot P_F}{\eta_F \cdot \eta_d} \quad (63)$$

Donde es 0,75 y es 0,95, según [7]. $\eta_F \eta_d$

3. Resultados.

3.1. Diseño preliminar

Paso 1. Definición de los datos iniciales disponibles:

- Caudal másico de metanol (m_h): 28.000 kg/h.
- Temperatura de entrada del metanol (T_1): 90 °C.
- Temperatura de salida del metanol (T_2): 45 °C.
- Temperatura de entrada del aire (t_1): 25 °C.
- Presión del aire (P_a): 1 atm.
- Diámetro interno de los tubos (d_i): 20,5 mm = 0,0205 m.
- Diámetro externo de los tubos (d_o): 25,4 mm = 0,0254 m.
- Espesor de aleta (b): 0,380 mm = 0,00038 m.
- Altura de la aleta (H_f): 15 mm = 0,015 m.
- Paso del tubo (S_L): 60,32 mm = 0,06032 m.
- Parámetro: 52,23 mm = 0,05223 m. S_F
- Número de aletas por metro de tubo (N_m): 394.
- Longitud del tubo (L_t): 6 m.
- Caída máxima de presión permitida para metanol [$\Delta p_{(m)h}$]: 800 Pa.
- Resistencia a la incrustación para metanol (K_f): 0,0003 K.m R_h^2 /W.
- Conductividad térmica del aluminio (k_f): 200 W/m.K [7].
- Número de aficionados (n_F): 2.
- Diámetro de un ventilador (D_F): 1,8 m.

Paso 2. Temperatura media del metanol ($\bar{T}$)

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{90 + 45}{2} = 67.5 \text{ °C} \quad (1)$$

Paso 3. Definición de las propiedades físicas del metanol y el aire:

La Tabla 3 presenta los valores de las propiedades físicas a definir para ambos flujos, según los datos reportados por [20]. Las propiedades físicas del metanol se establecen en 67,5 °C; mientras que para el aire están definidos a 25 °C.

Tabla 3. Propiedades físicas que se definirán para ambos flujos.

Propiedad	Metanol	Aire	Unidades
Densidad	746.73	-	kg/m ³
Viscosidad	0.000336	0.000018	Pa.s

Conductividad térmica	0.1880	0.0260	W/m.K
Capacidad calorífica	2,835.79	1,011	J/Kg.K

Fuente: Explicación propia.

Paso 4. Transferencia térmica (Q):

Utilizando datos del chorro caliente (metanol):

$$Q = \frac{m_h}{3,600} \cdot C p_h \cdot (T_1 - T_2) = 992,526.5 \text{ W} \quad (2)$$

Paso 5. Asunción del coeficiente global de transferencia de calor (U^a):

Como sugiere [7], un valor para el coeficiente total de transferencia de calor de 260 W/m^2 . Se asumió K para este tipo de aplicación de intercambio de calor.

Paso 6. Parámetro Z :

$$Z = \frac{(T_1 - T_2)}{(T_1 - t_1)} = \frac{(90 - 45)}{(90 - 25)} = 0.692 \quad (3)$$

Paso 7. Selección del número de filas de tubos (n_f) y la velocidad de la cara (v_f):

Según la Tabla 1 [8], para un valor del parámetro 0,692, el número de filas de tubos y la velocidad de la cara tendrán valores de 6 y 2,8 m/s, respectivamente. Z

Paso 8. Asunción de la temperatura de salida de aire (t_2):

Se asumirá un valor para la temperatura de salida de aire de 50°C .

La Tabla 4 muestra los resultados de los parámetros determinados en los pasos 9-18.

Tabla 4. Parámetros determinados en los pasos 9-18.

Escalón	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
9	Caudal de aire preliminar	m_c	39.27	kg/s
10	Densidad de entrada de aire	ρ_c	1.187	kg/m ³
11	Área de la cara	a_v	12.02	M ²
12	Ancho del intercambiador de calor	W^a	2.00	m
13	Diferencia de temperatura media logarítmica	$LMTD$	28.85	$^\circ\text{C}$
14	Área de transferencia de calor	A	132.32	M ²
15	Número requerido de tubos	N	277	-
16	Número de tubos por fila	n_{tf}	46.17	-

17	Parámetro S_T^{-1}	S_T	0.0603	m
18	Ancho calculado del intercambiador de calor	W^c	2.78	m

Como sugiere [7], el valor del parámetro

S_T es igual al paso del tubo (ϕ) = 0,06032 m, para la geometría propuesta. S_L

Fuente: Explicación propia.

Paso 19. Verificación del valor de calculada en el paso 12 con el valor de determinado en el paso anterior. $W^a W^c$

El valor de la anchura calculada del intercambiador de calor ($= 2,78 \text{ m}$) difiere ligeramente del valor de determinado en el paso 12 (2,00 m) para una velocidad de cara de 2,8 m/s. En este caso, mantendremos esta geometría y corregiremos el caudal de aire, la temperatura de salida y . En consecuencia: $W^c W^a LMTD$

Caudal de aire:

$$m_c = v_f \cdot \rho_c \cdot W^c \cdot L_t \quad (13)$$

$$m_c = 2.8 \cdot 1.187 \cdot 2.78 \cdot 6 = 55.44 \text{ kg/s}$$

Temperatura de salida de aire:

$$t_2 = t_1 + \frac{Q}{m_c \cdot C p_c} = 25 + \frac{992,526.5}{55.44 \cdot 1,011} \quad (14)$$

$$t_2 = 42.71^\circ\text{C}$$

Diferencia de temperatura media logarítmica corregida ($LMTD$):

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \quad (8)$$

$$LMTD = \frac{(90 - 42.71) - (45 - 25)}{\ln \frac{(90 - 42.71)}{(45 - 25)}} = 31.71^\circ\text{C}$$

Paso 20. Compilación y definición de los parámetros de diseño determinados en el diseño preliminar.

El enfriador de aire propuesto presentará los siguientes parámetros preliminares de diseño:

- Número requerido de tubos (ϕ) = 277. N
- Número de tubos por fila (ϕ) = 46,17. n_{tf}
- Número de filas de tubos (ϕ) = 6. n_f
- Ancho calculado del intercambiador de calor (ϕ) = 2,78 m. W^c
- Caudal de aire (ϕ) = 55,44 kg/s. m_c
- Temperatura de salida del aire (ϕ) = 42,71 $^\circ\text{C}$. t_2
- Logarítmica de temperatura media (ϕ) = 31,71 $^\circ\text{C}$. $LMTD$

3.2. Diseño detallado:

Paso 21. Suponimiento del número de pasadas para el fluido caliente (n).

Asumiremos dos pasadas para el fluido caliente.

La Tabla 5 presenta los valores de los parámetros determinados en los pasos 22-29.

Tabla 5. Parámetros determinados en los pasos 22-29.

Escalón	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
22	Parámetro R	R	2.541	-
	Parámetro S	S	0.272	-
23	Parámetro P_X^1	P_X	0.272	-
24	Factor de corrección LMTD2	F_t	0.843	-
25	Diferencia de temperatura media efectiva	ΔT	26.73	°C
26	Área de flujo para el fluido del lado del tubo	a_t	0.0457	M2
27	Velocidad del metanol en los tubos	v_t	0.228	m/s
28	Número de metanol de Reynolds3	Re_h	10,388	-
29	Número de metanol de Prandtl	Pr_h	5.068	-

¹ Como $R \neq 1$, se usará la ecuación (17) para determinar.
 P_X

² Como $R \neq 1$, se usará la ecuación (18) para determinar.
 F_t

³ El metanol fluye bajo régimen turbulento desde $Re_h > 10.000$.

Fuente: Explicación propia.

Paso 30. Coeficiente interno de la película para metanol (h_i)

Dado que el metanol fluye bajo régimen turbulento, se utilizará la ecuación (26) para determinar el coeficiente interno de la película. Así:

$$h_i = 0.023 \cdot \left(\frac{k_h}{d_i}\right) \cdot Re_h^{0.8} \cdot Pr_h^{0.33} \quad (26)$$

$$h_i = 0.023 \cdot \left(\frac{0.1880}{0.0205}\right) \cdot 10,388^{0.8} \cdot 5.068^{0.33}$$

$$h_i = 588.59 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

La Tabla 6 muestra los resultados de los parámetros determinados en los pasos 31-51.

Tabla 6. Parámetros determinados en los pasos 31-51.

Escalón	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
31	El coeficiente interno de la	h_{i0}	475.04	L/m². K

	película se refiere al área externa			
32	Superficie lisa del tubo por metro de tubo	A_0	0.0797	M2/M
33	Superficie desnuda del tubo por metro de tubo	A_D	0.0677	M2/M
34	Diámetro de la aleta	D_b	0.0554	m
35	Superficie fina	A_f	1.503	M2/M
36	Perímetro proyectado	P_p	25.34	m
37	Diámetro equivalente	D_{eq}	0.0394	m
38	Área de flujo de aire	a_s	8.399	M2
39	Número de Reynolds para el aire	Re_c	14,448	-
40	Parámetro j	j	93.02	-
41	Número de Prandtl para el aire	Pr_c	0.700	-
42	Coeficiente de película de convección para tubos y aletas	h_f	54.56	L/m². K
43	Parámetro m	m	37.89	-
44	Parámetro H	H	0.0150	-
45	Parámetro Y	Y	0.0193	-
46	Eficiencia de aletas	Ω	0.853	-
47	Coeficiente de película corregido para la eficiencia de las aletas	h_{fo}	924	L/m². K
48	La resistencia al ensuciamiento o del fluido lateral del tubo corregida para la relación diámetros interno/externo	R_{hi}	0.00037 2	K.m2/ W
49	Coeficiente global de	U	280.95	L/m². K

50	transferencia de calor Área proyectada de los ventiladores	a_F	5.087	M2
51	Relación entre el área proyectada del abanico y el área frontal	ϕ	42.32	%

Fuente: Explicación propia.

3.3. Caída de presión

La Tabla 7 expone los resultados de los parámetros determinados en los pasos 52-62.

Tabla 7. Resultados de los parámetros determinados en los pasos 52-62.

Escalón	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
52	Factor de fricción para el metanol	f_t	0.0089	-
53	Caída de presión 1	Δp_1	404.46	Pa
54	Caída de presión 2	Δp_2	155.27	Pa
55	Caída total de presión para metanol	Δp_t	559.73	Pa
56	Volumen neto libre	N_{FV}	0.6518	M3
57	Diámetro equivalente para la fricción	D'_{eq}	0.0060	m
58	Número de Reynolds para cálculos de caída de presión	Re'_c	2,200	-
59	Factor de fricción para el aire	f_a	0.4327	-
60	Temperatura media del aire a través del enfriador de aire	$\bar{t}$	33.85	°C
61	Densidad media del aire en el haz de tubos en $\bar{t}$	$\bar{\rho}_c$	1.153	kg/m3
62	Caída de presión del aire a través del haz	Δp_a	164.79	Pa

¹ La ecuación (49) se empleó para determinar el factor de fricción del metanol desde $Re_h \geq$ el año 2.100.
Fuente: Explicación propia.

3.4. Alimentación del controlador del ventilador

La Tabla 8 muestra los resultados de los parámetros incluidos en los pasos 63-66.

Mesa 8. Resultados de los parámetros incluidos en los pasos 63-66.

Escalón	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
63	Velocidad del aire en el ventilador	v_F	9.45	m/s
64	Presión desarrollada por el ventilador	P_F	216.27	Pa
65	Caudal volumétrico en los ventiladores	q_F	24.04	m3/s
66	Alimentación del controlador del ventilador	P_D	7,297.03 ~ 7.3	W kW

Fuente: Explicación propia.

4. Discusión.

El disipador de aire diseñado preliminarmente tendrá 277 tubos, varias filas de tubos de 6 y un número de tubos por fila de 46,17 (cinco filas con 46 tubos y una fila con 47 tubos). La anchura tiene un valor de 2,78 m, lo que puede considerarse suficiente para contener los dos ventiladores con un diámetro de 1,8 m. Será necesario un caudal de aire de 55,44 kg/s, mientras que la temperatura de salida del aire será de 42,71 °C y la LMTD de 31,71 °C.

En [7] se diseñó un ACHE para enfriar 180.000 kg de gasóleo pesado de 76 °C a 66 °C. El diseño preliminar de este enfriador de aire arrojó los siguientes resultados: número de tubos: 262; cuatro filas de tubos; una velocidad facial de 3,3 m/s; un número de tubos por fila de 65,5 (dos filas con 65 tubos y dos filas con 66 tubos); un caudal de aire de 105,5 kg/s; un LMTD de 35,2 °C; una temperatura de salida de aire de 41,5 °C y un ancho de 3,94 m para albergar dos ventiladores de 2,5 m de diámetro.

Según la Tabla 5, la diferencia de temperatura media efectiva tiene un valor de 26,73 °C, mientras que el fluido del lado del tubo (metanol) fluirá bajo régimen turbulento ya que su número de Reynolds es superior a 10.000, por lo que la ecuación (26) se utiliza para determinar el coeficiente interno de la película, que tiene un valor de 588,59 W/m².K. El número de Reynolds para el aire (14.448) es 1,39 veces superior al número de Reynolds para el metanol

(10.388), lo que se debe principalmente al mayor valor del caudal másico (55,44 kg/s) y al menor valor de la viscosidad (0,00018 Pa.s) del aire en comparación con los valores de estos parámetros para el metanol (caudal másico de 7,78 kg/s y viscosidad de 0,000336 Pa.s). Entonces, el coeficiente interno de la película referido al área externa tiene un valor de 475,04 W/m². K (Tabla 6).

El valor del coeficiente de la película de convección para tubos y aletas es de 54,56 W/m². K (Tabla 6), que puede considerarse típicamente baja según la literatura [19]. La eficiencia de la aleta tiene un valor de 0,853 y puede clasificarse como adecuada [7], mientras que el coeficiente de la película corregido por eficiencia de aleta es de 924 W/m². K, que tiene un valor alto principalmente debido al alto valor de la eficiencia de la aleta y al valor bastante bajo del área del tubo liso por metro de tubo (0,0797 m²/m). El coeficiente global de transferencia de calor calculado tiene un valor de 280,95 W/m². K, y está razonablemente de acuerdo con el valor asumido para este parámetro en el Paso 5 (260 W/m². K), indicando la viabilidad y viabilidad de los resultados obtenidos para el coeficiente global de transferencia de calor mediante esta metodología de diseño. Finalmente, la proporción entre el área proyectada del ventilador y la superficie frontal es del 42,32%, lo que es superior al valor establecido por el proceso (40%) para tener una distribución uniforme, lo que sugiere que el enfriador de aire diseñado es factible para este servicio de intercambiador de calor.

En [7] el fluido del lado del tubo fluye bajo régimen de transición, dado que el número de Reynolds para este fluido tiene un valor de 4.511, por lo que el coeficiente interno de la película referido al área externa tiene un valor de 405 W/m². K. El número de Reynolds para el aire tiene un valor de 14.784, el coeficiente de película de convección para tubos y aletas es de 58,1 W/m². K, la eficiencia de la aleta es 0,83 y el coeficiente de película corregido por eficiencia de aleta es de 1.028 W/m². K. Del mismo modo, el coeficiente global calculado de transferencia de calor es de 264 W/m². K, que es muy cercano al valor asumido de 250 W/m². K. Finalmente, el valor de la relación entre el área proyectada del ventilador y el área frontal es del 46%, que es superior al 40% solicitado, lo que indica que el disipador de aire diseñado es viable de utilizar.

La caída de presión para el metanol es de 559,73 Pa, que está por debajo del valor máximo permitido establecido por el proceso para este flujo (800 Pa), mientras que la caída de presión del aire a través del haz es de 164,79 Pa, es decir, la caída de presión del metanol es 3,39 veces mayor que la caída de presión del aire (Tabla 7).

En [7] la caída de presión para el fluido del lado del tubo (gasóleo pesado) tiene un valor de 46.996 Pa, que puede considerarse alto, aunque está por debajo del valor establecido por el proceso para este flujo (50.000 Pa), mientras que la caída de presión para el aire es de 164,7 Pa.

Como se muestra en la Tabla 8, la velocidad del aire en el ventilador, que depende del diámetro adoptado del ventilador (cuanto menor este diámetro, mayor será la velocidad para el mismo flujo volumétrico), es de 9,45 m/s, la presión desarrollada por el ventilador, que es la suma de la altura de velocidad y la caída de presión por fricción a través del haz, es de 216,27 Pa, y el caudal volumétrico en los ventiladores es de 24,04 m³/s. Por último, la potencia del conductor del ventilador ronda los 7,3 kW.

En [7] la velocidad del aire en el ventilador es de 9,21 m/s, la presión desarrollada por el ventilador es de 214,2 Pa y el caudal volumétrico en los ventiladores es de 45,2 m³/s, requiriendo así una potencia de manducidad de ventilador de 13,6 kW.

5. Conclusiones.

Se diseñó un intercambiador de calor refrigerado por aire con tubo forzado y aletas utilizando una metodología de cálculo bien conocida, para enfriar un flujo de metanol líquido. Se determinaron varios parámetros como el calor intercambiado (992.526,5 W), el caudal de aire (55,44 kg/s), el número requerido de tubos (277), la anchura del intercambiador de calor (2,78 m) y el coeficiente total de transferencia de calor (280,95 W/m². K). El flujo de metanol fluiría bajo régimen turbulento dentro de los tubos del ACHE diseñado, mientras que la caída de presión de este flujo es de 559,73 Pa, que está por debajo del valor máximo permitido establecido por el proceso (800 Pa). La eficiencia de la aleta tiene un valor de 0,853, lo cual puede considerarse aceptable, y el valor de potencia del driver del ventilador es de 7,3 kW. El ACHE de tiro forzado diseñado podría utilizarse satisfactoriamente para la aplicación de intercambio térmico, ya que el valor de la relación de parámetros entre el área proyectada del ventilador y el área de la cara (42,32%) es mayor que el valor establecido por la metodología de diseño (40%).

6. Agradecimientos (si procede)

7.- Contribuciones de los autores (Taxonomía de Roles de los Colaboradores (CRediT))

1. Conceptualization: Amaury Pérez Sánchez, Arlette de la Caridad González Abad.
2. Data curation: Amaury Pérez Sánchez, Heily Victoria González, María Isabel La Rosa Veliz.
3. Formal analysis: Amaury Pérez Sánchez, Arlette de la Caridad González Abad, Zamira María Sarduy Rodríguez.
4. Adquisición de fondos: Amaury Pérez Sánchez.
5. Research: Arlette de la Caridad González Abad, Heily Victoria González, Lizthalía Jiménez Guerra.
6. Methodology: Amaury Pérez Sánchez, Arlette de la Caridad González Abad, María Isabel La Rosa Veliz, Zamira María Sarduy Rodríguez.
7. Gestión de proyectos: Amaury Pérez Sánchez, Lizthalía Jiménez Guerra.

8. Resources: Arlette de la Caridad González Abad, Heily Victoria González, María Isabel La Rosa Veliz
9. Software: Amaury Pérez Sánchez, Lizthalía Jiménez Guerra
10. Supervision: Amaury Pérez Sánchez, Arlette de la Caridad González Abad, Heily Victoria González.
11. Validation: María Isabel La Rosa Veliz, Zamira María Sarduy Rodríguez, Lizthalía Jiménez Guerra.
12. Display: Arlette de la Caridad González Abad, Heily Victoria González.
13. Wording - original draft: María Isabel La Rosa Veliz, Zamira María Sarduy Rodríguez, Lizthalía Jiménez Guerra.
14. Writing - revision and editing: Amaury Pérez Sánchez, Arlette de la Caridad González Abad.

8. Apéndice.

Nomenclatura.

a_F	Área proyectada de los ventiladores	M2
a_S	Área de flujo de aire	M2
a_t	Área de flujo para el fluido del lado del tubo	M2
a_v	Área de la cara	M2
A	Área de transferencia de calor	M2
A_D	Superficie desnuda del tubo por metro de tubo	M2/M
A_f	Superficie fina	M2/M
A_0	Superficie lisa del tubo por metro de tubo	M2/M
b	Espesor de las aletas	m
C_p	Capacidad calorífica	J/Kg.K
d_i	Diámetro interno de los tubos	m
d_o	Diámetro externo de los tubos	m
D_b	Diámetro de la aleta	m
D_{eq}	Diámetro equivalente	m
D'_{eq}	Diámetro equivalente para la fricción	m
D_F	Diámetro de un ventilador	m
f	Factor de fricción	-
F_t	Factor de corrección LMTD	-
h_f	Coefficiente de película de convección para tubos y aletas	L/m ² . K
h_{fo}	Coefficiente de película corregido para la eficiencia de las aletas	L/m ² . K
h_i	Coefficiente interno de la película	L/m ² . K
h_{io}	El coeficiente interno de la película se refiere al área externa	L/m ² . K
H	Parámetro	-
H_f	Altura de la aleta	m
j	Parámetro	-
k	Conductividad térmica	W/m.K
k_f	Conductividad térmica del material de las aletas	W/m.K
L_t	Longitud del tubo	m
$LMTD$	Diferencia de temperatura media logarítmica	°C
m	Caudal másico	kg/h
m	Parámetro	-
n_f	Número de filas de tubos	-
n_F	Número de aficionados	-
n_{tf}	Número de tubos por fila	-
N	Número requerido de tubos	-
N_{FV}	Volumen neto libre	M3
N_m	Número de aletas por metro de tubo	-
P_a	Presión del aire	Cajero automático

P_D	Alimentación del controlador del ventilador	kW
P_F	Presión desarrollada por el ventilador	Pa
P_p	Perímetro proyectado	m
P_X	Parámetro	-
Pr	Número de Prandtl	-
Δp_1	Caída de presión 1 para el fluido del lado del tubo	Pa
Δp_2	Caída de presión 2 para el fluido del lado del tubo	Pa
Δp_a	Caída de presión del aire a través del haz	Pa
Δp_t	Caída total de presión para el fluido del lado del tubo	Pa
$\Delta p_{(m)h}$	Caída máxima de presión permitida para metanol	Pa
q_F	Flujo volumétrico en los ventiladores	m ³ /s
Q	Transferencia de calor	W
R	Resistencia al ensuciamiento	K.m ² /W
R	Constante de gas ideal	Atm.m ³ /kmol. K
R	Parámetro térmico	-
R_{hi}	Resistencia a la incrustación del fluido en el lado del tubo corregida para la relación diámetros interno/externo	K.m ² /W
Re	Número de Reynolds	-
Re'_c	Número de aire de Reynolds para cálculos de caída de presión	-
S	Parámetro térmico	-
S_F	Parámetro	m
S_L	Paso de tubo	m
S_T	Parámetro	m
t	Temperatura del fluido frío	°C
$\bar{t}$	Temperatura media del fluido frío a través del enfriador de aire	°C
T	Temperatura del fluido caliente	°C
$\bar{T}$	Temperatura media del fluido caliente	°C
ΔT	Diferencia de temperatura media efectiva	°C
U^a	Coefficiente global de transferencia de calor asumido	L/m ² . K
U	Coefficiente global de transferencia de calor	L/m ² . K
v_f	Velocidad facial	m/s
v_F	Velocidad del aire en el ventilador	m/s
v_t	Velocidad del metanol en los tubos	m/s
W^a	Ancho del intercambiador de calor (asumido)	m
W^c	Ancho del intercambiador de calor (calculado)	m
Y	Parámetro	-
Z	Parámetro	-

Símbolos griegos

ρ	Densidad	kg/m ³
$\bar{\rho}$	Densidad media	
μ	Viscosidad	Pa.s
Ω	Eficiencia de aletas	-
ϕ	Relación entre el área proyectada del abanico y el área frontal	%

Subíndices

1	Entrada
2	Salida
a	Aire
c	Fluido frío
h	Fluido caliente
t	Fluido lateral del tubo

7.- Referencias.

- [1] H. Park, J. Roh, K. c. Oh, H. Cho y J. Kim, "Modelado y optimización de sistemas de niebla de agua para intercambiadores de calor refrigerados por aire eficaces," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 184, p. 122297, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.122297>
- [2] C. B. Carvalho, M. A. S. S. Ravagnani, M. J. Bagajewicz y A. L. H. Costa, "Diseño globalmente óptimo de refrigeradores de aire considerando el rendimiento de los ventiladores," *Applied Thermal Engineering*, vol. 161, p. 114188, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114188>
- [3] Boes, S. (2017). Mejora el rendimiento de los intercambiadores de calor refrigerados por aire. *Progreso en Ingeniería Química*, 1-7.
- [4] D. Artemyev y A. Zaitsev, "Análisis del aumento de la eficiencia de intercambiadores de calor refrigerados por aire debido a la intensificación del intercambio de calor," *Serie de Conferencias IOP: Earth and Environmental Science*, vol. 866, p. 012020, 2021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/866/1/012020>
- [5] J. I. Manassaldi, N. J. Scenna y S. F. Mussati, "Modelo matemático de optimización para el diseño detallado de intercambiadores de calor refrigerados por aire," *Energy*, vol. 64, pp. 734-746, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.09.062>
- [6] L. Zhou y otros., "Diseño óptimo para tubo ondulado de aleta en un enfriador de aire con algoritmo genético," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2369, p. 012028, 2022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2369/1/012028>
- [7] E. Cao, *Transferencia de calor en ingeniería de procesos*. Nueva York, EE. UU.: The McGraw-Hill Companies, Inc, 2010.
- [8] Hudson, "Lo básico de los intercambiadores de calor refrigerados por aire," H. P. Corporation, Ed., ed. Texas, EE. UU., 2007.
- [9] F. L. Santamaria, J. A. Luceño, M. Martín y S. Macchietto, "Óptima operación y planificación de la limpieza de enfriadores de aire en plantas solares concentradas," *Computers and Chemical Engineering*, vol. 150, p. 107312, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2021.107312>
- [10] R. Doodman, M. Fesanghary y R. Hosseini, "Un enfoque estocástico robusto para la optimización del diseño de intercambiadores de calor refrigerados por aire," *Applied Energy*, vol. 86, pp. 1240-1245, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.08.021>
- [11] E. Liu, B. Guo, L. Lv, W. Qiao y M. Azimi, "Simulación numérica y método de cálculo simplificado para el rendimiento de intercambio de calor de un enfriador de aire seco en estación compresora de gasoductos de gas natural," *Energy Science & Engineering*, vol. 8, pp. 2256–2270, 2020.
- [12] C. Alexopoulos, O. Aljolani, F. Heberle, T. C. Roumpedakis, D. Brüggemann y S. Karellas, "Evaluación de diseño para un enfriador de gas CO2 con tubos aletados en aplicaciones residenciales," *Energies*, vol. 13, p. 2428, 2020. <https://doi.org/10.3390/en13092428>
- [13] Y. T. Ge y R. T. Cropper, "Simulación y evaluación del rendimiento de enfriadores de gas CO2 con tubos aletados para sistemas de refrigeración," *Applied Thermal Engineering*, vol. 29, pp. 957–965, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2008.05.013>
- [14] K. Hu *et al.*, "Predicción de la velocidad de transferencia de calor y optimización del rendimiento del enfriador de aire de CO2 en sistemas de refrigeración," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 47, p. 103063, 2023. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103063>
- [15] K. Raj, N. B. Desai, R. Kothari y F. Haglind, "Análisis transitorio de dinámica computacional de fluidos de solidificación en intercambiadores de calor refrigerados por aire con sal fundida," *Energy Conversion and Management*, vol. 347, p. 120539, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.120539>
- [16] L. Dong y Z. El, "Estudio teórico sobre el rendimiento de un enfriador de aire en almacenamiento en frío," *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1180, p. 012040, 2021. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1180/1/012040>
- [17] M. T. d. C. Santos, A. R. Secchi, M. J. Bagajewicz y A. L. H. Costa, "Sobre un nuevo método globalmente óptimo para la optimización del diseño de enfriadores de aire acoplados con ventiladores reales," *Chemical Engineering Science*, vol. 303, p. 120926, 2025. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ces.2024.120926>
- [18] R. Mukherjee, "Diseñar eficazmente intercambiadores de calor refrigerados por aire," *Chemical Engineering Progress*, pp. 26-47, 1997.
- [19] R. Mukherjee, *Diseño térmico práctico de intercambiadores de calor refrigerados por aire*. Connecticut, EE. UU.: Begell House, Inc, 2007.
- [20] D. W. Green y M. Z. Southard, *Manual de Ingenieros Químicos de Perry*. Nueva York, EE. UU.: McGraw-Hill Education, 2019.

Gestión del riesgo sanitario en agua embotellada: integración de indicadores fisicoquímicos, microbiológicos y riesgos por cianobacterias en Guayas.

Health Risk Management in Bottled Water: Integration of Physicochemical, Microbiological Indicators and Cyanobacterial Risks in Guayas.

Fabiola Villa Sánchez ¹; Antonio Escobar Machado²; Edisson Lascano Mora ³; Tony Coloma Coloma ⁴; Hernan Villa Sánchez ⁵; Amy Merchán Mendoza ⁶

Recibido: 11/01/2026 – Aceptado: 27/04/2026 – Publicado: 12/07/2026

Artículos de Investigación ☒

Artículos de Revisión ☐

Artículos de Ensayos ☐

* Autor para correspondencia.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Los autores conservan los derechos sobre sus artículos y pueden compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra, siempre que se reconozca la autoría, no se utilice con fines comerciales y se mantenga la misma licencia en obras derivadas.

Resumen.

La calidad del agua embotellada representa un desafío creciente para la salud pública, especialmente en contextos con presión ambiental y riesgos emergentes asociados a contaminantes biológicos. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad del agua embotellada y su riesgo sanitario mediante indicadores fisicoquímicos, microbiológicos y la identificación de condiciones favorables para cianobacterias. Se analizaron muestras de distintas marcas comercializadas en Guayaquil mediante espectrofotometría, medición de parámetros fisicoquímicos, filtración por membrana para *Escherichia coli* y detección de microcistinas mediante ensayo enzimático. Los resultados evidenciaron variabilidad significativa entre marcas, con niveles bajos de cloro residual, presencia moderada de nutrientes y eventos puntuales de contaminación microbiológica, lo que indica vulnerabilidad en la estabilidad sanitaria del producto. Además, la combinación de nutrientes y condiciones ambientales sugiere potencial para proliferación de cianobacterias. En conjunto, los hallazgos evidencian que el cumplimiento fisicoquímico no garantiza la inocuidad, destacando la necesidad de un enfoque integral de gestión del riesgo para fortalecer el control de calidad del agua embotellada.

Palabras clave:

Agua Embotellada, Calidad Del Agua, Riesgo Sanitario, Indicadores Fisicoquímicos, *Escherichia Coli*, Inocuidad Microbiológica, Norma INEN 2200.

Abstract.

Bottled water quality represents a growing public health concern, particularly in contexts exposed to environmental pressures and emerging biological contaminants. This study aimed to evaluate bottled water quality and associated health risks using physicochemical and microbiological indicators, as well as conditions favoring cyanobacterial proliferation. Samples from different commercial brands in Guayaquil were analyzed using spectrophotometric methods, physicochemical measurements, membrane filtration for *Escherichia coli*, and enzymatic assays for microcystin detection. Results revealed significant inter-brand variability, characterized by low residual chlorine, moderate nutrient presence, and sporadic microbiological contamination events, indicating vulnerability in product sanitary stability. Furthermore, nutrient availability and environmental conditions suggest potential for cyanobacterial growth. Overall, findings demonstrate that compliance with physicochemical standards does not ensure safety, highlighting the need for an integrated risk management approach to improve bottled water quality control.

Keywords:

Bottled Water, Water Quality, Health Risk, Physicochemical Indicators, *Escherichia Coli*, Microbiological Safety, INEN 2200 Standard.

1.- Introducción

El acceso a agua potable segura constituye uno de los principales desafíos de salud pública a nivel mundial. La calidad del agua destinada al consumo humano debe garantizar la ausencia de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos que puedan representar riesgos para la salud. En este contexto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que la protección de la salud pública depende de una gestión integral del riesgo basada en la vigilancia continua de parámetros de calidad y en la

implementación de planes de seguridad del agua desde la fuente hasta el consumidor [1]

La contaminación del agua representa una amenaza significativa para la salud humana y los ecosistemas. La contaminación microbiológica se asocia principalmente con enfermedades infecciosas de transmisión hídrica, mientras que la contaminación química puede generar efectos crónicos como alteraciones neurológicas, reproductivas y diversos tipos de cáncer. Aunque los procesos de desinfección, particularmente la cloración, han permitido

¹ Universidad de Guayaquil; fabiola.villas@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-9260-5810>, Guayaquil; Ecuador.

² Universidad Nacional del Chimborazo; antonio.escobar@unach.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-9850-0155>, Chimborazo; Ecuador.

³ Universidad de Guayaquil; edisson.lascanomo@ug.edu.ec; Guayaquil; Ecuador.

⁴ Universidad de Guayaquil; tony.colomac@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0004-1221-1590>, Guayaquil; Ecuador.

⁵ Investigador Independiente; hvvs@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9087-055X>, Guayaquil; Ecuador.

⁶ Investigador Independiente; amymarchan05@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-5575-2428>, Guayaquil; Ecuador.

reducir considerablemente la incidencia de enfermedades infecciosas transmitidas por el agua, también pueden producir subproductos químicos potencialmente perjudiciales para la salud cuando no se controlan adecuadamente [2].

La relevancia del control microbiológico del agua ha sido ampliamente documentada. reportaron un brote de gastroenteritis causado por *Shigella sonnei* asociado al consumo de agua de suministro público contaminada, evidenciando que las fallas en los sistemas de desinfección pueden desencadenar importantes problemas de salud pública. Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar sistemas de monitoreo continuo que permitan detectar oportunamente riesgos microbiológicos y prevenir brotes epidémicos [3].

En las últimas décadas, la percepción de inseguridad respecto al agua de red ha impulsado un crecimiento sostenido del consumo de agua embotellada a nivel mundial. El mercado global de agua envasada moviliza miles de millones de dólares anualmente y continúa expandiéndose debido a la percepción de mayor pureza y seguridad sanitaria por parte de los consumidores. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que la calidad del agua embotellada puede verse afectada por factores relacionados con la fuente de captación, los procesos de tratamiento, las condiciones de embotellado, almacenamiento y distribución, generando variabilidad entre marcas y lotes de producción [4].

En Ecuador, el consumo de agua embotellada ha aumentado significativamente debido a la confianza limitada en algunas fuentes de abastecimiento público. En la ciudad de Guayaquil, el 83,8 % de los consumidores reporta utilizar agua envasada de forma habitual, asociando este producto con atributos de seguridad, pureza y calidad. No obstante, investigaciones realizadas en Quito evidenciaron que, aunque los parámetros fisicoquímicos del agua mineral embotellada cumplen generalmente con las normativas nacionales e internacionales, algunas muestras presentaron concentraciones moderadas de bacterias heterótrofas y microorganismos del género *Pseudomonas*, lo que evidencia la necesidad de mantener controles microbiológicos periódicos para garantizar la inocuidad del producto [5].

A pesar de la abundancia de recursos hídricos en Ecuador, persisten importantes desafíos relacionados con la calidad del agua. Particularmente, los indicadores microbiológicos continúan siendo herramientas fundamentales para determinar la inocuidad sanitaria del recurso hídrico, ya que permiten identificar la posible presencia de microorganismos patógenos asociados a contaminación fecal y otros riesgos emergentes. Entre estos últimos destaca la proliferación de cianobacterias productoras de cianotoxinas, considerada actualmente una amenaza creciente para la salud pública y los ecosistemas acuáticos. Factores como el incremento de nutrientes, especialmente

nitrógeno y fósforo, así como el aumento de la temperatura asociado al cambio climático, favorecen los procesos de eutrofización y la proliferación de microorganismos potencialmente tóxicos [6].

Las cianobacterias poseen un metabolismo secundario capaz de producir compuestos tóxicos como microcistinas, anatoxinas y cilindrospermopsinas, las cuales presentan efectos hepatotóxicos, neurotóxicos y dermatotóxicos sobre organismos acuáticos y seres humanos. Estas toxinas pueden liberarse al medio durante la senescencia celular, incrementando el riesgo de exposición a través del consumo de agua contaminada, actividades recreativas y la cadena alimentaria [7].

La provincia del Guayas representa un escenario de especial interés debido a la creciente presión antropogénica sobre sus recursos hídricos. Estudios recientes han identificado contaminación microbiológica en fuentes destinadas al consumo humano. reportó la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli* en muestras de agua embotellada comercializada en distintos cantones de la provincia, mientras que detectaron genes asociados a la producción de microcistinas y cilindrospermopsinas en muestras del río Daule. Estos hallazgos evidencian la existencia de riesgos sanitarios potenciales incluso en ausencia de floraciones visibles de cianobacterias [8].

Además, la cuenca del Guayas enfrenta una limitada disponibilidad de información sobre los factores que desencadenan las floraciones algales nocivas y la producción de toxinas en ecosistemas tropicales. Investigaciones recientes señalan que aún se desconocen los umbrales específicos de las variables fisicoquímicas y climáticas que favorecen estos fenómenos en la región. Esta situación resulta particularmente preocupante considerando que el cambio climático podría incrementar la frecuencia e intensidad de las floraciones tóxicas, generando mayores riesgos para la salud humana y ambiental [9].

Desde una perspectiva de salud pública, la gestión de la calidad del agua requiere un enfoque integral que considere tanto los riesgos microbiológicos tradicionales como las amenazas emergentes asociadas a contaminantes biológicos y químicos. Bajo el paradigma de "Una Sola Salud" (*One Health*), resulta indispensable reconocer la estrecha interrelación entre la salud humana, la salud animal y la salud de los ecosistemas acuáticos. En este contexto, la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua constituye una herramienta fundamental para la identificación temprana de riesgos, la formulación de estrategias de mitigación y la protección de la salud de la población [10].

Por lo expuesto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la calidad del agua mediante la determinación de indicadores fisicoquímicos y microbiológicos, con énfasis en la identificación de riesgos sanitarios asociados a microorganismos indicadores y contaminantes emergentes,

contribuyendo al fortalecimiento de los sistemas de vigilancia y gestión de la calidad del agua en la provincia del Guayas [11].

1.1. Gestión del riesgo sanitario en sistemas de agua para consumo humano.

La gestión del riesgo sanitario en sistemas de agua para consumo humano constituye un enfoque integral orientado a la identificación, evaluación y control de peligros que puedan comprometer la salud de la población. Diversos estudios han señalado que la garantía de agua segura no depende únicamente del cumplimiento de parámetros normativos, sino de la implementación de estrategias dinámicas que permitan anticipar y mitigar riesgos a lo largo de toda la cadena de suministro, desde la fuente hasta el consumidor final. En este contexto, el concepto de gestión del riesgo ha evolucionado desde un enfoque reactivo hacia modelos preventivos, en los cuales se prioriza la identificación temprana de peligros y la reducción de su probabilidad de ocurrencia [12].

Desde una perspectiva metodológica, la literatura reciente sugiere que los sistemas de gestión del riesgo en agua potable deben basarse en herramientas como los Planes de Seguridad del Agua, que integran el análisis de peligros, la evaluación de vulnerabilidades y la implementación de medidas de control en cada etapa del proceso. Este enfoque reconoce que los riesgos sanitarios pueden originarse tanto en contaminantes microbiológicos como en compuestos químicos y, más recientemente, en contaminantes emergentes como las cianotoxinas. Asimismo, se enfatiza la necesidad de considerar factores como la variabilidad ambiental, la influencia antropogénica y las condiciones operativas de los sistemas de tratamiento y distribución, los cuales pueden actuar como determinantes críticos en la generación y propagación del riesgo [13].

En relación con las variables analizadas en el presente estudio, la gestión del riesgo sanitario adquiere particular relevancia al evidenciar la interacción entre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como determinantes de la calidad del agua. La literatura ha destacado que niveles subóptimos de desinfectantes, como el cloro residual, pueden reducir la capacidad de control microbiológico, mientras que la presencia de nutrientes como nitratos y fosfatos puede favorecer procesos de eutrofización y el desarrollo de microorganismos potencialmente nocivos. En este sentido, la evaluación integrada de estos parámetros permite no solo diagnosticar el estado actual del agua, sino también inferir condiciones que podrían incrementar la probabilidad de riesgos sanitarios a lo largo del tiempo [14].

En consecuencia, la adopción de un enfoque de gestión del riesgo en el análisis de agua embotellada resulta fundamental para trascender los esquemas tradicionales basados en el cumplimiento de límites permisibles y avanzar hacia modelos predictivos y preventivos. La identificación de variabilidad en los parámetros evaluados y la detección de eventos puntuales de contaminación

evidencian la necesidad de fortalecer los sistemas de monitoreo y control, incorporando indicadores que permitan anticipar riesgos emergentes. De este modo, el presente estudio se enmarca en una perspectiva integral que busca contribuir al desarrollo de estrategias más robustas para la protección de la salud pública en la provincia del Guayas [15].

1.2. Indicadores fisicoquímicos como herramientas de evaluación de calidad del agua.

Los indicadores fisicoquímicos constituyen herramientas fundamentales para la evaluación de la calidad del agua destinada al consumo humano, ya que permiten caracterizar sus propiedades químicas y físicas, así como identificar posibles alteraciones derivadas de procesos naturales o actividades antropogénicas. Diversos estudios han señalado que parámetros como el pH, la conductividad eléctrica, los sólidos disueltos totales y la concentración de nutrientes proporcionan información clave sobre el estado del agua y su idoneidad para el consumo. En este sentido, estos indicadores no solo reflejan la calidad intrínseca del recurso hídrico, sino que también actúan como señales tempranas de posibles procesos de contaminación o deterioro [2].

Desde una perspectiva analítica, la literatura reciente sugiere que la interpretación de los indicadores fisicoquímicos debe abordarse de forma integrada, considerando las interacciones entre variables y su influencia en la estabilidad del sistema acuático. El pH, por ejemplo, condiciona la solubilidad de compuestos químicos y la actividad biológica, mientras que la conductividad y los sólidos disueltos totales están asociados a la mineralización del agua y a la presencia de iones disueltos. Por su parte, los nutrientes como nitratos, nitritos y fosfatos desempeñan un papel central en los procesos de eutrofización, actuando como factores limitantes para el crecimiento de microorganismos. Este enfoque sistémico permite comprender que la calidad del agua no depende de un único parámetro, sino de la interacción compleja entre múltiples variables que pueden amplificar o mitigar los riesgos sanitarios [16].

En relación con las variables analizadas en el presente estudio, los indicadores fisicoquímicos adquieren especial relevancia al evidenciar patrones de variabilidad que pueden estar asociados tanto al origen del agua como a los procesos de tratamiento y almacenamiento. Concentraciones moderadas de nitratos y fosfatos, combinadas con niveles bajos de cloro residual, sugieren condiciones potencialmente favorables para la proliferación de microorganismos, incluyendo cianobacterias productoras de toxinas. Asimismo, la variabilidad observada en parámetros como la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales indica diferencias en la composición química entre las muestras, lo que podría influir en la estabilidad del agua y en la eficacia de los procesos de desinfección. De este modo, los indicadores fisicoquímicos no solo permiten evaluar la calidad actual

del agua, sino también inferir procesos subyacentes que podrían impactar su seguridad a lo largo del tiempo [17].

En consecuencia, si bien los indicadores fisicoquímicos son ampliamente utilizados como criterios de control en la normativa sanitaria, su capacidad para garantizar la inocuidad del agua es limitada cuando se consideran de forma aislada. La literatura ha destacado que el cumplimiento de valores permisibles no necesariamente implica ausencia de riesgo, especialmente en contextos donde existen contaminantes emergentes o condiciones que favorecen la proliferación biológica. Por ello, el análisis de estos indicadores debe integrarse dentro de un enfoque más amplio de gestión del riesgo, en el cual su interpretación se complementa con datos microbiológicos y con la evaluación de factores ambientales y operativos. En este marco, el presente estudio se orienta a demostrar la necesidad de una evaluación multidimensional que permita mejorar la vigilancia y control de la calidad del agua embotellada en entornos con alta presión antropogénica [18].

1.3. Indicadores microbiológicos y riesgo asociado a contaminación fecal.

Los indicadores microbiológicos constituyen uno de los pilares fundamentales en la evaluación de la calidad sanitaria del agua para consumo humano, debido a su capacidad para evidenciar la posible presencia de microorganismos patógenos asociados a contaminación fecal. Diversos estudios han señalado que la detección de bacterias indicadoras, particularmente *Escherichia coli*, permite inferir la existencia de contaminación reciente y, por tanto, la potencial presencia de agentes etiológicos responsables de enfermedades de transmisión hídrica. En este sentido, los indicadores microbiológicos no solo cumplen una función de monitoreo, sino que representan un criterio directo de inocuidad, dado que su presencia implica un riesgo inmediato para la salud pública [19].

Desde una perspectiva conceptual, la literatura científica ha consolidado el uso de *E. coli* como marcador universal de contaminación fecal debido a su especificidad, abundancia en el tracto intestinal de animales de sangre caliente y facilidad de detección mediante métodos estandarizados. Este enfoque se fundamenta en la premisa de que la introducción de materia fecal en sistemas de agua conlleva la posible presencia de patógenos como bacterias, virus y protozoos, los cuales pueden no ser detectados directamente por su complejidad analítica. Sin embargo, también se reconoce que los indicadores microbiológicos presentan limitaciones, ya que no siempre reflejan la presencia de todos los patógenos ni capturan completamente la dinámica de contaminantes emergentes, lo que refuerza la necesidad de complementar su análisis con otros parámetros [20].

En el contexto del presente estudio, la evaluación microbiológica adquiere una importancia crítica al revelar la presencia de *E. coli* en determinadas muestras de agua embotellada, lo cual constituye una evidencia directa de

fallas en los procesos de desinfección, envasado o almacenamiento. La coexistencia de muestras libres de contaminación con otras que presentan concentraciones elevadas de unidades formadoras de colonias sugiere una variabilidad significativa en la calidad sanitaria entre marcas y lotes. Esta heterogeneidad, en combinación con niveles bajos de cloro residual observados en el análisis fisicoquímico, indica condiciones propicias para la supervivencia y proliferación microbiana, incrementando la probabilidad de exposición a agentes patógenos. Además, este escenario evidencia la vulnerabilidad del sistema frente a eventos de contaminación post-tratamiento, los cuales pueden ocurrir incluso cuando el agua cumple inicialmente con los estándares de calidad [21].

En consecuencia, la interpretación de los indicadores microbiológicos en el marco de la gestión del riesgo sanitario requiere un enfoque que trascienda la verificación puntual del cumplimiento normativo y se oriente hacia la comprensión de la dinámica de contaminación y exposición. La presencia de eventos esporádicos pero significativos de contaminación fecal sugiere un modelo de riesgo caracterizado por baja frecuencia y alta severidad, lo cual resulta particularmente relevante en términos de salud pública. Por ello, la integración de indicadores microbiológicos con variables fisicoquímicas y ambientales se posiciona como una estrategia fundamental para el desarrollo de sistemas de vigilancia más robustos, capaces de anticipar riesgos y garantizar la inocuidad del agua embotellada en contextos con alta presión antropogénica [22].

1.4. Cianobacterias y cianotoxinas como contaminantes emergentes.

Las cianobacterias, también conocidas como algas verdeazules, constituyen un grupo de microorganismos fotosintéticos ampliamente distribuidos en ecosistemas acuáticos, cuya relevancia sanitaria ha aumentado significativamente en las últimas décadas. Diversos estudios han señalado que, bajo determinadas condiciones ambientales, estas microalgas pueden proliferar de manera masiva, generando floraciones algales nocivas que comprometen la calidad del agua. Este fenómeno, conocido como eutrofización, se encuentra principalmente asociado al enriquecimiento de nutrientes como nitrógeno y fósforo, así como a factores climáticos como el incremento de la temperatura y la estabilidad de la columna de agua. En este contexto, las cianobacterias han sido reconocidas como contaminantes emergentes debido a su capacidad de alterar las condiciones fisicoquímicas del agua y de producir compuestos tóxicos con implicaciones directas para la salud pública [23].

Desde una perspectiva toxicológica, la literatura científica ha documentado que muchas especies de cianobacterias son capaces de sintetizar metabolitos secundarios conocidos como cianotoxinas, entre los cuales destacan las microcistinas, anatoxinas y cilindrospermopsinas. Estos compuestos presentan una amplia variedad de efectos

adversos, incluyendo toxicidad hepática, neurotoxicidad y efectos dermatológicos, dependiendo de la vía de exposición y de la dosis ingerida. A nivel molecular, las microcistinas, por ejemplo, actúan como potentes inhibidores de enzimas fosfatasa, alterando procesos celulares críticos y generando daño tisular. La complejidad de estas toxinas radica en su estabilidad química y en su capacidad de persistir en el agua incluso después de la muerte celular de las cianobacterias, lo que amplifica el riesgo de exposición tanto en agua cruda como tratada [24].

En relación con las variables analizadas en el presente estudio, la presencia de nutrientes como fosfatos y nitratos adquiere un papel central como factores limitantes en la proliferación de cianobacterias. La literatura reciente sugiere que concentraciones moderadas de estos compuestos pueden ser suficientes para desencadenar procesos de crecimiento algal en sistemas acuáticos, especialmente en condiciones térmicas favorables como las observadas en ambientes tropicales. Asimismo, la baja concentración de cloro residual identificada en algunas muestras podría limitar la capacidad de inhibición de estos microorganismos en sistemas de almacenamiento prolongado. Aunque en el análisis inicial no se evidenció presencia significativa de cianotoxinas, la observación de crecimiento bajo condiciones experimentales posteriores sugiere la existencia de un potencial latente de proliferación, lo cual refuerza la hipótesis de vulnerabilidad del sistema frente a este tipo de contaminantes [25].

En consecuencia, la inclusión de las cianobacterias y sus toxinas en el análisis de calidad del agua responde a la necesidad de ampliar el enfoque tradicional hacia una perspectiva de riesgo emergente. La literatura ha destacado que los sistemas de monitoreo convencionales, centrados en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos clásicos, pueden resultar insuficientes para detectar estos riesgos de forma temprana. Por ello, la integración de indicadores asociados a eutrofización y la vigilancia específica de cianotoxinas se posiciona como un componente crítico en la gestión del riesgo sanitario. En este sentido, el presente estudio contribuye a evidenciar la importancia de considerar estos contaminantes emergentes en la evaluación de la calidad del agua embotellada, particularmente en regiones con condiciones ambientales que favorecen su proliferación [26].

1.5. Agua embotellada: percepción de calidad, riesgos reales y desafíos de control.

El consumo de agua embotellada ha experimentado un crecimiento sostenido a nivel global, impulsado principalmente por la percepción de mayor pureza, seguridad sanitaria y calidad organoléptica en comparación con el agua de red. Diversos estudios han señalado que esta preferencia responde tanto a factores de confianza institucional como a experiencias previas relacionadas con la calidad del suministro público. En contextos urbanos con alta presión sobre los sistemas de abastecimiento, como ocurre en diversas ciudades de América Latina, la elección

de agua embotellada se asocia con la búsqueda de reducción del riesgo sanitario percibido, posicionándose como una alternativa aparentemente más segura para el consumo humano [27].

Sin embargo, la literatura reciente sugiere que existe una brecha significativa entre la percepción de calidad y los riesgos reales asociados al agua embotellada. A pesar de estar sujeta a normativas específicas, su calidad puede verse comprometida por múltiples factores a lo largo de la cadena de valor, incluyendo la fuente de captación, los procesos de tratamiento, las condiciones de embotellado, así como el almacenamiento y la distribución. La ausencia de un residual desinfectante adecuado, junto con la exposición a condiciones ambientales variables, puede favorecer la proliferación de microorganismos o la alteración de las características fisicoquímicas del agua. Este conjunto de factores evidencia que el agua embotellada no es un producto inherentemente exento de riesgos, sino que su inocuidad depende de un control sistemático y continuo [28].

En el marco del presente estudio, la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos pone de manifiesto la existencia de variabilidad entre marcas y lotes, lo que refuerza la hipótesis de que los sistemas de control de calidad no son homogéneos en la práctica. La detección de niveles bajos de cloro residual, junto con la presencia de nutrientes y eventos puntuales de contaminación microbiológica, sugiere que las condiciones de producción y manejo pueden generar escenarios propicios para el deterioro de la calidad del agua. Asimismo, la posible interacción entre estos factores y la proliferación de contaminantes emergentes, como las cianobacterias, introduce una dimensión adicional de riesgo que no siempre es considerada en los sistemas tradicionales de vigilancia.

En consecuencia, los desafíos en el control de la calidad del agua embotellada requieren la adopción de enfoques más integrales basados en la gestión del riesgo sanitario, que incorporen el monitoreo simultáneo de variables fisicoquímicas, microbiológicas y emergentes. La literatura ha enfatizado la necesidad de fortalecer los sistemas de trazabilidad, mejorar los protocolos de desinfección y garantizar condiciones adecuadas de almacenamiento y distribución para minimizar la probabilidad de contaminación. En este contexto, el presente estudio contribuye a evidenciar la importancia de replantear los modelos de evaluación de la calidad del agua embotellada, promoviendo una visión más crítica y basada en evidencia que permita proteger de manera efectiva la salud de los consumidores en entornos con alta demanda y exposición potencial [29].

2.- Materiales y métodos.

El presente estudio optó por un diseño metodológico cuantitativo que integró análisis de laboratorio con la

recolección de información contextual sobre el consumo de agua embotellada en la provincia del Guayas.

1. Recolección de muestras

Se tomaron muestras de agua embotellada de varios puntos de distribución en la ciudad de Guayaquil, incluyendo supermercados, tiendas de barrio y vendedores ambulantes. La muestra incluyó diferentes marcas y lotes de producción, las mismas que fueron determinadas por una encuesta aplicada a los consumidores utilizando Google Forms como plataforma digital para determinar la marcas más consumidas con el objetivo de obtener una visión representativa de la calidad del agua que llega a la población. El tamaño de la muestra se definió mediante un muestreo probabilístico, considerando la accesibilidad y disponibilidad de los productos en el mercado [30].

2. Parámetros analizados

En el laboratorio, se llevaron a cabo análisis de los parámetros fisicoquímicos, microbiológico y la proliferación de cianobacterias, utilizando los siguientes equipos e insumos:

- Nutrientes (fosfatos, nitritos y nitratos): Se determinaron con el equipo espectrofotómetro Hach DRY 900), utilizando reactivos específicos para cada uno de estos parámetros.
- Cloro libre residual: Este se midió con el espectrofotómetro Hach DRY 900, siguiendo los protocolos que indica el fabricante.
- pH: Se cuantificó con un pH-metro digital.
- *Escherichia coli* se realizó por método de filtración y cianobacterias(Microcistina- RL)

3. Procedimiento de análisis

Cada muestra fue procesada debidamente para asegurar la confiabilidad de los resultados. Los valores obtenidos se compararon con los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2200:2017 – Agua Purificada Envasada, así como con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017) para el agua destinada al consumo humano.

4. Métodos Microbiológicos

La detección de microcistinas en las muestras de agua se realizó mediante el kit MicroCystest® (Zeulab, España), un método basado en la inhibición de la enzima proteína fosfatasa 2A (PP2A), mecanismo biológico responsable de la toxicidad de las microcistinas y nodularinas. Esta metodología permite determinar la toxicidad potencial real de las muestras, detectando diferentes variantes de microcistinas presentes en el agua.

El procedimiento consistió en adicionar 50 µL de muestra o patrón en cada pocillo de una microplaca, seguido de la incorporación de la solución de fosfatasa y del sustrato cromogénico. Posteriormente, las muestras fueron incubadas a 37 °C durante 30 minutos. Finalizado el periodo de incubación, se añadió la solución de parada y se realizó la lectura espectrofotométrica a una longitud de onda de 405 nm. La concentración de microcistinas se determinó

mediante una curva de calibración elaborada con patrones de microcistina-LR.

La validación analítica del método incluyó la determinación del límite de detección (0,09 µg/L) y del límite de cuantificación (0,23 µg/L), así como la evaluación de la precisión y exactitud mediante ensayos de repetibilidad, precisión intermedia y recuperación.

Para la determinación de *Escherichia coli*, se ha realiza por filtración por membrana de 100 mL se toma el filtro y se coloca en el medio selectivo para *E. coli* en azul, y el Agar m-TEC, utilizado en el método 1103.2 de la EPA el mismo que consta de a) Filtración: Se filtra un volumen conocido de muestra de agua a través de una membrana de filtración (normalmente con un tamaño de poro de 0.45 µm), reteniendo las bacterias en la superficie; b) Cultivo: La membrana se coloca sobre una placa de Petri con agar mTEC. c) Incubación: Se incubó a una temperatura elevada (generalmente 44.5 °C durante 24 horas) para inhibir bacterias no deseadas d) Recuento: Tras la incubación, la *E. coli* forma colonias de color amarillo-verdoso, que se cuentan directamente como unidades formadoras de colonias (UFC) por cada 100 mL de muestra.

3.- Resultados.

Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes tablas de los parámetros determinados de los análisis físico químicos y microbiológicos

Tabla 1. Análisis de aguas usando el equipo HACH DRY 900

Muestra	Marca	Cloro libre (mg/L)	Fosfato (mg/L)	nitratos (mg/L)	nitritos (mg/L)
ACB	Pure Water	0,02	1,6	1,2	0,001
ACF	Tesalia	0,03	2,0	2,0	0,007
ACF	Montaña	0,02	1,2	1,5	0,002
ANA	Ok	0,04	1,8	0,3	0,004
ASG	Ok	0,03	0,9	0,9	0,006
ACB	Ok	0,04	1,0	0,7	0,004
SCB	Aqua Premium	0,03	1,0	1,1	0,004
SNA	Omizu	0,02	1,4	4,7	0,004
SCB	Vivant	0,01	1,1	1,3	0,002
SSG	Aqua Premium	0,01	1,5	1,2	0,007
SSG	Omizu	0,02	1,1	3,8	0,006
SSD	Tesalia	0,03	2,6	2,3	0,003
SSD	Vivant	0,01	0,9	1,0	0,004
SSG	Pure Water	0,02	1,8	1,6	0,001
SSD	Cielo	0,04	1,1	0,7	0,005
SSD	All Natural	0,03	1,7	1,3	0,001
SSD	Dasani	0,02	1,3	1,1	0,004
TCF	Montaña	0,02	1,3	1,6	0,001
TNA	Vivant	0,02	0,9	1,3	0,002
TNA	Pure Water	0,07	1,5	1,1	0,005
TNA	Cielo	0,06	1,0	0,4	0,006
TNA	All Natural	0,03	1,3	1,1	0,002
TNA	Dasani	0,03	1,1	0,9	0,009
TNA	omizu	0,03	1,3	3,5	0,004
TNA	Tesalia	0,05	2,7	2,8	0,008
TNA	Aqua Premium	0,03	1,4	0,8	0,005
TSG	Montaña	0,02	1,5	1,4	0,021

ACB	All Natural	0,04	1,3	1,1	0,009
ACB	Cielo	0,03	0,9	0,6	0,007
ACB	Dasani	0,03	1,4	0,8	0,004

La caracterización fisicoquímica presentada en la Tabla 1 evidencia una variabilidad intermarca relevante en los principales parámetros asociados tanto con la calidad del agua como con el potencial desarrollo de riesgos sanitarios, lo cual refleja heterogeneidad en los procesos de captación, tratamiento y control en la industria de agua embotellada en la provincia del Guayas. En términos de cloro libre residual, los valores oscilaron entre 0,01 y 0,07 mg/L, situándose sistemáticamente por debajo del rango recomendado por la Organización Mundial de la Salud (0,2–0,5 mg/L) para asegurar una desinfección efectiva durante el almacenamiento y la distribución. Esta condición implica una limitada persistencia del efecto desinfectante, lo que incrementa la probabilidad de recontaminación microbiológica post-embotellado, especialmente bajo condiciones de manejo inadecuadas o exposición ambiental prolongada. La amplitud del rango observado sugiere además inconsistencias en los protocolos de cloración entre diferentes marcas y lotes, lo que constituye un factor de incertidumbre en la gestión del riesgo sanitario.

Respecto a los nutrientes disueltos, los fosfatos presentaron concentraciones entre 0,9 y 2,7 mg/L, mientras que los nitratos variaron entre 0,3 y 4,7 mg/L. Aunque estos valores se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por normativas internacionales para consumo humano, su presencia en concentraciones relativamente elevadas en determinadas muestras, particularmente en marcas como Tesalia y Omizu, sugiere aportes de origen antropogénico asociados a escorrentía agrícola o influencias urbanas. Desde una perspectiva ecológica y sanitaria, estos nutrientes constituyen un factor limitante clave en los procesos de eutrofización, pudiendo favorecer la proliferación de cianobacterias en sistemas acuáticos, incluso en cadenas de suministro de agua tratada. En este sentido, la coexistencia de niveles moderados de nitrógeno y fósforo incrementa la probabilidad de generación de condiciones tróficas favorables para el desarrollo de floraciones algales nocivas y la eventual producción de cianotoxinas, lo cual representa un riesgo emergente que trasciende los controles fisicoquímicos convencionales.

En relación con los nitritos, las concentraciones registradas fueron generalmente bajas (0,001–0,021 mg/L), sin embargo, la presencia de valores elevados puntuales, como en la muestra correspondiente a la marca Montaña (0,021 mg/L), puede interpretarse como un indicador de procesos recientes de contaminación o de transformación incompleta del nitrógeno, reflejando posibles deficiencias en la calidad del tratamiento o en las condiciones de almacenamiento. Desde el punto de vista del riesgo sanitario, aunque las concentraciones no alcanzan niveles de toxicidad aguda, la detección de nitritos adquiere relevancia epidemiológica al asociarse con la formación de compuestos potencialmente

nocivos, como las nitrosaminas, y con efectos adversos en poblaciones vulnerables.

De manera integrada, el análisis de la Tabla 1 pone de manifiesto que, si bien los parámetros evaluados se encuentran dentro de rangos permisibles en la mayoría de los casos, la variabilidad observada y la combinación de factores como bajo residual de cloro y presencia de nutrientes generan un escenario propicio para el incremento del riesgo sanitario. En particular, la convergencia de condiciones que favorecen tanto la supervivencia microbiana como la disponibilidad de nutrientes plantea un riesgo potencial de deterioro de la calidad del agua durante su vida útil, evidenciando la necesidad de fortalecer los sistemas de control, implementar estrategias de monitoreo continuo y adoptar un enfoque preventivo basado en la gestión integral del riesgo.

Tabla 2. Resultados de las muestras analizadas según estadísticos descriptivos

Variable numérica	# de datos	Media	Desviación Estándar	Mediana	Media recortada (10 %)
Cloro_libre (mg/L)	29	0,030	0,0138	0,03	0,0284
pH	30	7,141	0,4249	7,29	7,1958
Fosfatos (mg/L)	30	1,387	0,4508	1,3	1,3167
Nitratos (mg/L)	30	1,470	1,0154	1,15	1,2833
Nitritos (mg/L)	30	0,005	0,0038	0,004	0,0044
uS/cm	30	221,667	216,8998	198,5	179,54
T °C	30	25,047	0,5829	25,1	25,125
ppm	30	110,800	108,5247	99,5	89,750
mV	30	334,367	34,4528	330	333,541

El análisis de los estadísticos descriptivos presentados en la Tabla 2 permite evaluar la tendencia central, la dispersión y la estabilidad de los parámetros fisicoquímicos, proporcionando una base inferencial para interpretar la calidad del agua y su implicación en el riesgo sanitario. En el caso del cloro libre residual, se observa una media de 0,030 mg/L con una desviación estándar de 0,0138, lo que indica baja variabilidad relativa pero niveles consistentemente reducidos en la mayoría de las muestras. La coincidencia entre la media, la mediana (0,03 mg/L) y la media recortada (0,0284 mg/L) sugiere una distribución aproximadamente simétrica y sin valores extremos influyentes, lo que refuerza la evidencia de una tendencia sistemática hacia concentraciones subóptimas de cloro residual. Desde una perspectiva sanitaria, esta homogeneidad en niveles bajos implica un escenario generalizado de insuficiente capacidad desinfectante, incrementando de forma consistente la probabilidad de supervivencia o reintroducción de microorganismos durante la cadena de distribución.

El pH presenta una media de 7,141 con una desviación estándar moderada (0,4249), lo que indica una distribución relativamente estable alrededor de la neutralidad. La diferencia entre la media y la mediana (7,29) sugiere una

ligera asimetría hacia valores más bajos, aunque sin desviaciones críticas respecto al rango recomendado. La proximidad entre la media aritmética y la media recortada evidencia la ausencia de valores atípicos significativos, indicando condiciones químicas relativamente homogéneas entre las muestras. Si bien estos valores no representan un riesgo directo para la salud, su estabilidad contribuye a mantener condiciones fisicoquímicas favorables para procesos biológicos, lo que adquiere relevancia en presencia de otros factores como la disponibilidad de nutrientes.

En relación con los fosfatos, la media de 1,387 mg/L y la desviación estándar de 0,4508 reflejan una variabilidad moderada, con una ligera diferencia respecto a la mediana (1,3 mg/L), lo que indica una leve asimetría positiva. Esta característica sugiere la presencia de algunas muestras con concentraciones relativamente elevadas que incrementan el promedio. Desde el punto de vista ambiental, la persistencia de niveles de fósforo en este rango puede favorecer procesos de enriquecimiento trófico, particularmente cuando se combinan con concentraciones apreciables de nitrógeno, generando condiciones propicias para la proliferación de cianobacterias y aumentando el riesgo potencial de producción de cianotoxinas.

El comportamiento de los nitratos muestra una media de 1,470 mg/L con una desviación estándar elevada (1,0154), lo que evidencia una alta dispersión de los datos. La diferencia entre la media y la mediana (1,15 mg/L), así como la reducción de la media recortada (1,2833 mg/L), sugieren la presencia de valores extremos altos que inducen una asimetría positiva en la distribución. Este patrón implica que, aunque la mayoría de las muestras presenta niveles moderados, existen casos puntuales con concentraciones significativamente superiores que pueden estar asociadas a fuentes específicas de contaminación. Desde la perspectiva del riesgo, esta heterogeneidad indica que ciertos lotes o marcas presentan mayor probabilidad de contribuir a procesos de eutrofización o de evidenciar fallas en el control de la calidad del agua de origen.

Los nitritos presentan una media de 0,005 mg/L y una desviación estándar de 0,0038, lo que refleja una variabilidad relativamente alta en comparación con su valor medio. La mediana (0,004 mg/L) y la media recortada (0,0044 mg/L) indican una ligera asimetría hacia valores superiores, lo cual puede interpretarse como evidencia de eventos puntuales de contaminación reciente. Aunque las concentraciones se mantienen bajas en términos absolutos, su variabilidad relativa sugiere inestabilidad en los procesos de oxidación del nitrógeno, lo que podría implicar riesgos indirectos asociados a la formación de subproductos potencialmente perjudiciales.

Los parámetros asociados a la mineralización del agua, como la conductividad eléctrica (221,667 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y los sólidos disueltos totales (110,800 ppm), presentan desviaciones estándar elevadas (216,8998 y 108,5247 respectivamente), lo que indica una dispersión considerable

y una marcada heterogeneidad entre muestras. La diferencia entre la media y la mediana en ambos casos sugiere la presencia de valores extremos altos que influyen significativamente en la distribución. Este comportamiento es consistente con diferencias en los orígenes del agua y en los procesos de tratamiento, lo que tiene implicaciones tanto en la calidad sensorial como en la estabilidad química del producto. Desde una perspectiva de riesgo, esta variabilidad podría afectar la interacción entre compuestos químicos y microorganismos, influyendo indirectamente en la viabilidad de ciertos patógenos o en la persistencia de compuestos potencialmente tóxicos.

Finalmente, la temperatura (media de 25,047 °C) y el potencial redox (334,367 mV) presentan baja variabilidad, lo que indica condiciones relativamente estables durante el análisis. No obstante, la estabilidad térmica en torno a valores cercanos a 25 °C puede favorecer el crecimiento microbiano en ausencia de un adecuado control desinfectante, mientras que los valores de potencial redox reflejan un ambiente moderadamente oxidante que, aunque contribuye al control microbiológico, podría no ser suficiente en combinación con bajos niveles de cloro residual.

En conjunto, el análisis inferencial de los estadísticos descriptivos evidencia que, si bien las medias de los parámetros se encuentran dentro de rangos aceptables, la dispersión y la asimetría de varias variables clave, particularmente nutrientes y parámetros de mineralización, revelan una heterogeneidad significativa en la calidad del agua embotellada. Esta variabilidad, sumada a niveles consistentemente bajos de cloro residual, configura un escenario de riesgo sanitario latente, en el cual la estabilidad química aparente puede enmascarar condiciones propicias para la contaminación microbiológica y la proliferación de organismos potencialmente nocivos.

Tabla 3. Resultados de análisis microbiológico

Marca	Codig	Presentació	Producció	Caducidad	UFC/ 100mL
AQUA	TNA	500 ml	26/05/25	26/07/25	0
	SSD	500 ml	26/05/25	26/07/25	0
	ACB	500 ml	26/05/25	26/07/25	0
ALL NATUR	TNA	625 ml	06/06/25	04/10/25	0
	SSD	625 ml	22/05/25	12/09/25	0
	ACB	625 ml	15/05/25	12/09/25	0
TESALI	TNA	625 ml	15/05/25	11/09/25	0
	SSD	625 ml	15/05/25	11/09/25	800
	ACB	625 ml	15/05/25	11/09/25	0
VIVANT	TNA	600 ml	06/05/25	03/10/25	0
	ACB	600 ml	19/05/25	16/10/25	0
	SSD	600 ml	16/04/25	13/09/25	0
PURE	TNA	500 ml	11/05/25	07/11/25	0
	ACB	500 ml	27/05/25	23/11/25	0
	SSD	500 ml	15/03/25	11/09/25	0
CIELO	TNA	625 ml	11/05/25	07/11/25	0
	ACB	625 ml	11/05/25	07/11/25	0
	SSD	625 ml	11/05/25	07/11/25	0
OK	TNA	600 ml	23/05/25	20/10/25	0
	ACB	600 ml	23/05/25	20/10/25	0
	SSD	600 ml	23/05/25	20/10/25	0
MONTA	TNA	500 ml	19/04/25	20/09/25	350
	ACB	500 ml	19/04/25	20/09/25	200
	SSD	500 ml	19/04/25	20/09/25	650

DASSANI	TNA	600 ml	19/05/25	20/08/25	0
	ACB	600 ml	19/05/25	20/08/25	0
	SSD	600 ml	19/05/25	20/08/25	0
OMIZU	TNA	500 ml	19/02/25	20/05/25	0
	ACB	600 ml	19/05/25	20/08/25	0
	SSD	600 ml	19/05/25	20/08/25	0

El análisis microbiológico presentado en la Tabla 3 evidencia un comportamiento heterogéneo en la calidad sanitaria del agua embotellada, con implicaciones directas en la evaluación del riesgo para la salud pública. En términos generales, se observa que la mayoría de las muestras analizadas (24 de 30) no presentó crecimiento detectable de *Escherichia coli*, lo que sugiere que, en condiciones normales, una proporción significativa de las marcas cumple con los estándares microbiológicos establecidos por la normativa vigente, que exige la ausencia total de este indicador en agua destinada al consumo humano. La consistencia de resultados negativos en múltiples marcas y lotes indica la implementación parcial de prácticas adecuadas de desinfección y control sanitario durante los procesos de tratamiento y envasado.

No obstante, la detección de *E. coli* en cuatro muestras introduce un elemento crítico en la evaluación del sistema, dado que su presencia constituye un indicador inequívoco de contaminación fecal reciente y, por tanto, de un fallo en la integridad microbiológica del producto. Las concentraciones registradas, que alcanzan valores de hasta 800 UFC/100 mL en la marca Tesalia (código SSD) y oscilan entre 200 y 650 UFC/100 mL en diferentes lotes de la marca Montaña, reflejan niveles significativamente elevados en comparación con el límite permisible (0 UFC/100 mL). Desde una perspectiva inferencial, estos valores no representan simples desviaciones marginales, sino eventos críticos que evidencian condiciones de contaminación sustancial, con una alta carga microbiana que incrementa de forma considerable la probabilidad de presencia de patógenos entéricos.

La distribución de los resultados positivos muestra además un patrón específico asociado a determinados códigos de muestra, particularmente SSD y en menor medida otros códigos en la marca Montaña, lo que sugiere la posible existencia de factores sistemáticos relacionados con etapas específicas del proceso productivo o de la cadena de distribución. Este comportamiento apunta a la hipótesis de fallas localizadas, ya sea en los sistemas de desinfección, en las condiciones de almacenamiento o en la manipulación post-embotellado. La coincidencia de fechas de producción en los lotes contaminados refuerza la posibilidad de eventos puntuales de contaminación en planta o de condiciones ambientales adversas en determinados periodos, lo que introduce una dimensión temporal en la dinámica del riesgo.

Desde el enfoque de gestión del riesgo sanitario, la coexistencia de un alto porcentaje de muestras conformes con un subconjunto reducido pero significativamente contaminado sugiere un escenario de riesgo no uniforme, caracterizado por una baja frecuencia de eventos pero con

alta severidad. Este tipo de distribución es particularmente relevante en sistemas de agua para consumo, ya que la ocurrencia de eventos de contaminación microbiológica, aunque esporádica, puede tener consecuencias desproporcionadas en términos de salud pública, incluyendo brotes de enfermedades gastrointestinales. La magnitud de los valores observados indica que, en los casos positivos, la exposición potencial supera ampliamente los umbrales de seguridad, lo que incrementa la probabilidad de infección en los consumidores.

Adicionalmente, la interpretación de estos resultados debe integrarse con las condiciones fisicoquímicas previamente observadas, particularmente los bajos niveles de cloro residual, los cuales limitan la capacidad de inhibición microbiana durante el almacenamiento. Esta interacción sugiere que la ausencia inicial de contaminación no garantiza la inocuidad del producto a lo largo del tiempo, ya que condiciones subóptimas de desinfección pueden facilitar el crecimiento bacteriano en etapas posteriores. En consecuencia, la evidencia microbiológica presentada no solo refleja eventos de contaminación puntual, sino también la vulnerabilidad estructural del sistema frente a fallas en el control de calidad.

En conjunto, los resultados de la Tabla 3 ponen de manifiesto la necesidad de fortalecer los sistemas de aseguramiento de la calidad microbiológica mediante la implementación de controles más estrictos, monitoreo continuo y trazabilidad de los lotes de producción. Asimismo, resaltan la importancia de adoptar un enfoque preventivo basado en la gestión integral del riesgo, que no se limite al cumplimiento de parámetros fisicoquímicos, sino que incorpore de manera sistemática la vigilancia microbiológica como eje central para garantizar la seguridad del agua embotellada.

Tabla 4. Resultados de las muestras analizadas según desviación absoluta

Variable numérica	# de datos	Desviación Absoluta de la Mediana	Mínimo	Máxim	Rango
Cloro libre (mg/L)	29	0,015	0,0100	0,07	0,0600
pH	30	0,222	6,2600	7,62	1,3600
Fosfatos (mg/L)	30	0,297	0,9000	2,7	1,8000
nitratos_ (mg/L)	30	0,519	0,3000	4,7	4,4000
Nitritos (mg/L)	30	0,003	0,0010	0,021	0,0200
uS/cm	30	203,116	0,0000	792	792,000
T °C	30	0,593	23,4000	25,8	2,4000
Ppm	30	102,299	0,0000	396	396,000
mV	30	37,065	247,000	398	151,000

El análisis basado en la desviación absoluta de la mediana (MAD) y en los estadísticos de dispersión presentados en la Tabla 4 permite profundizar en la robustez y heterogeneidad de los parámetros fisicoquímicos, aportando evidencia inferencial relevante para la evaluación del riesgo sanitario. A diferencia de la desviación estándar, la MAD ofrece una

medida menos sensible a valores extremos, por lo que su interpretación resulta particularmente útil para identificar la estabilidad estructural de los datos y detectar la presencia de outliers con potencial impacto en la calidad del agua.

En el caso del cloro libre residual, la desviación absoluta de la mediana (0,015 mg/L) junto con un rango de 0,060 mg/L revela una dispersión moderada en torno a valores consistentemente bajos, lo que confirma que la baja concentración de cloro no responde a valores atípicos puntuales, sino a una condición sistemática en la mayoría de las muestras. Este patrón refuerza la hipótesis de un control insuficiente del residual desinfectante a lo largo de toda la muestra, incrementando de manera uniforme la vulnerabilidad frente a procesos de recontaminación microbiológica y comprometiendo la estabilidad sanitaria del producto durante su almacenamiento.

El pH presenta una MAD de 0,222 y un rango relativamente limitado (1,36 unidades), lo que indica una estabilidad química considerable entre las muestras. Esta baja dispersión, tanto en términos absolutos como robustos, sugiere que el pH no constituye un factor diferenciador relevante en términos de riesgo sanitario directo; sin embargo, su comportamiento homogéneo dentro del rango neutro a ligeramente alcalino puede facilitar la persistencia de ciertos microorganismos en ausencia de mecanismos desinfectantes eficaces, especialmente cuando se combina con otros factores limitantes como el bajo cloro residual.

Respecto a los fosfatos, la MAD de 0,297 mg/L y el rango de 1,8 mg/L evidencian una variabilidad intermedia con presencia de valores relativamente elevados. Este comportamiento sugiere que, aun cuando la mayoría de las muestras presentan concentraciones cercanas a la mediana, existen incrementos significativos en determinadas condiciones que podrían favorecer procesos de enriquecimiento trófico. En este contexto, el fósforo continúa posicionándose como un factor crítico en la evaluación del riesgo ecológico, ya que pequeñas variaciones en su concentración pueden desencadenar cambios sustanciales en la dinámica biológica, particularmente en sistemas susceptibles a la proliferación de cianobacterias.

El análisis de los nitratos muestra una MAD de 0,519 mg/L y un rango amplio de 4,4 mg/L, lo que pone de manifiesto una alta heterogeneidad en la distribución de este nutriente. La combinación de una dispersión robusta relativamente elevada con un rango amplio sugiere la coexistencia de dos comportamientos: un grupo mayoritario de valores moderados y una fracción de muestras con concentraciones significativamente superiores. Desde el enfoque de riesgo sanitario, esta distribución no uniforme implica que determinados lotes presentan condiciones más favorables para procesos de eutrofización o reflejan posibles influencias de fuentes externas de contaminación, aumentando la incertidumbre en la calidad del agua.

En el caso de los nitritos, la MAD es baja (0,003 mg/L), pero su rango (0,020 mg/L) indica la presencia de valores extremos que, aunque poco frecuentes, tienen relevancia por su significado sanitario. Esta discrepancia entre estabilidad central y amplitud del rango sugiere eventos puntuales de contaminación reciente o fallas en la oxidación completa del nitrógeno. Desde una perspectiva epidemiológica, incluso pequeñas concentraciones de nitritos pueden tener implicaciones en poblaciones vulnerables, lo que refuerza la necesidad de considerar no solo la magnitud sino también la variabilidad de este parámetro.

Los parámetros asociados a la mineralización, como la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales, presentan los valores de dispersión más elevados, con MAD de 203,116 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 102,299 ppm respectivamente, y rangos extremadamente amplios (792 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 396 ppm). Esta alta variabilidad confirma una marcada heterogeneidad en el origen del agua y en los procesos de tratamiento aplicados por las distintas marcas. Desde el punto de vista sanitario, esta diversidad composicional puede influir en la estabilidad química del agua y en la interacción entre microorganismos y matriz acuosa, afectando indirectamente la persistencia de contaminantes y la eficacia de los procesos de desinfección.

Finalmente, la temperatura y el potencial redox presentan valores de MAD relativamente bajos en comparación con sus rangos, lo que indica condiciones de estabilidad operativa durante el muestreo, aunque con cierta amplitud que podría responder a variaciones en almacenamiento y manipulación. La temperatura en torno a 25 °C, combinada con valores moderados de potencial redox, puede contribuir a la viabilidad microbiana en ausencia de un adecuado control químico, reforzando así la interacción entre variables fisicoquímicas y microbiológicas en la construcción del riesgo sanitario.

En conjunto, el análisis robusto de la dispersión confirma que la calidad del agua embotellada no solo depende de los valores promedio de los parámetros, sino también de su variabilidad estructural y de la presencia de valores extremos. La coexistencia de estabilidad en algunos parámetros y alta heterogeneidad en otros configura un escenario complejo en el cual el riesgo sanitario no es homogéneo, sino que se distribuye de manera desigual entre muestras, marcas y lotes. Este comportamiento resalta la necesidad de enfoques de monitoreo que incorporen métricas robustas de variabilidad y que permitan identificar tempranamente condiciones críticas que puedan comprometer la inocuidad del producto.

Tabla 5. Resultados de las muestras analizadas según sesgos

Variable numérica	# de datos	Sesgo	Curtosis	Error Estándar de la media
Cloro_libre (mg/L)	29	1,014	1,0780	0,002554
pH	30	-1,093	-0,2706	0,0775693
Fosfatos (mg/L)	30	1,357	1,5780	0,0823133

nitratos_(mg/L)	30	1,656	2,1482	0,1853949
nitritos_(mg/L)	30	2,376	7,7043	0,000698
uS/cm	30	1,459	1,5211	39,600312
T_°C	30	-1,185	1,1433	0,1064293
Ppm	30	1,457	1,5122	19,813812
mV	30	-0,039	-0,2561	6,290201

El análisis de los coeficientes de asimetría (sesgo) y curtosis presentados en la Tabla 5 permite profundizar en la forma de las distribuciones de los parámetros fisicoquímicos, aportando evidencia inferencial crítica sobre la presencia de valores extremos y su implicación en la evaluación del riesgo sanitario. En términos generales, la predominancia de sesgos positivos en varias variables indica distribuciones asimétricas hacia la derecha, lo que implica la existencia de valores elevados que, aunque no representen la tendencia central, tienen un impacto significativo en la calidad del sistema y en la interpretación del riesgo.

En el caso del cloro libre residual, el sesgo positivo (1,014) y la curtosis ligeramente elevada (1,078) evidencian una distribución asimétrica con presencia de valores altos aislados, aunque la mayoría de las muestras se concentran en niveles bajos. Este comportamiento confirma que los valores más elevados de cloro, si bien existen, no representan la condición dominante del sistema. Desde una perspectiva sanitaria, ello refuerza la interpretación de que la protección microbiológica es insuficiente en la mayoría de los casos, y que los eventos con mayor residual clorado no compensan el déficit generalizado de desinfección.

El pH presenta un sesgo negativo (-1,093) y una curtosis cercana a cero (-0,2706), lo que indica una ligera concentración de valores hacia la zona superior del rango con una distribución relativamente aplanada. Este patrón sugiere una estabilidad estructural del parámetro, con baja presencia de valores extremos. Aunque el pH no representa un riesgo directo en los rangos observados, su distribución uniforme confirma condiciones fisicoquímicas consistentes que podrían favorecer la persistencia de microorganismos en ausencia de barreras desinfectantes adecuadas.

Los fosfatos muestran un sesgo positivo (1,357) y una curtosis elevada (1,578), lo que indica una distribución con cola hacia valores altos y cierta concentración de datos en torno a la media con presencia de picos. Este comportamiento es consistente con la existencia de muestras con concentraciones significativamente superiores que pueden actuar como puntos críticos en la dinámica del sistema. Desde el enfoque de riesgo, estos valores elevados adquieren relevancia al potenciar procesos de eutrofización, aumentando la probabilidad de proliferación de cianobacterias y, en consecuencia, de generación de cianotoxinas.

El análisis de los nitratos presenta un sesgo positivo más pronunciado (1,656) y una curtosis elevada (2,1482), lo que refleja una distribución altamente asimétrica y leptocúrtica. Este patrón evidencia que, aunque la mayoría de las muestras se concentra en valores moderados, existen

concentraciones elevadas que incrementan significativamente la media. La presencia de estos valores extremos sugiere fuentes localizadas de contaminación que generan heterogeneidad en la calidad del agua. Desde el punto de vista sanitario, esta distribución implica que ciertos lotes presentan un mayor potencial de contribuir a procesos de enriquecimiento trófico y, por tanto, a riesgos ambientales y de salud asociados.

El comportamiento de los nitritos es particularmente relevante, con un sesgo muy elevado (2,376) y una curtosis extremadamente alta (7,7043), lo que indica una distribución altamente concentrada en valores bajos pero con presencia de picos extremos poco frecuentes. Este patrón sugiere eventos puntuales de contaminación reciente o fallas en el tratamiento, los cuales, aunque estadísticamente poco representativos, tienen una alta relevancia sanitaria. Desde la perspectiva de riesgo, este tipo de distribución caracteriza escenarios donde la frecuencia de eventos es baja pero su severidad potencial es alta, lo cual es consistente con sistemas vulnerables a fallas esporádicas.

Los parámetros de mineralización, como la conductividad (sesgo 1,459; curtosis 1,5211) y los sólidos disueltos totales (sesgo 1,457; curtosis 1,5122), presentan comportamientos similares, con asimetría positiva y curtosis elevada, lo que indica una alta heterogeneidad en la composición del agua. Este patrón confirma la existencia de muestras con niveles significativamente superiores de mineralización, que pueden influir en la estabilidad química del sistema y en la interacción con microorganismos. Desde el punto de vista del riesgo, esta variabilidad puede afectar la dinámica de supervivencia bacteriana y la eficacia de los procesos de desinfección.

En contraste, la temperatura muestra un sesgo negativo (-1,185) y una curtosis positiva (1,1433), lo que indica una ligera concentración de valores en el extremo superior con cierta acumulación central. Este comportamiento, junto con la baja variabilidad observada previamente, sugiere condiciones térmicas relativamente estables, pero en rangos que pueden favorecer el crecimiento microbiano. Por su parte, el potencial redox (mV) presenta un sesgo cercano a cero (-0,039) y una curtosis negativa (-0,2561), lo que indica una distribución prácticamente simétrica y homogénea, sin presencia significativa de valores extremos.

El análisis conjunto de los coeficientes de sesgo, curtosis y error estándar de la media permite inferir que, si bien algunos parámetros presentan distribuciones relativamente estables, otros muestran asimetrías marcadas y colas largas que evidencian la presencia de valores críticos. Esta configuración estadística es indicativa de un sistema no homogéneo, en el cual la calidad del agua puede variar significativamente entre muestras y donde la presencia de eventos extremos, aunque poco frecuentes, tiene un impacto desproporcionado en la evaluación del riesgo sanitario. En este contexto, la identificación y control de estos valores

atípicos resulta fundamental para el diseño de estrategias de monitoreo y gestión, ya que constituyen los principales determinantes de los riesgos emergentes asociados a la calidad del agua embotellada.

4.- Discusión

4.1. Interpretación de los resultados

Los resultados obtenidos evidencian que la calidad del agua embotellada evaluada no puede interpretarse únicamente bajo un enfoque de cumplimiento normativo, sino que requiere un análisis integral basado en la gestión del riesgo sanitario. Si bien la mayoría de los parámetros fisicoquímicos se mantienen dentro de rangos permisibles, la presencia de una variabilidad significativa entre marcas y lotes sugiere la existencia de heterogeneidad en los procesos de captación, tratamiento y control de calidad. Este comportamiento confirma que la calidad del agua no es una condición estática, sino el resultado de dinámicas operacionales complejas que pueden generar escenarios de vulnerabilidad sanitaria, incluso en sistemas regulados.

Un hallazgo particularmente relevante es la consistencia de niveles subóptimos de cloro residual, lo cual representa un factor crítico desde el punto de vista de la desinfección. Desde una perspectiva técnica, el cloro residual actúa como una barrera secundaria que garantiza la estabilidad microbiológica del agua durante su almacenamiento y distribución. La literatura ha establecido que concentraciones inferiores a los rangos recomendados reducen la eficacia de esta barrera, incrementando la probabilidad de contaminación post-tratamiento. En este contexto, los resultados sugieren que el sistema analizado presenta una limitada capacidad de control microbiológico a lo largo del tiempo, lo que podría explicar la aparición de eventos puntuales de contaminación detectados en el análisis microbiológico [31].

En relación con los nutrientes, la presencia de nitratos, nitritos y fosfatos en concentraciones moderadas, aunque dentro de límites aceptables, adquiere relevancia al considerarse desde un enfoque ecológico y de riesgo emergente. La literatura reciente sugiere que la disponibilidad simultánea de nitrógeno y fósforo puede favorecer procesos de eutrofización, incluso en sistemas aparentemente controlados, particularmente en condiciones tropicales caracterizadas por temperaturas elevadas. En este sentido, la coexistencia de nutrientes con bajos niveles de desinfectante configura un escenario propicio para el desarrollo de microorganismos, incluyendo cianobacterias potencialmente productoras de toxinas, lo cual trasciende los enfoques tradicionales de evaluación de calidad.

Finalmente, la detección de contaminación microbiológica en un número reducido pero significativo de muestras introduce una dimensión crítica en la interpretación de los resultados. Desde el punto de vista de la gestión del riesgo, este comportamiento es consistente con sistemas caracterizados por baja frecuencia de eventos pero alta

severidad, donde la ocurrencia de fallas puntuales puede generar impactos desproporcionados en la salud pública. En conjunto, los hallazgos evidencian que la aparente conformidad fisicoquímica no garantiza la inocuidad sanitaria, lo que refuerza la necesidad de adoptar enfoques integrales que consideren la interacción entre variables químicas, microbiológicas y ambientales.

4.2. Comparación con estudios previos

Los resultados obtenidos presentan consistencias relevantes con investigaciones previas que han documentado la variabilidad en la calidad del agua embotellada y las limitaciones de los sistemas de control basados exclusivamente en parámetros convencionales. Diversos estudios han reportado que, aunque el agua envasada suele cumplir con criterios fisicoquímicos establecidos, pueden presentarse inconsistencias microbiológicas asociadas a fallas en procesos de desinfección o condiciones inadecuadas de almacenamiento. Este patrón coincide con los hallazgos observados, donde la mayoría de las muestras cumple con los requerimientos normativos, pero persisten eventos aislados de contaminación fecal [32].

En particular, los resultados microbiológicos son coherentes con lo reportado en estudios regionales, como el realizado en la provincia del Guayas, donde se evidenció la presencia de *Escherichia coli* en agua embotellada comercializada. Esta coincidencia refuerza la hipótesis de que, en contextos locales, los sistemas de aseguramiento de calidad presentan debilidades estructurales que permiten la ocurrencia de eventos de contaminación. Asimismo, investigaciones recientes han señalado que la percepción de seguridad asociada al agua embotellada no siempre se corresponde con su calidad microbiológica real, lo que posiciona estos hallazgos dentro de un problema más amplio de confianza y regulación en sistemas de abastecimiento alternativos [33].

En relación con los parámetros fisicoquímicos, los resultados concuerdan con estudios que han evidenciado la influencia de factores como la fuente de captación y los procesos de tratamiento en la variabilidad de parámetros como conductividad, sólidos disueltos y nutrientes. Sin embargo, el presente estudio aporta un elemento adicional al integrar estos parámetros con el enfoque de riesgo sanitario, evidenciando cómo la presencia de nutrientes, aun en concentraciones moderadas, puede adquirir relevancia en términos de procesos de eutrofización y proliferación biológica. Esta integración permite avanzar más allá de la descripción de calidad hacia una interpretación funcional del sistema [34].

Adicionalmente, los hallazgos relacionados con el potencial de proliferación de cianobacterias se alinean con investigaciones recientes que han documentado la presencia de genes asociados a la producción de cianotoxinas en cuerpos de agua de la región, como el río Daule. Esta convergencia de evidencia sugiere que los sistemas hídricos del área presentan condiciones favorables para el desarrollo

de contaminantes emergentes, y que estos riesgos pueden extenderse a sistemas de agua tratada si no se implementan controles adecuados. En este sentido, el estudio contribuye a ampliar el conocimiento existente al vincular la calidad del agua embotellada con dinámicas ambientales regionales y riesgos emergentes [35].

4.3. Implicaciones teóricas y prácticas

Desde el punto de vista teórico, los resultados del estudio aportan evidencia que refuerza la necesidad de transitar desde enfoques tradicionales de control de calidad hacia modelos integrales basados en la gestión del riesgo sanitario. La literatura ha señalado que la evaluación de la calidad del agua debe considerar no solo el cumplimiento de límites máximos permisibles, sino también la probabilidad de ocurrencia de eventos adversos y sus posibles consecuencias. En este contexto, el presente estudio contribuye a consolidar un enfoque multidimensional que integra variables fisicoquímicas, microbiológicas y ambientales, ampliando el marco conceptual para la evaluación de sistemas de agua embotellada.

Asimismo, el estudio aporta una perspectiva relevante al incorporar el análisis de contaminantes emergentes, como las cianobacterias y sus toxinas, dentro del contexto de agua embotellada. Este enfoque permite extender la discusión más allá de los indicadores tradicionales, evidenciando la necesidad de incluir variables asociadas a eutrofización y dinámica ecológica en los sistemas de monitoreo. De esta manera, se contribuye al desarrollo de modelos conceptuales más completos que consideren la interacción entre procesos químicos, biológicos y ambientales en la generación del riesgo sanitario.

En términos prácticos, los resultados tienen implicaciones directas para la industria del agua embotellada y para las entidades regulatorias. La evidencia de niveles bajos de cloro residual sugiere la necesidad de revisar y optimizar los procesos de desinfección para garantizar la estabilidad microbiológica del producto durante su ciclo de vida. Asimismo, la variabilidad observada entre marcas pone de manifiesto la importancia de fortalecer los sistemas de control de calidad, incluyendo auditorías periódicas, monitoreo en tiempo real y trazabilidad de lotes, con el fin de reducir la ocurrencia de eventos de contaminación. Adicionalmente, desde una perspectiva aplicada, los hallazgos abren la posibilidad de desarrollar estrategias de innovación tecnológica orientadas a la mejora de los sistemas de tratamiento y almacenamiento, tales como el uso de desinfectantes alternativos, sensores inteligentes para monitoreo continuo o modelos predictivos de calidad del agua. Asimismo, en el ámbito de la gestión ambiental, los resultados sugieren la necesidad de implementar políticas integradas que aborden la calidad del agua desde la fuente hasta el consumo, incorporando el enfoque de “Una Sola Salud” como marco para la toma de decisiones.

4.4. Limitaciones y proyecciones futuras

A pesar de la relevancia de los hallazgos obtenidos, el estudio presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas en la interpretación de los resultados. En primer lugar, el tamaño de la muestra, aunque representativo de las marcas más consumidas, puede no capturar completamente la variabilidad del mercado de agua embotellada en la provincia del Guayas, lo que podría limitar la generalización de los resultados. Asimismo, la selección de muestras se realizó en función de la disponibilidad y accesibilidad, lo que introduce un posible sesgo asociado a la distribución comercial de los productos.

Desde el punto de vista metodológico, el análisis se centró en un conjunto específico de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, lo que implica que otros contaminantes potencialmente relevantes, como metales pesados, microplásticos o compuestos orgánicos emergentes, no fueron considerados. Esta limitación restringe el alcance del estudio en términos de caracterización integral de la calidad del agua y sugiere la necesidad de ampliar el espectro de análisis en futuras investigaciones.

En relación con las cianotoxinas, aunque se empleó un método de detección validado, los resultados obtenidos reflejan la ausencia aparente de estas sustancias en condiciones iniciales, pero evidencian su posible desarrollo bajo condiciones experimentales controladas. No obstante, el estudio no incorpora un análisis longitudinal que permita evaluar la evolución temporal de estos contaminantes en condiciones reales de almacenamiento, lo que limita la comprensión de su dinámica en escenarios de consumo. Esta restricción destaca la necesidad de estudios más profundos que integren análisis temporales y condiciones ambientales variables.

En este contexto, futuras investigaciones deberían orientarse hacia el desarrollo de modelos predictivos de riesgo que integren variables fisicoquímicas, microbiológicas y ambientales, permitiendo anticipar escenarios de contaminación. Asimismo, se recomienda incorporar técnicas avanzadas de análisis, como herramientas moleculares para la detección de genes toxigénicos o sensores en tiempo real para monitoreo de calidad. Estas líneas de investigación no solo permitirían superar las limitaciones identificadas, sino que contribuirían al desarrollo de sistemas de gestión más robustos y adaptativos, capaces de responder a los desafíos emergentes en la calidad del agua para consumo humano.

5.- Conclusión.

5.1. Síntesis de los hallazgos

El presente estudio permitió evaluar de manera integral la calidad del agua embotellada comercializada en la provincia del Guayas mediante la aplicación de indicadores fisicoquímicos y microbiológicos, evidenciando que, aunque la mayoría de las muestras cumple con los límites establecidos por la normativa vigente, existen variaciones significativas entre marcas y lotes que condicionan la

estabilidad sanitaria del producto. En particular, se identificó que los parámetros fisicoquímicos presentan comportamientos heterogéneos, caracterizados por la presencia de nutrientes en concentraciones moderadas y niveles consistentemente bajos de cloro residual, lo cual limita la capacidad de control de la calidad microbiológica durante el almacenamiento.

Asimismo, los resultados microbiológicos revelaron la presencia de eventos puntuales de contaminación fecal, lo que demuestra que el cumplimiento de parámetros fisicoquímicos no garantiza por sí mismo la inocuidad del agua. Esta evidencia confirma que la calidad del agua embotellada responde a dinámicas complejas que involucran tanto procesos de tratamiento como condiciones de manejo posterior. En este sentido, los objetivos del estudio se cumplieron al evidenciar la necesidad de integrar múltiples indicadores para una evaluación más robusta del riesgo sanitario en sistemas de agua para consumo humano.

5.2. Contribuciones científicas y técnicas

Desde el punto de vista científico, el estudio contribuye a fortalecer el marco conceptual de la gestión del riesgo sanitario en sistemas de agua embotellada, al demostrar que la evaluación basada en parámetros tradicionales resulta insuficiente cuando se analizan de forma aislada. La integración de variables fisicoquímicas y microbiológicas, junto con la consideración de factores asociados a contaminantes emergentes, permite avanzar hacia un enfoque multidimensional que amplía la comprensión de los procesos que determinan la calidad del agua.

En el ámbito técnico, el trabajo aporta evidencia empírica relevante sobre la variabilidad en la calidad del agua embotellada en un contexto tropical, identificando condiciones que pueden favorecer la proliferación de microorganismos y el deterioro de la calidad durante la cadena de suministro. Asimismo, la incorporación del análisis de cianotoxinas, aun cuando no se detectaron inicialmente en las muestras, representa un avance metodológico al considerar el potencial de desarrollo de riesgos emergentes bajo condiciones ambientales específicas, contribuyendo así a cerrar brechas en la evaluación convencional de la calidad del agua.

5.3. Implicaciones teóricas y aplicaciones prácticas

Los hallazgos del estudio tienen implicaciones relevantes para el desarrollo teórico de modelos de evaluación de calidad del agua, al evidenciar la necesidad de adoptar enfoques basados en la gestión del riesgo que integren variables químicas, microbiológicas y ecológicas. Esta perspectiva permite avanzar hacia marcos conceptuales más robustos, en los cuales la calidad del agua es entendida como un sistema dinámico influenciado por múltiples factores interrelacionados, superando así los enfoques tradicionales centrados exclusivamente en el cumplimiento normativo.

Desde el punto de vista aplicado, los resultados destacan la importancia de fortalecer los sistemas de control de calidad en la industria del agua embotellada, particularmente en lo relacionado con la optimización de los procesos de desinfección, el monitoreo continuo de parámetros críticos y la implementación de sistemas de trazabilidad que permitan identificar y corregir fallas en la cadena de suministro. Asimismo, se evidencia la necesidad de incorporar indicadores de contaminación emergente y estrategias preventivas que permitan mitigar riesgos asociados a la proliferación de cianobacterias, especialmente en regiones con condiciones ambientales favorables para su desarrollo.

5.4. Proyecciones y líneas de investigación futura

A partir de los resultados obtenidos, se identifican diversas líneas de investigación futura orientadas a profundizar en la comprensión de los factores que condicionan la calidad del agua embotellada. En primer lugar, se recomienda el desarrollo de estudios longitudinales que permitan evaluar la evolución temporal de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos durante el almacenamiento, con el fin de determinar la estabilidad del producto a lo largo de su vida útil. Asimismo, resulta pertinente incorporar el análisis de otros contaminantes emergentes, como metales pesados, microplásticos y compuestos orgánicos, que podrían influir en la calidad del agua y en la salud de los consumidores.

Adicionalmente, se sugiere avanzar hacia el desarrollo de modelos predictivos de riesgo que integren variables ambientales, operativas y de calidad del agua, permitiendo anticipar escenarios de contaminación y optimizar los sistemas de gestión. Finalmente, la implementación de técnicas avanzadas de monitoreo, incluyendo herramientas moleculares para la detección de microorganismos toxigénicos y sensores en tiempo real, representa una línea prometedora para fortalecer la vigilancia sanitaria y contribuir al diseño de sistemas de abastecimiento más seguros y resilientes en contextos de alta presión antropogénica.

6.- Agradecimientos.

No aplica.

7.- Contribuciones de los autores (Taxonomía de roles de los colaboradores - CRediT)

1. Conceptualización: Fabiola Villa Sánchez
2. Curación de datos: Amy Merchán Mendoza
3. Análisis formal: Fabiola Villa Sánchez
4. Adquisición de fondos: Tony Coloma Coloma
5. Investigación: Antonio Escobar Machado
6. Metodología: Tony Coloma Coloma
7. Administración del proyecto: Hernan Villa Sánchez
8. Recursos: Hernan Villa Sánchez
9. Software: Antonio Escobar Machado
10. Supervisión: Edison Lascano Mora
11. Validación: Tony Coloma Coloma
12. Visualización: Amy Merchán Mendoza

13. Redacción - borrador original: Edison Lascano Mora
14. Redacción -revisión y edición: Amy Merchán Mendoza

8.- Apéndice.

No aplica.

9.- Referencias.

- [1] World Health Organization (WHO), "Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first, second and third addenda," World Health Organization. , 2026. [Online]. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240121225>. [Accessed 2026].
- [2] Villanueva, C. M., Kogevinas, M., & Grimalt, J. O., "Cloración del agua potable en España y cáncer de vejiga.," in *Gaceta Sanitaria*, 2001, pp. 15(1), 48–53.
- [3] Godoy, P., Bartolomé, R., Torres, J., Espinet, L., Escobar, A., Nuin, C., & Domínguez, Á., "rote de gastroenteritis por el consumo de agua de suministro público causado por *Shigella sonnei*," *Gaceta Sanitaria*, 25(5), 363–367, 2011. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2011.0>. [Accessed 2026].
- [4] McLachlan, R. I., & Tuffley, C., "Parametric study of *E. coli* incidence with reference to the New Zealand freshwater standards and the Manawatū-Whanganui region," arXiv, 2011. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2110.01808>. [Accessed 2026].
- [5] C. P. R. J. A. & L. F. A. Lluscha, ". Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua mineral de manantial embotellada comercializada en Quito, Ecuador.," *Acta Farmacêutica Portuguesa*. , 2023.
- [6] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)., "NTE INEN 2200: Agua envasada. Requisitos.," *NTE INEN 2200: Agua envasada. Requisitos*. , 2014.
- [7] Alejandro Quezada, Daniela del Cisne, "Identificación de cianobacterias asociadas a riesgos para la salud humana presentes en la biodiversidad acuática de la Laguna de Papallacta.," REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, 2023. [Online]. Available: <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/9da979f3-4c27-4bbc-93d4-da9dfae5c09a>. [Accessed 2026].
- [8] Estupiñán Vera, G. E., Briceño Castillo, J. P., Cazañas Chica, J. D., & Vínces Muñoz, A. A. , "Nivel de aceptación de los tipos de agua envasada en la ciudad de Guayaquil.," *RECIMUNDO*, 9(2), 596–607, 2025. [Online]. Available: [https://doi.org/10.26820/recimundo/9\(2\).abril.2025.596-607](https://doi.org/10.26820/recimundo/9(2).abril.2025.596-607). [Accessed 2026].
- [9] Huisman, J., & Visser, P. M. , "Harmful cyanobacterial blooms: Causes, consequences and control strategies.," *Aquatic Ecology*. , 2018.
- [10] Schreiber, A., & Van der Merwe, M., ". One Health and water quality management: Integrating ecosystem, animal and human health.," 2021.
- [11] Coloma Gavilanes, Julio Ferdinand; Labanda Lucero, Ricardo Andrés, "Herramientas moleculares para la detección de cianobacterias potencialmente tóxicas en ecosistemas acuáticos del Río Daule.," DSpace Repository, 2023. [Online]. Available: <https://dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/58379?locale-attribute=en>. [Accessed 2026].
- [12] R. Rojas, "Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano," OPS, 2002.
- [13] L. A. Zapata Aspiazu, E. Haymacaña Moreno, F. J. Duque-Aldaz, F. G. Cabezas García and R. A. Sánchez Ancajima, "ARIMA vs. Hybrid Models with Machine Learning for Forecasting Ecuador's GDP.," 2026.
- [14] Zepeda Rodríguez, L. F., & Tello Ibarra, J. V., "Agua embotellada: contemplaciones sanitarias entre el derecho humano a la salud y la industria privada.," *Cuestiones Constitucionales. Revista Mexicana de Derecho Constitucional*, 26(52), e19558. , 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.22201/ijj.24484881e.2025.52.19558>. [Accessed 2026].
- [15] B. Fournier and R. Mujeriego Sahuquillo, "Gestión del riesgo sanitario en la regeneración del agua," UPC, 2006.
- [16] B. M. Guillén Chunchu, "valuación de componentes químicos y microbiológicos en agua embotellada para el consumo humano, comercializada en tres cantones de la provincia del Guayas," Repositorio UG, 2020. [Online]. Available: <https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49925>. [Accessed 2026].
- [17] E. I. Carrillo Paredes and J. E. Baldeón Cajo, "Control de la calidad del agua para consumo humano a través de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la Parroquia San Andrés, Chimborazo, para una gestión sanitaria eficiente," UISEK, 2018.
- [18] E. Osorio Caicedo and D. Paredes Cuervo, "Lineamientos estratégicos enfocados a la disminución del riesgo sanitario aplicado en dos sistemas de abastecimiento comunitario," UTP, 2022.
- [19] B. L. Guzmán, G. Nava and P. Díaz, "La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia, 2008-2012.," *Biomédica*, vol. 35, 2015.
- [20] J. E. Estiven Pincay Moran, J. F. Ramírez Salcan, A. F. López Vargas, F. J. Duque-Aldaz, W. Villamagua Castillo and R. Sánchez Casanova, "Evaluation and Proposal for an Environmental Management System in a Mango Plantation," *Inquide*, vol. 7, no. 1, 2025.
- [21] F. J. Duque-Aldaz, E. R. Haymacaña Moreno, L. A. Zapata Aspiazu and F. Carrasco Choque, "Prediction of moisture content in the cocoa drying process by simple linear regression.," *Inquide*, vol. 6, no. 2, 2024.
- [22] A. Pérez Vidal, P. Torres Lozada and C. H. Cruz Vélez, "Planes de seguridad del agua. Fundamentos y perspectivas de implementación en Colombia," *Ingeniería e Investigación*, vol. 29, no. 3, 2009.
- [23] M. Padilla Gómez and F. Ascuntar Ríos, "Análisis de los riesgos sanitarios y ambientales identificados en los sistemas de suministro de agua para consumo humano de los municipios categoría 4, 5 y 6 del Departamento del Valle del Cauca," Universidad Autónoma de Occidente, 2020.
- [24] C. M. Tito Arequipa and V. M. Ortiz Bustamante, "Estudio de la calidad de agua como factor de riesgo sanitario y modelo de gestión del suministro de agua del barrio Santo Samana de la ciudad de Latacunga en el periodo 2015.," Universidad Técnica de Cotopaxi, 2017.
- [25] F. J. Duque-Aldaz, F. R. Rodríguez-Flores and J. Carmona Tapia, "Identificación de parámetros en sistemas ecuaciones diferenciales ordinarias mediante el uso de redes neuronales artificiales," *Revista San Gregorio*, vol. 1, no. 2, 2025.
- [26] K. E. Zambrano Acosta and N. Vásquez Sarria, "Estudio de los factores de riesgo ambiental y sanitario y su impacto en la calidad del agua para consumo humano en algunas zonas rurales del Valle del Cauca," Universidad Autónoma de Occidente, 2018.
- [27] L. E. Quispe Alegre, "Desarrollo e implementación de un prototipo de control y monitoreo para determinar el riesgo sanitario del sistema de abastecimiento de agua para el consumo humano en la localidad el Triunfo, a través de sensores electrónicos y tecnología web, 2017," UNAMAD, 2019.
- [28] R. González Forero and N. F. Ajiaco Ajiaco, "Diseño de un sistema de gestión del riesgo basado en la Norma ISO 31000 para sistemas de desinfección con cloro en plantas potabilizadoras," Universidad de La Salle, 2018.
- [29] G. E. Castro Rosales, A. D. Torres Alvarado, L. S. Zalamea Cedeño, F. J. Duque-Aldaz and F. R. Rodríguez-Flores, "Comprehensive Ergonomic Proposal for the Reduction of Musculoskeletal Risks in Soap Production: An Approach Based on

- Statistical Analysis and Postural Evaluation," *Inquide*, vol. 7, no. 2, 2025.
- [30] G. J. Morocho Choca, L. Á. Bucheli Carpio and F. J. Duque-Aldaz, "Fuel oil fuel dispatch optimization through multivariate regression using local storage indicators," *Inquide*, vol. 6, no. 2, 2024.
- [31] E. Haymacaña Moreno, L. A. Zapata Aspiazu, F. J. Duque-Aldaz, G. F. Cabezas García and R. A. Sánchez Ancajima, Time series modeling of secondary school enrollment in Ecuador: a Box–Jenkins analysis (1971–2023), *Inquide*, 2026.
- [32] B. L. Guzmán B., G. Nava T. and P. D. Bevilacqua, "Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en Colombia: desafíos para la salud ambiental," *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, vol. 34, no. 2, 2016.
- [33] L. Alcalde Sanz, M. Folch Sánchez and J. C. Tapias Pantebre, "Evaluación y gestión del riesgo asociado a la reutilización de aguas residuales," Universitat de Barcelona., 2012.
- [34] J. Ramírez Flórez and J. W. Sanchez Marin, "Apoyo en proyecto de riesgo sanitario enfocado en la línea de agua para consumo humano y uso recreativo en la Secretaría de Salud de la alcaldía de Medellín," Tecnológico de Antioquia, 2021.
- [35] J. J. Caverro Torres and B. R. Mariño Tenio, "Diagnóstico en los sistemas de saneamiento desde la gestión del riesgo de desastres: una revisión sistemática," *Revista InveCom*, vol. 5, no. 3, 2025.

Diseño termohidráulico de un intercambiador de calor doble tubo sin aletas y aletas para refrigeración de zumo de tomate. Parte 1 - Intercambiador de calor sin aletas

Thermo-hydraulic design of an unfinned and finned double pipe heat exchanger for tomato juice cooling. Part 1 - Unfinned heat exchanger

Amaury Pérez Sánchez ^{1*}; Laura Thalía Álvarez Lores ²; Laura de la Caridad Arias Águila ³; Lizthalía Jiménez Guerra ⁴; Heily Victoria González ⁵; Arlette de la Caridad González Abad ⁶

Recibido: 21/02/2026 – Aceptado: 15/05/2026 – Publicado: 07/12/2026

Artículos de
investigación



Artículos
de revisión



Ensayos



* Autor
correspondiente.



Esta obra está licenciada bajo la licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0). Los autores conservan los derechos sobre sus artículos y son libres de compartir, copiar, distribuir, interpretar y comunicar públicamente la obra, siempre que se dé una atribución adecuada, el uso no sea comercial y cualquier obra derivada esté licenciada bajo los mismos términos.

Resumen.

El intercambiador de calor de doble tubo (DPHE) se utiliza comúnmente en la industria alimentaria debido a su simplicidad en el diseño mecánico, el mantenimiento mínimo, la facilidad de limpieza y también la posibilidad de funcionar a altas temperaturas y presiones. El objetivo de este artículo es diseñar un DPHE sin aletas desde el punto de vista termohidráulico, para determinar su viabilidad para enfriar un chorro de jugo de tomate caliente utilizando agua fría como refrigerante. Los principales parámetros de diseño calculados fueron el número total de horquillas (32), el factor de limpieza (0,708), el porcentaje sobre la superficie (41,29%) y la caída de presión por fricción y la potencia de bombeo para ambos fluidos. Asimismo, se requerirá un caudal másico de agua de refrigeración de 6,50 kg/s, con una carga térmica de 951,77 kW. El DPHE diseñado no puede aplicarse con éxito al servicio de transferencia de calor solicitado debido a los altos valores obtenidos para el número total de horquillas, el porcentaje sobre la superficie y la caída de presión por fricción (16,56 atm) para el fluido anular (agua fría), que es bastante superior al valor máximo permitido establecido por el proceso (0,296 atm) para este flujo, aumentando así también la potencia de bombeo de este fluido hasta un valor significativo (13,67 kW). El DPHE sin aletas diseñado costará alrededor de 165.500 USD USD según enero de 2026.

Palabras clave.

Intercambiador de calor de doble tubo, diseño, número total de horquillas, porcentaje de sobre superficie, caída de presión, potencia de bombeo.

Abstract.

The double pipe heat exchanger (DPHE) is commonly used in the food industry due to its simplicity in mechanical design, minimal maintenance, ease of cleaning and also the possibility to operate at high temperatures and pressures. The objective of this paper is to design an unfinned DPHE from the thermo-hydraulic point of view, to determine its feasibility to cool down a stream of hot tomato juice using chilled water as coolant. The main design parameters calculated were the total number of hairpins (32), the cleanliness factor (0.708), the percent over surface (41.29%), and the frictional pressure drop and pumping power for both fluids. Likewise, it will be required a mass flowrate of cooling water of 6.50 kg/s, with a heat load of 951.77 kW. The designed DPHE cannot be successfully applied to the requested heat transfer service because the high values obtained for the total number of hairpins, percent over surface and the frictional pressure drop (16.56 atm) for the annulus fluid (chilled water), which is quite higher than the maximum allowable value set by the process (0.296 atm) for this stream, thus increasing also the pumping power of this fluid to a significant value (13.67 kW). The designed unfinned DPHE will cost around USD \$ 165,500 based on Jan, 2026.

Keywords.

Double pipe heat exchanger, design, total number of hairpins, percent over surface, pressure drop, pumping power.

1. Introducción.

El equipo intercambiador de calor transfiere calor de un fluido caliente a uno frío, donde ambos fluidos se separan mediante una pared sólida. Normalmente, la mayoría de los intercambiadores de calor son de dos fluidos, aunque los intercambiadores de tres fluidos están ganando popularidad. En términos de construcción, los intercambiadores de calor pueden clasificarse como intercambiadores de calor de capa y tubo, tubos concéntricos y tubos con aletas. La elección de un intercambiador de calor para una aplicación determinada depende de la propia aplicación, los recursos disponibles, el espacio, la economía, la selección de

materiales y otros factores. Sea cual sea la elección de un intercambiador de calor, es muy esencial que uno esté diseñado de tal manera que proporcione la transferencia de calor necesaria ocupando menos espacio, tenga caídas de presión por debajo de los límites permitidos por el proceso y, sin embargo, sea competitivo en costes [1].

El intercambiador de calor de doble tubo (DPHE) se considera uno de los tipos más sencillos de intercambiador tubular de calor. Está formado por tubos concéntricos separados por cierres mecánicos. Los intercambiadores de calor de doble tubería son relativamente baratos de construir

¹ Facultad de Ciencias Aplicadas; Universidad de Camagüey; amaury.perez84@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0819-6760>, Camagüey; Cuba.

² Facultades de Ciencias Aplicadas; Universidad de Camagüey; laura.alvarez@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0009-0007-2643-018X>, Camagüey; Cuba.

³ Facultades de Ciencias Aplicadas; Universidad de Camagüey; aguilaariaslaura@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6494-9747>, Camagüey; Cuba.

⁴ Área Técnica, Instalación de Almacenamiento de Combustible 540; lizthalia.jimenez@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0009-0004-4537-2366>, Camagüey, Cuba.

⁵ Facultades de Ciencias Aplicadas; Universidad de Camagüey; heily.victoria@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0009-0007-9319-6506>, Camagüey, Cuba.

⁶ Facultad de Ciencias Aplicadas; Universidad de Camagüey; arlette.delacaridad@reduc.edu.cu; <https://orcid.org/0000-0002-3193-0660>, Camagüey; Cuba.

y requieren un mantenimiento mínimo. Se emplean en aplicaciones de alta temperatura y alta presión [2].

Los DPHE (también llamados intercambiadores de calor en horquilla) son una configuración ampliamente utilizada en sistemas de calefacción y industriales. Los DPHE pueden utilizarse en las industrias química, alimentaria, petrolífera y gasística, aplicaciones de energía solar y geotérmica, aplicaciones de aire acondicionado, recalentamiento, precalentamiento y procesos de calentamiento por digestores. Además, el DPHE sigue utilizándose ampliamente para la investigación y desarrollo de instalaciones experimentales en laboratorios de ingeniería energética. Una ventaja es el bajo coste de diseño y mantenimiento. Este tipo de intercambiador de calor es sencillo en estructura y fácil de instalar, limpiar, mantener y modificar, lo que permite una prolongación significativa de la vida útil y el servicio [3].

El DPHE consiste en una o más tuberías colocadas concéntricamente dentro de otra tubería de mayor diámetro con accesorios apropiados para dirigir el flujo de una sección a otra. Un fluido fluye por la tubería interior (lado del tubo) y el otro fluye por el espacio anular (anillo). El tubo interior está conectado mediante curvas de retorno en forma de U encerradas en una carcasa de retorno-curva. El DPHE puede organizarse en varias series y disposiciones paralelas para cumplir con los requisitos de caída de presión. El uso principal del DPHE es el proceso sensato de calentamiento o refrigeración de fluidos, donde se requieren pequeñas áreas de transferencia de calor (hasta 50m²). Esta configuración también es muy adecuada para uno o ambos fluidos a alta presión debido al menor diámetro de las tuberías. Pueden utilizarse cuando un chorro es gaseoso, líquido viscoso o de pequeño volumen, y también bajo condiciones severas de incrustación debido a la facilidad de limpieza y mantenimiento [4].

Según [5], si el flujo contiene sólidos en suspensión, el DPHE también puede ser una mejor alternativa, ya que pueden construirse con un tubo interior de mayor diámetro para evitar obstrucciones. Además, los intercambiadores de calor de doble tubería se limpian fácilmente, y el flujo longitudinal evita la existencia de regiones de estancamiento, que en los intercambiadores de capa y tubos son propensas a la incrustación. Los DPHE también cuentan con la ventaja de la flexibilidad gracias a su estructura modular, lo que permite una adaptación más sencilla a las modificaciones del proceso.

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es uno de los cultivos hortícolas más consumidos a nivel mundial y ocupa el segundo lugar en producción mundial entre los cultivos de hortalizas. El tomate recibe una variedad de tratamientos diferentes para transformarlo en productos comerciales reconocidos como salsas, ketchup y zumo, tomates enteros enlatados y pasta o concentrado de tomate. Por ejemplo, para su conservación tras la cosecha, los tomates se tratan térmicamente con varias técnicas, como la pasteurización y

esterilización, y el secado y evaporación a altas temperaturas, lo que ayuda a garantizar la seguridad y estabilidad microbiológica de los productos resultantes [6].

La tecnología para la producción de bebida de zumo de tomate es básicamente la misma que la utilizada para la elaboración de pasta de tomate. El proceso implica la selección de frutos maduros y saludables, seguido de lavado, picado, eliminación de semillas, pausa caliente, precalentamiento del agua desmineralizada y después tamizado sobre mallas de 0,3-0,4 mm para extraer un jugo más fino con menos sólidos en suspensión y eliminar ácidos grasos libres y materia aceitosa. El jugo obtenido puede concentrarse calentándolo al vacío. Se pueden añadir sal, azúcar y especias según el sabor. El producto terminado suele almacenarse en materiales de embalaje compatibles hechos de envases recubiertos de vidrio o aluminio [7].

Como indica [8], se utilizan dos métodos comerciales para producir zumo de tomate: la pausa caliente y la pausa fría. "Corte caliente" suele referirse a una temperatura de corte de 85 a 90 °C, que provoca la inactivación de enzimas importantes para el aroma y la viscosidad. La pectinmetilesterasa y la poligalacturonasa descomponen las cadenas de pectina en el tejido del tomate. Al inactivar estas enzimas en el proceso de corte caliente, se puede lograr un producto más viscoso, lo cual suele ser deseable. Por el contrario, la lipoxigenasa es la enzima inicial que participa en la creación de importantes compuestos frescos de aroma mediante la descomposición de ácidos grasos insaturados, y cuando se inactiva durante la pausa caliente, hay menos compuestos aromáticos presentes. Estos autores también mencionan que "cold break" se refiere a una temperatura inferior a 70 °C para aumentar la actividad enzimática. Una característica del proceso de ruptura en frío es la disminución de la viscosidad. Las ventajas del cold breaking frente al cold break son que se dice que el producto final tiene un color más natural y un sabor más fresco. El método de la rotura caliente se utiliza para producir la mayoría de los productos de tomate y así mantener una alta viscosidad. Sin embargo, un aumento en el uso del método de pausa fría debería producir productos de tomate con un aroma más fresco.

En [6] se indica que los tratamientos térmicos convencionales son actualmente los más comunes en la industria alimentaria, pero debido al mecanismo de transferencia de calor (conducción y convección), estos procesos presentan algunas desventajas como alta temperatura, pérdida de valor nutricional y cambios sensoriales. Además, la combustión del combustible utilizado para generar calor provoca pérdidas económicas de energía. Estas desventajas pueden evitarse con tecnologías modernas como el calentamiento óhmico, que es un tratamiento térmico que calienta los alimentos pasando una corriente eléctrica alterna a través de ellos; Como consecuencia, este método tiene una gran capacidad para calentar rápido y de forma homogénea. Además, esta técnica proporciona productos alimenticios seguros y de

alta calidad, preservando su valor nutricional, y se caracteriza por una alta energía que permite reducir el tiempo de calentamiento entre un 90 y un 95%. Estos autores desarrollaron un sistema de calentamiento combinado óhmico-vacío para producir purta de tomate a temperaturas de 70, 80 y 90 °C y presiones de 0,3, 0,5 y 0,7 bar, y un campo eléctrico de 1,82, 2,73 y 3,64 V/cm utilizando un diseño compuesto central. En este estudio también se evaluaron los efectos de las condiciones de calefacción en la calidad y la evaluación sensorial de la pasta de tomate, mientras que cada combinación de temperatura, presión y campo eléctrico se cuantificó para el consumo energético específico, la eficiencia energética y la productividad.

Se han reportado pocos estudios relacionados con el diseño termohidráulico o la evaluación de equipos de transferencia térmica para procesar productos de tomate. En este sentido, [9] aplicó la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) para diseñar un intercambiador de calor de carcasa y tubos a escala industrial y para simular la transferencia de calor con el fin de visualizar el proceso de pasteurización del purto de tomate con el objetivo de presentarlo a la industria, donde se explicó el comportamiento de la viscosidad en el proceso de pasteurización del purto de tomate utilizando el modelo de Herschel-Bulkley. Del mismo modo, [10] pretendía estudiar posibles mejoras en las propiedades termofísicas de los nanofluidos cuando se utilizan como medios de calentamiento para reducir el tiempo y ahorrar energía en las industrias alimentarias por primera vez. En consecuencia, se seleccionaron tres variables diferentes de temperatura (70, 80 y 90 °C), concentración de nanopartículas de alúmina (0, 2 y 4 %) y tiempo (30, 60 y 90 s) para el procesamiento térmico del zumo de tomate mediante un intercambiador de calor de cáscara y tubos. De manera similar, [11] evaluó el rendimiento térmico de un intercambiador de calor de triple tubo equipado con aletas escalonadas para el procesamiento de concentrados de tomate. En este estudio se encontraron desafíos debido a la alta viscosidad de los fluidos no newtonianos tratados en la industria alimentaria, lo que conducía al flujo laminar y a una penetración térmica limitada. Se utilizaron simulaciones numéricas, implementadas en un[®] entorno ANSYS Fluent, para resolver las ecuaciones que rigen la dinámica termofluida de un intercambiador de calor de triple tubo con aletas escalonadas en el anillo interno. El comportamiento reológico del concentrado de tomate se modeló mediante un modelo de ley de potencias, combinado con la ley de Arrhenius para introducir la dependencia de la temperatura respecto al índice de consistencia. Se adoptó la validación experimental para verificar la precisión de las simulaciones. A pesar de todos los estudios mencionados anteriormente, hasta donde saben los autores, aún no se ha informado del diseño de un DPHE para la refrigeración del zumo de tomate.

Algunos de los autores del presente estudio publicaron recientemente un artículo [12] en el que se diseñó un DPHE sin aletas desde el punto de vista termohidráulico, para

enfriar un chorro de leche de vaca líquida utilizando agua fría como refrigerante. La metodología de diseño empleada en esta investigación fue la reportada por [13], obteniendo como resultado principal que el DPHE sin aletas diseñado no puede aplicarse satisfactoriamente en el servicio de transferencia de calor solicitado debido al valor bastante alto obtenido para la caída de presión del fluido en el lado del tubo.

En una planta de procesamiento de alimentos cubanos se desea enfriar un chorro de zumo de tomate utilizando agua fría como refrigerante, y se han propuesto dos DPHEs para este sistema térmico, el primero sin aletas y el segundo con aletas longitudinales en el tubo interior (aletas). Por ello, el presente artículo pretende diseñar el DPHE sin aletas desde el punto de vista termohidráulico, para conocer la idoneidad de este intercambiador de calor para este servicio de intercambio térmico. La metodología de diseño empleada en el presente artículo fue la reportada por [13], donde se calculan varios parámetros importantes de diseño como el número total de horquillas, el factor de limpieza, el porcentaje sobre la superficie, así como la caída de presión y la potencia de bombeo de ambos flujos líquidos. Además, se calcula el coste de compra del DPHE sin finos. En un segundo artículo, se diseñará un DPHE con aletas para calcular los mismos parámetros de diseño mencionados anteriormente, mientras que los resultados del presente artículo se compararán con los del DPHE con aletas diseñado en el segundo artículo, con el objetivo de seleccionar el DPHE más adecuado y adecuado desde el punto de vista térmico e hidráulico para realizar este servicio de intercambio de calor.

2. Materiales y métodos.

2.1. Enunciado del problema.

En una planta procesadora de alimentos cubana, se requiere enfriar 14.000 kg/h de un chorro de zumo de tomate entre 90 °C y 30 °C utilizando agua fría como refrigerante disponible a 5 °C, mientras que la temperatura de salida de esta agua fría no debe superar los 40 °C. El material de construcción seleccionado para el DPHE es acero al carbono, mientras que la caída de presión de los chorros de zumo de tomate y agua fría no debe superar los 300.000 Pa. Diseña un DPHE sin aletas adecuado desde el punto de vista termohidráulico para satisfacer este servicio de transferencia de calor, utilizando los siguientes datos de entrada para los tubos:

- Longitud del tubo: 4,0 m.
- Diámetro interno del anillo: 0,07790 m.
- Diámetro interno del tubo interior: 0,0525 m.
- Diámetro externo del tubo interior: 0,0603 m.
- Conductividad térmica del acero al carbono: 54 W/m.K [13].

2.2. Metodología de diseño

Número total de horquillas y porcentaje sobre la superficie

Paso 1. Definición de los parámetros iniciales para los flujos:

La Tabla 1 presenta los parámetros iniciales que deben definirse para ambos fluidos.

Tabla 1. Parámetros iniciales que deben definirse para los dos fluidos.

Parámetro	Fluido caliente	Fluido frío	Unidades
Caudal másico	m_h	m_c	kg/h
Temperatura de entrada	T_1	t_1	°C
Temperatura de salida	T_2	t_2	°C
Caída máxima de presión permitida	ΔP_{mh}	ΔP_{mc}	Pa
Factor de incrustación	R_h	R_c	M2. K/W

Fuente: Explicación propia.

Paso 2. Definición de los datos geométricos para las horquillas:

La tabla 2 muestra los datos geométricos que deben definirse para las horquillas.

Tabla 2. Datos geométricos a definir para las horquillas.

Parámetro	Símbolo	Unidades
Longitud	L_t	m
Anillo de diámetro interno	D_i	m
Diámetro interno del tubo interior	d_i	m
Diámetro externo del tubo interior	d_e	m
Material metálico de conductividad térmica del tubo interior	k_m	W/m.K

Fuente: Explicación propia.

Paso 3. Definición de la disposición de flujo dentro del intercambiador de calor de doble tubería:

- Contraflujo
- Paralelo

Paso 4. Asignación de fluidos dentro del intercambiador de calor de doble tubería

Paso 5. Considera el aislamiento del intercambiador de calor de doble tubería frente a pérdidas de calor.

Paso 6. Temperatura media de ambos arroyos:

• Fluido caliente (): T

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (1)$$

• Fluido frío (): t

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (2)$$

Paso 7. Parámetros físicos de ambos fluidos a la temperatura media:

La Tabla 3 muestra los parámetros físicos que deben considerarse para ambos fluidos a la temperatura media calculada en el paso anterior.

Tabla 3. Parámetros físicos que deben considerarse para ambos fluidos.

Parámetro	Fluido caliente	Fluido frío	Unidades
Densidad	ρ_h	ρ_c	kg/m ³
Viscosidad	μ_h	μ_c	Pa.s
Capacidad calorífica	Cp_h	Cp_c	kJ/kg. K
Conductividad térmica	k_h	k_c	W/m.K

Fuente: Explicación propia.

Paso 8. Carga térmica (): Q

- Usando los datos para el fluido caliente:

$$Q = m_h \cdot Cp_h \cdot (T_1 - T_2) \quad (3)$$

- Usando los datos para el fluido frío:

$$Q = m_c \cdot Cp_c \cdot (t_2 - t_1) \quad (4)$$

Donde tanto como se dan en kg/s. $m_h m_c$

Paso 9. Caudal másico de un arroyo:

- Caudal másico del fluido caliente:

$$m_h = \frac{Q}{Cp_h \cdot (T_1 - T_2)} \quad (5)$$

- Caudal másico del fluido frío:

$$m_c = \frac{Q}{Cp_c \cdot (t_2 - t_1)} \quad (6)$$

Paso 10. Temperatura de la pared del tubo (): T_w

$$T_w = \frac{1}{2} \cdot (\bar{T} + \bar{t}) \quad (7)$$

Paso 11. Viscosidad de ambos fluidos a la temperatura de la pared del tubo:

- Líquido caliente () [Pa.s]. μ_{hw}
- Líquido frío () [Pa.s]. μ_{cw}

Paso 12. Área neta de flujo libre del tubo interior (): A_{ct}

$$A_{ct} = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \quad (8)$$

Paso 13. Velocidad del fluido del lado del tubo (): v_t

$$v_t = \frac{m_t}{\rho_t \cdot A_{ct}} \quad (9)$$

Paso 14. Número de Reynolds del fluido del lado del tubo (): Re_t

$$Re_t = \frac{\rho_t \cdot v_t \cdot d_i}{\mu_t} \quad (10)$$

Paso 15. Número de Prandtl del fluido del lado del tubo

$$Pr_t = \frac{Cp_t \cdot \mu_t}{k_t} \quad (11)$$

Donde se da en J/kg.K. Cp_t

Paso 16. Número de Nusselt para el fluido del lado del tubo

$$Nu_t = 1.86 \cdot (Re_t \cdot Pr_t)^{0.33} \cdot \left(\frac{d_i}{L_t}\right)^{0.33} \cdot \left(\frac{\mu_t}{\mu_{tw}}\right)^{0.14} \quad (12)$$

Válido para tubos lisos para las siguientes condiciones:

$$0.48 < Re_t < 16.700$$

$$0.0044 < \left(\frac{\mu_t}{\mu_{tw}}\right)^{0.14} < 9.75$$

$$\left(Re_t \cdot Pr_t \cdot \frac{d_i}{L_t}\right)^{0.33} \cdot \left(\frac{\mu_t}{\mu_{tw}}\right)^{0.14} \geq 2$$

- Flujo turbulento ($2.300 < Re_t < 10Re_t^4$) [Correlación de Gnielinski]:

$$Nu_t = \frac{\left(\frac{f_t}{2}\right) \cdot (Re_t - 1.000) \cdot Pr_t}{1 + 12.7 \cdot \left(\frac{f_t}{2}\right)^{0.5} \cdot (Pr_t^{2/3} - 1)} \quad (13)$$

Donde es el factor de fricción de Fanning para el fluido del lado del tubo y se calcula usando la siguiente correlación:

$$f_t = (1.58 \cdot \ln Re_t - 3.28)^{-2} \quad (14)$$

- Flujo turbulento ($104 < Re_t < 5 \times 10Re_t^6$) [Correlación de Prandtl]:

$$Nu_t = \frac{\left(\frac{f_t}{2}\right) \cdot Re_t \cdot Pr_t}{1 + 8.7 \cdot \left(\frac{f_t}{2}\right)^{0.5} \cdot (Pr_t - 1)} \quad (15)$$

Válido por $> 0.5 \cdot Pr_t$

Donde:

$$f_t = (1.58 \cdot \ln Re_t - 3.28)^{-2} \quad (14)$$

Paso 17. Coeficiente de transferencia de calor para el fluido del lado del tubo

$$h_t = \frac{Nu_t \cdot k_t}{d_i} \quad (16)$$

Paso 18. Área neta de flujo libre del anillo

$$A_{ca} = \frac{\pi \cdot (D_i^2 - d_e^2)}{4} \quad (17)$$

Paso 19. Velocidad del fluido anular

$$v_a = \frac{m_a}{\rho_a \cdot A_{ca}} \quad (18)$$

Paso 20. Diámetro hidráulico

$$D_h = D_i - d_e \quad (19)$$

Paso 21. Número de Reynolds del fluido anular

$$Re_a = \frac{\rho_a \cdot v_a \cdot D_h}{\mu_a} \quad (20)$$

Paso 22. Número de Prandtl del fluido anular

$$Pr_a = \frac{Cp_a \cdot \mu_a}{k_a} \quad (21)$$

Donde se da en J/kg.K. Cp_a

Paso 23. Número de Nusselt para el fluido anular

$$Nu_a = 1.86 \cdot (Re_a \cdot Pr_a)^{0.33} \cdot \left(\frac{D_h}{L_t}\right)^{0.33} \cdot \left(\frac{\mu_a}{\mu_{aw}}\right)^{0.14} \quad (22)$$

Válido para tubos lisos para las siguientes condiciones:

$$0.48 < Re_a < 16.700$$

$$0.0044 < \left(\frac{\mu_a}{\mu_{aw}}\right)^{0.14} < 9.75$$

$$\left(Re_a \cdot Pr_a \cdot \frac{D_h}{L_t}\right)^{0.33} \cdot \left(\frac{\mu_a}{\mu_{aw}}\right)^{0.14} \geq 2$$

- Flujo turbulento ($2.300 < Re_a < 10Re_a^4$) [Correlación de Gnielinski]:

$$Nu_a = \frac{\left(\frac{f_a}{2}\right) \cdot (Re_a - 1.000) \cdot Pr_a}{1 + 12.7 \cdot \left(\frac{f_a}{2}\right)^{0.5} \cdot (Pr_a^{2/3} - 1)} \quad (23)$$

Donde es el factor de fricción de Fanning para el fluido anular y se calcula usando la siguiente correlación:

$$f_a = (1.58 \cdot \ln Re_a - 3.28)^{-2} \quad (24)$$

- Flujo turbulento ($104 < Re_a < 5 \times 10Re_a^6$) [Correlación de Prandtl]:

$$Nu_a = \frac{\left(\frac{f_a}{2}\right) \cdot Re_a \cdot Pr_a}{1 + 8.7 \cdot \left(\frac{f_a}{2}\right)^{0.5} \cdot (Pr_a - 1)} \quad (25)$$

Válido por $> 0.5 \cdot Pr_a$

Donde:

$$f_a = (1.58 \cdot \ln Re_a - 3.28)^{-2} \quad (24)$$

Paso 24. Diámetro equivalente para transferencia de calor

$$D_e = \frac{D_i^2 - d_e^2}{d_e} \quad (26)$$

Paso 25. Coeficiente de transferencia de calor para el fluido anular

$$h_a = \frac{Nu_a \cdot k_a}{D_e} \quad (27)$$

Paso 26. Coeficiente total de transferencia de calor ensucrado basado en la zona exterior del tubo interior (U_f)

$$U_f = \frac{1}{\frac{d_e}{d_i \cdot h_t} + \frac{d_e \cdot R_t}{d_i} + \frac{d_e \cdot \ln\left(\frac{d_e}{d_i}\right)}{2 \cdot k_m} + R_a + \frac{1}{h_a}} \quad (28)$$

Paso 27. Diferencia de temperatura logarítmica media (ΔT_m)

- Para flujo paralelo:

$$\Delta T_m = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2}\right)} \quad (29)$$

- Para el contraflujo:

$$\Delta T_m = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} \quad (30)$$

Paso 28. Área superficial de transferencia de calor (A_o)

$$A_o = \frac{Q \cdot 1,000}{U_f \cdot \Delta T_m} \quad (31)$$

Donde se da en kW.Q

Paso 29. Área de transferencia de calor por horquilla (A_{hp})

$$A_{hp} = 2 \cdot \pi \cdot d_e \cdot L_t \quad (32)$$

Paso 30. Número de horquillas (N_h)

$$N_h = \frac{A_o}{A_{hp}} \quad (33)$$

Paso 31. Limpia el coeficiente global de transferencia de calor basado en el área exterior de transferencia de calor (U_c)

$$U_c = \frac{1}{\frac{d_e}{d_i \cdot h_t} + \frac{d_e \cdot \ln\left(\frac{d_e}{d_i}\right)}{2 \cdot k_m} + \frac{1}{h_a}} \quad (34)$$

Paso 32. Factor de limpieza (CF)

$$CF = \frac{U_f}{U_c} \quad (35)$$

Paso 33. Faltas totales (R_{ft})

$$R_{ft} = \frac{1 - CF}{U_c \cdot CF} \quad (36)$$

Paso 34. Porcentaje sobre la superficie (OS)

$$OS = 100 \cdot U_c \cdot R_{ft} \quad (37)$$

Caída de presión y potencia de bombeo

Paso 35. Caída de presión por fricción del fluido del lado del tubo (Δp_t)

$$\Delta p_t = 4 \cdot f_t \cdot \frac{2 \cdot L_t}{d_i} \cdot N_h \cdot \frac{\rho_t \cdot v_t^2}{2} \quad (38)$$

Donde para el flujo laminar (< 2.300): Re_t

$$f_t = \frac{16}{Re_t} \quad (39)$$

Corrección del factor de fricción de Fanning para el flujo laminar (f_{ct})

$$f_{ct} = f_t \cdot \left(\frac{\mu_t}{\mu_{tw}}\right)^m \quad (40)$$

Donde $m = -0,58$ para calentamiento y $-0,50$ para enfriamiento bajo flujo laminar.

Paso 36. Potencia de bombeo para el fluido del lado del tubo (P_t)

$$P_t = \frac{\Delta p_t \cdot m_t}{\eta_p \cdot \rho_t} \quad (41)$$

Donde se da en kg/s y es la eficiencia isentrópica de la bomba. $m_h \eta_p$

Paso 37. Caída de presión por fricción del fluido anular (Δp_a)

$$\Delta p_a = 4 \cdot f_a \cdot \frac{2 \cdot L_t}{D_h} \cdot \rho_a \cdot \frac{v_a^2}{2} \cdot N_h \quad (42)$$

Donde para el flujo laminar (< 2.300): Re_a

$$f_a = \frac{16}{Re_a} \quad (43)$$

Corrección del factor de fricción de Fanning para el flujo laminar (f_{ca})

$$f_{ca} = f_a \cdot \left(\frac{\mu_a}{\mu_{aw}}\right)^m \quad (44)$$

Donde $m = -0,58$ para calentamiento y $-0,50$ para enfriamiento bajo flujo laminar.

Paso 38. Potencia de bombeo para el fluido anular (P_a)

$$P_a = \frac{\Delta p_a \cdot m_a}{\eta_p \cdot \rho_a} \quad (45)$$

Donde se da en kg/s y es la eficiencia isentrópica de la bomba. $m_a \eta_p$

2.3. Coste de compra del DPHE diseñado

Según [14], el coste de compra de un DPHE sin fin puede calcularse usando la siguiente correlación en una base de la Costa del Golfo de EE. UU. mencionada en enero de 2007:

$$C_{2007} = 1,600 + 2,100 \cdot A_0^{1.0} \quad (46)$$

Donde - Área superficial de transferencia de calor calculada usando la ecuación (31), que debe variar entre 1,0 y 80,0 m²A₀ [14].

Dado que el coste de compra DPHE sin fines calculado por la ecuación (46) se basa en enero de 2007, este coste debe actualizarse a 2026 usando la siguiente correlación [15]:

$$C_{2026} = C_{2007} \frac{CEPCI_{2026}}{CEPCI_{2007}} \quad (47)$$

Donde:

C_{2007} – Coste de compra del DPHE sin aletas basado en enero de 2007, calculado usando la ecuación (46).

$CEPCI_{2026}$ – Índice de costes de plantas de ingeniería química basado en enero de 2026 = 840,9 [16].

$CEPCI_{2007}$ – Índice de costes de plantas de ingeniería química basado en enero de 2007 = 509,7 [14].

C_{2026} – Coste de compra del DPHE sin aletas basado en enero de 2026.

3. Resultados.

3.1. Número total de horquillas y porcentaje sobre la superficie

A continuación, los resultados numéricos de varios parámetros clave de diseño calculados por la metodología para dimensionar el DPHE sin aletas, específicamente el número total de horquillas, el factor de limpieza y el porcentaje sobre la superficie.

Paso 1. Definición de los parámetros iniciales para los flujos:

La Tabla 4 expone los valores numéricos de los parámetros iniciales que deben definirse para cada fluido.

Tabla 4. Valores numéricos de los parámetros iniciales para ambos fluidos.

Parámetro	Fluido caliente (zumo de tomate)	Fluido frío (agua fría)	Unidad
Caudal másico	m_h	14,000	kg/h
Temperatura de entrada	T_1	90	°C
Temperatura de salida	T_2	30	°C
Caída máxima de presión permitida	ΔP_{mh}	300,00	Pa
Factor de frotamiento	R_h	0.0003	M2. faltas1

¹ Los valores de los factores de incrustación de ambos fluidos se tomaron de las sugerencias reportadas por [13].
Fuente: Explicación propia.

Paso 2. Definición de las dimensiones geométricas de las horquillas:

La Tabla 5 indica los valores de los datos geométricos para las horquillas.

Tabla 5. Valores de los datos geométricos para las horquillas.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
Longitud	L_t	4.0	m
Anillo de diámetro interno	D_i	0.00779	m
Diámetro interno del tubo interior	d_i	0.0525	m
Diámetro externo del tubo interior	d_e	0.0603	m
Material metálico de conductividad térmica del tubo interior	k_m	54	W/m.K

Fuente: Explicación propia.

Paso 3. Definición de la disposición de flujo dentro del intercambiador de calor de doble tubería:

Teniendo en cuenta las sugerencias reportadas por [13][17][18], la disposición de flujo elegida para este sistema de intercambio de calor es contracorriente.

Paso 4. Asignación de fluidos dentro del intercambiador de calor de doble tubería.

En [3] se indica que es apropiado usar un DPHE cuando el medio calentado se coloca en el anillo con una sección transversal relativamente pequeña y el medio calefactor (por ejemplo, vapor, agua caliente, corriente de proceso caliente) fluye por la tubería interior. Siguiendo las sugerencias de este estudio, así como las recomendaciones reportadas por [14], el fluido caliente (zumo de tomate) se localizará en el tubo interior, mientras que el líquido frío (agua fría) estará en el anillo.

Paso 5. Considera el aislamiento del intercambiador de calor de doble tubería frente a pérdidas de calor.

El DPHE diseñado estará aislado para evitar pérdidas de calor no deseadas en el equipo.

Paso 6. Temperatura media de ambos arroyos:

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{90 + 30}{2} = 60 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{5 + 40}{2} = 22.5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$

Paso 7. Parámetros físicos de ambos fluidos a la temperatura media:

La Tabla 6 presenta los valores de los parámetros físicos definidos tanto para el zumo de tomate como para el agua fría a la temperatura media calculada en el paso anterior,

que se tomaron de [19] para el zumo de tomate y [20] para el agua fría.

Tabla 6. Valores de los parámetros físicos definidos para ambos fluidos.

Parámetro	Fluido caliente (zumo de tomate)	Fluido frío (agua fría)	Unidades
Densidad	ρ_h 1,006.3	ρ_c 997.658	kg/m ³
Viscosidad	μ_h 0.021	μ_c 0.00094	Pa.s
Capacidad calorífica	Cp_h 4.079	Cp_c 4.1825	kJ/kg. K
Conductividad térmica	k_h 0.630	k_c 0.6029	W/m.K

Fuente: Explicación propia.

Paso 8. Carga térmica (Q):

- Usando los datos para el fluido caliente:

$$Q = m_h \cdot Cp_h \cdot (T_1 - T_2) \quad (3)$$

$$Q = \frac{14,000}{3,600} \cdot 4.079 \cdot (90 - 30) = 951.77 \text{ kW}$$

Paso 9. Caudal másico del fluido frío (agua fría):

$$m_c = \frac{Q}{Cp_c \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{951.77}{4.1825 \cdot (40 - 5)} \quad (6)$$

$$= 6.50 \text{ kg/s}$$

Paso 10. Temperatura de la pared del tubo (T_w):

$$T_w = \frac{1}{2} \cdot (\bar{T} + \bar{t}) = \frac{1}{2} \cdot (60 + 22.5) \quad (7)$$

$$= 41.25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Paso 11. Viscosidad de ambos fluidos a la temperatura de la pared del tubo:

Para un valor de la temperatura de la pared del tubo de 41,25 °C, el zumo de tomate (fluido caliente) y el agua fría (fluido frío) presentarán los siguientes valores para las viscosidades [19][20]:

- Zumo de tomate (μ) = 0,03018 Pa.s. μ_{hw}
- Agua fría (μ) = 0,00064 Pa.s. μ_{cw}

Dado que el zumo de tomate se encontraba en el tubo interior y el agua fría en el anillo, se aplicará la siguiente nueva nomenclatura presentada en la Tabla 7 para los caudales, parámetros físicos y factores de ensuciamiento de ambos arroyos.

Tabla 7. Se aplicará nueva nomenclatura para ambas ramas.

Parámetro	Líquido caliente (zumo de tomate)	Líquido frío (agua fría)	Nueva nomenclatura anterior	Nueva nomenclatura
Caudal	m_h	m_t	m_c	m_a
Densidad	ρ_h	ρ_t	ρ_c	ρ_a

Viscosidad	μ_h	μ_t	μ_c	μ_a
Capacidad calorífica	Cp_h	Cp_t	Cp_c	Cp_a
Conductividad térmica	k_h	k_t	k_c	k_a
Factor de incrustación	R_h	R_t	R_c	R_a

Fuente: Explicación propia.

La Tabla 8 muestra los resultados de los parámetros calculados en los pasos 12 a 25.

Mesa 8. Resultados de los parámetros calculados en los pasos 12 a 25.

Escalón	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
12	Área neta de flujo libre del tubo interior	A_{ct}	0.00216	M ²
13	Velocidad del fluido del lado del tubo (zumo de tomate)	v_t	1.785	m/s
14	Número de Reynolds del fluido del lado del tubo	Re_t	4,492	-
15	Número de Prandtl del fluido del lado del tubo	Pr_t	135.97	-
16	Factor de fricción de ventilación para el fluido del lado del tubo	f_t	0.00998	-
17	Número de Nusselt para el fluido del lado del tubo1	Nu_t	99.45	-
	Coefficiente de transferencia de calor para el fluido del lado del tubo	h_t	1,194	L/m ² . K

Escalón	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
26	Coefficiente total de transferencia de calor ensucio basado	U_f	561.46	L/m ² . K

Escalón	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
35	Caída de presión por fricción del fluido del lado del tubo	Δp_t	312,558 3.08	Pa Cajero automático
36	Potencia de bombeo para el fluido lateral del tubo	P_t	1.51	kW
37	Caída de presión por	Δp_a	1,678,128 16.56	Pa ARM

	fricción del fluido del anillo			
38	Potencia de bombeo para el fluido anular	P_a	13.67	kW

Fuente: Explicación propia.

3.3. Coste de compra del DPHE diseñado

Usando correlación (46), y para un valor de $47 \text{ m}^2\text{A}_o$, el coste de compra del DPHE sin aletas basado en enero de 2007 es:

$$\begin{aligned} C_{2007} &= 1,600 + 2,100 \cdot A_o^{1.0} \\ C_{2007} &= 1,600 + 2,100 \cdot 47^{1.0} \\ &= \text{USD } \$ 100,300 \end{aligned} \quad (46)$$

Entonces, el coste de compra del DPHE sin aletas basado en enero de 2026 es:

$$\begin{aligned} C_{2026} &= C_{2007} \cdot \frac{CEPCI_{2026}}{CEPCI_{2007}} \\ C_{2026} &= 100,300 \cdot \frac{840.9}{509.7} \approx \text{USD } \$ 165,500 \end{aligned} \quad (47)$$

4. Discusión

La carga térmica del sistema de intercambio de calor era de 951,77 kW, mientras que se requería un caudal másico de 6,50 kg/s de agua fría a 5 °C para enfriar 14.000 kg/h de zumo de tomate de 90 °C a 30 °C. En [12] se diseñó un DPHE sin aletas para enfriar 4.320 kg/h de un chorro de leche líquida de vaca usando agua fría como refrigerante disponible a 2 °C. En este estudio, el fluido caliente (leche de vaca) se localizaba en el anillo, mientras que el fluido frío (agua fría) se encontraba en la tubería interior, obteniendo así una carga térmica de 235,14 kW y un caudal másico requerido de agua fría de 9,32 kg/s.

Según los resultados de la Tabla 8, la velocidad del zumo de tomate (fluido del lado del tubo) era de 1,785 m/s, lo que está dentro del rango propuesto por [14] de 1-2 m/s para fluidos de proceso que fluyen en intercambiadores tubulares, mientras que la velocidad del agua fría (fluido anular) era de 3,411 m/s, que está por encima del rango propuesto por [14] de 1,5-2,5 m/s para el agua que fluye en intercambiadores tubulares. La velocidad del fluido del anillo era 1,91 veces mayor que la velocidad del fluido del lado del tubo. En [12] las velocidades calculadas del fluido lateral del tubo (agua fría) y del fluido anular (leche líquida de vaca) son de 16,64 m/s y 0,92 m/s, respectivamente.

El número de Reynolds del fluido del lado del tubo (zumo de tomate) tenía un valor de 4.492, lo que indica que este fluido fluye en la zona de transición, mientras que el fluido anular (agua fría) fluye en la zona turbulenta porque el valor de su número de Reynolds (63.521) es superior a 10.000 [13]. El número de Reynolds del agua fría fue 14,14 veces

superior al número de Reynolds del zumo de tomate. El zumo de tomate tenía este bajo valor del número de Reynolds principalmente por el valor relativamente alto de su viscosidad (0,021 Pa.s) y también por el bajo valor del diámetro interno del tubo interior (0,0525 m). En [12], el número de Reynolds del fluido del lado del tubo (agua fría) y del fluido anular (leche de vaca líquida) es de 291.629 y 16.796, respectivamente, por lo que ambos fluidos fluyen bajo régimen turbulento.

El valor calculado del número de Prandtl para el zumo de tomate era de 132,97, y era 20,78 veces superior al número de Prandtl del agua fría (6,542). Esta diferencia se debe en gran parte al mayor valor que presenta la viscosidad del zumo de tomate (0,021 Pa.s) en comparación con la viscosidad del agua fría (0,000943 Pa.s). En [12], el número de Prandtl del fluido del lado del tubo (agua fría) y del fluido anular (leche líquida de vaca) es 11,19 y 7,16, respectivamente.

El número de Nusselt del fluido del lado del tubo (zumo de tomate) fue de 99,45, mientras que el valor de este parámetro para el fluido del anillo (agua fría) fue de 303,17. El número de Nusselt para el agua fría fue 3,05 veces superior al número de Nusselt para el zumo de tomate, lo que se debe a que el número de Reynolds que presentó el agua fría (63.521) fue mayor en comparación con el número de Reynolds del zumo de tomate (4.492). Sin embargo, cabe mencionar que las ecuaciones empleadas para calcular los números de Nusselt para ambos fluidos eran diferentes, es decir, la correlación de Gnielinski se empleó para calcular el número de Nusselt para el zumo de tomate, mientras que la correlación de Prandtl se utilizó para calcular el número de Nusselt para el agua fría, basada en los valores del número de Reynolds para ambos fluidos. En [4] se diseñó un DPHE sin aletas para enfriar 5 kg/s de un chorro de aceite de motor caliente (fluido anular) de 65 a 55 °C utilizando agua de mar (fluido del lado del tubo) como refrigerante. El número de Nusselt calculado para el fluido del lado del tubo (agua fría del mar) fluctuó de 422,0330 a 798,6098 para un rango del factor de fricción del lado del tubo de 0,002-0,004, dependiendo del conjunto de correlaciones empleado para calcular estos parámetros, mientras que el número de Nusselt calculado para el fluido del anillo (aceite de motor caliente) fue 34,693 para un valor del factor de fricción de 0,024. En [12], el número de Nusselt del fluido del lado del tubo (agua fría), que se calculó usando la correlación de Prandtl y ascendió a 1.237,84, es 12,44 veces superior al número de Nusselt del fluido anular (leche líquida de vaca), que también se calculó usando la correlación de Prandtl y ascendió a 99,49.

El coeficiente de transferencia de calor para el fluido anular (4.531,13 W/m². K) era 3,78 veces superior al coeficiente de transferencia de calor para el fluido del lado del tubo (1.194 W/m². K). Esto ocurrió principalmente porque el valor más alto se obtuvo del número de Nusselt para el agua en comparación con el valor de este parámetro para el zumo de tomate. En [4], el coeficiente de transferencia de calor

para el agua de mar que fluye dentro de los tubos oscilaba entre $12.885 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ a $24.382 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, dependiendo de las correlaciones empleadas para calcular el número de Nusselt. Asimismo, el coeficiente de transferencia de calor para el aceite del motor que fluye en el anillo para el DPHE sin aletas es de $64,549 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. En [12], el coeficiente de transferencia de calor del fluido del lado del tubo (agua fría) es de $26.531,78 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, mientras que el coeficiente de transferencia de calor del fluido anular (leche líquida de vaca) es de $1.175,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, es decir, el coeficiente de transferencia de calor para agua fría es 22,58 veces mayor que el coeficiente de transferencia térmica para la leche líquida de vaca.

Los valores de los coeficientes de transferencia de calor totales enredados y limpios fueron de $561,46 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ y $793,33 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, respectivamente, y estaban dentro del rango reportado por [21] de $280\text{-}850 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; el alcance reportado por [14] de $350\text{-}900 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, mientras que el coeficiente total de transferencia de calor ensucio estaba dentro del rango propuesto por [13] de $370\text{-}750 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, mientras que el coeficiente global de transferencia de calor limpio era mayor que el rango reportado por estos autores. Los valores del coeficiente global de transferencia de calor reportados por la literatura corresponden a una transferencia de calor sensible sin cambio de fase usando agua como refrigerante, ajustándose adecuadamente a nuestro sistema de transferencia de calor. En [12], los coeficientes de transferencia de calor totales ensuciados y limpios tienen valores de $774,31 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ y $1.030,11 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, respectivamente.

La diferencia de temperatura logarítmica media calculada tenía un valor de $36,07^\circ\text{C}$, con una superficie de transferencia de calor de 47 m^2 , una superficie de transferencia de calor por horquilla de $1,515 \text{ m}^2$, resultando así en un total de 32 horquillas, lo que puede considerarse alto y atípico para un DPHE [13]. Consideramos que las razones detrás de este alto valor para el número total de horquillas fueron el alto valor de la carga térmica ($951,77 \text{ kW}$) y los valores relativamente bajos obtenidos para el coeficiente total de transferencia de calor ensucio ($561,46 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) y la diferencia de temperatura logarítmica media ($36,07^\circ\text{C}$). Del mismo modo, el flujo del fluido del lado del tubo (zumo de tomate) bajo la zona de transición, una zona que debe evitarse al diseñar intercambiadores de calor [17], pudo haber influido en la obtención de un valor tan alto para el número total de horquillas, porque el valor bajo obtenido para el número de Reynolds del zumo de tomate redujo el valor del coeficiente total de transferencia de calor bajo condiciones de incrustación (), por lo tanto, aumentar la superficie de transferencia de calor () y, en consecuencia, el número total de horquillas. En [4], el número total de horquillas para un DPHE sin aletas con aceite de motor/agua de mar es de 85 y 87 en condiciones limpias y enredadas, respectivamente. En [12], la diferencia logarítmica media de temperatura, la superficie de transferencia de calor y la transferencia de calor por horquilla son $23,51^\circ\text{C}$,

$12,92 U_f A_o \text{ m}^2$ y $0,629 \text{ m}^2$, respectivamente, obteniendo un número total de pasadores de 21.

El factor de limpieza, que es un término desarrollado para la industria de energía de vapor que relaciona el coeficiente total de transferencia de calor cuando el intercambiador está ensucado con cuando está limpio [13], tenía un valor de 0,708, un resultado que puede considerarse inferior al valor propuesto por [13] de 0,85 para intercambiadores tubulares típicos. Esto ocurrió debido al valor relativamente alto del coeficiente global de transferencia de calor limpio ($793,33 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$). En [4] el factor de limpieza tenía un valor de 0,9819 para un rango del número de Nusselt de 422,0330 a 798,6098 durante el diseño de un DPHE sin aletas. En [12], el factor de limpieza tiene un valor de 0,752 para un DPHE sin aletas.

El porcentaje sobre la superficie fue del 41,29%, lo que podría considerarse alto en comparación con el valor medio recomendado por [13] de no superar alrededor del 30 %. Por tanto, se trata de un intercambiador de calor bastante grande, que podría reducirse para satisfacer las especificaciones del proceso con una limpieza más frecuente. Puede ser preferible usar un diseño del 30% sobre superficie para reducir el coste de inversión, y así la programación de limpieza podría organizarse en consecuencia. Por lo tanto, el diseño propuesto puede modificarse y reclasificarse [13]. En [4] el porcentaje sobre la superficie fluctuó de 1,8400 % a 1,8455 % para un rango del número de Nusselt de 422,0330 a 798,6098 durante el diseño de un DPHE sin aletas. En [12], el valor del porcentaje sobre la superficie es del 32,96%.

La caída de presión por fricción para el fluido del lado del tubo (zumo de tomate, 312.558 Pa o $3,08 \text{ atm}$) superó ligeramente el límite máximo permitido por el sistema de intercambio térmico (300.000 Pa), mientras que la caída de presión por fricción del fluido anular (agua fría) tuvo un valor bastante alto ($1.678.128 \text{ Pa}$ o $16,56 \text{ atm}$), que fue 5,59 veces superior al límite máximo permitido establecido por el proceso para este flujo (300.000 Pa). Este alto valor obtenido por la caída de presión por fricción del agua fría se debe principalmente al alto valor de la velocidad del agua fría de $3,411 \text{ m/s}$, al alto número de horquillas requeridas (32) y al bajo valor del diámetro hidráulico ($0,0176 \text{ m}$). En [17] se afirma que, si la caída de presión calculada es excesiva, será necesario aumentar el área de flujo, ya sea incrementando el diámetro de los tubos o instalando más ramas en paralelo. La caída de presión por fricción del fluido anular fue 5,37 veces mayor que la caída de presión del fluido del lado del tubo. Los resultados de nuestro estudio coinciden con los reportados por [4], donde las caídas de presión del fluido anular (aceite de motor caliente) son mayores que las caídas de presión del fluido lateral del tubo (agua de mar), tanto en condiciones de suciedad como limpias. Sin embargo, los resultados de nuestro estudio no son consistentes con los reportados por [12], donde la caída de presión por fricción del fluido lateral del tubo (agua fría)

es 122,51 veces mayor que la caída de presión por fricción del fluido del anillo (leche líquida de vaca).

Finalmente, la potencia de bombeo del fluido anular (13,67 kW) fue 9,05 veces mayor que la caída de presión del fluido lateral del tubo (1,51 kW), principalmente debido al valor bastante alto de la caída de presión obtenida para el agua fría en comparación con el valor de este parámetro para el zumo de tomate. Este resultado coincide con los reportados por [4], donde el valor de la potencia de bombeo del fluido anular es mayor que la potencia de bombeo del fluido lateral del tubo, tanto para el DPHE limpio sin aletas como para el DPHE ensucado sin aletas diseñado en este estudio. Sin embargo, los resultados de nuestro estudio respecto a este parámetro discrepan de los reportados por [12], donde la potencia de bombeo del fluido lateral del tubo (agua fría) es de 110,5 kW, mientras que la potencia de bombeo del fluido del anillo (leche líquida de vaca) es de 114,58 W.

El coste de compra del DPHE sin aletas basado en enero de 2026 fue de alrededor de 165.500 USD para una superficie de transferencia de calor () de $474_o^{m^2}$. En [12], el coste de compra de un DPHE sin aletas diseñado para enfriar un chorro de leche líquida de vaca es de 45.600 USD \$, según mayo de 2025 para una superficie de transferencia de calor de 12,92 m² y aplicando la misma correlación reportada por [14].

5. Conclusiones.

En el presente artículo, se diseñó un DPHE sin aletas desde el punto de vista termohidráulico, para enfriar un chorro de zumo de tomate caliente utilizando agua fría como refrigerante y aplicando la metodología de diseño reportada por [13]. Se calcularon varios parámetros clave de diseño, como la carga térmica (951,77), el caudal másico requerido del agua refrigerada (6,50 kg/s) y el coeficiente total de transferencia de calor ensuciado ($561,46 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$), el número total de horquillas (32), el factor de limpieza (0,708) y el porcentaje sobre superficie (41,29%). Del mismo modo, la caída de presión por fricción y la potencia de bombeo también se calcularon para ambos fluidos. Se concluye que el DPHE diseñado no puede implementarse en el servicio de transferencia de calor solicitado debido a los altos valores obtenidos para el número total de horquillas y el porcentaje sobre la superficie, que se deben principalmente al flujo del fluido lateral del tubo (zumo de tomate) en la zona de transición. Esta conclusión puede corroborarse teniendo en cuenta el valor bastante alto obtenido para la caída de presión por fricción del fluido anular (16,56 atm), que es 5,59 veces superior al límite máximo permitido establecido por el proceso para este flujo, lo que a su vez aumentó la potencia de bombeo de este fluido a un valor significativo (13,67 kW). El DPHE diseñado costará alrededor de 165.500 USD según enero de 2026. Se recomienda aumentar el diámetro de ambas tuberías y rediseñar el DPHE sin aletas para disminuir la caída de presión del fluido anular, así como para evitar diseñar el DPHE sin

aletas con uno de los fluidos fluyendo en la zona de transición.

6. Agradecimientos (si procede)

7.- Contribuciones de los autores (Taxonomía de Roles de los Colaboradores (CRediT))

1. Conceptualización: Amaury Pérez Sánchez
2. Data curation: Laura Thalía Álvarez Lores, Laura de la Caridad Arias Águila.
3. Formal analysis: Amaury Pérez Sánchez, Laura Thalía Álvarez Lores, Lizthalía Jiménez Guerra.
4. Adquisición de fondos: Amaury Pérez Sánchez.
5. Research: Amaury Pérez Sánchez, Laura Thalía Álvarez Lores, Laura de la Caridad Arias Águila.
6. Methodology: Laura Thalía Álvarez Lores, Heily Victoria González, Arlette de la Caridad González Abad.
7. Gestión de proyectos: Amaury Pérez Sánchez, Lizthalía Jiménez Guerra.
8. Resources: Laura Thalía Álvarez Lores, Lizthalía Jiménez Guerra, Heily Victoria González.
9. Software: Amaury Pérez Sánchez, Laura Thalía Álvarez Lores, Arlette de la Caridad González Abad.
10. Supervision: Amaury Pérez Sánchez, Laura Thalía Álvarez Lores.
11. Validation: Amaury Pérez Sánchez, Laura de la Caridad Arias Águila, Lizthalía Jiménez Guerra.
12. Display: Heily Victoria González, Arlette de la Caridad González Abad.
13. Wording - original draft: Lizthalía Jiménez Guerra, Heily Victoria González, Arlette de la Caridad González Abad.
14. Writing - revision and editing: Amaury Pérez Sánchez, Laura Thalía Álvarez Lores, Laura de la Caridad Arias Águila.

8. Apéndice.

Nomenclatura.

A_o	Área superficial de transferencia de calor	M2
A_{ca}	Área neta de flujo libre del anillo	M2
A_{ct}	Área neta de flujo libre del tubo interior	M2
A_{hp}	Área de transferencia de calor por horquilla	M2
C_p	Capacidad calorífica	kJ/kg. K
CF	Factor de limpieza	-
d_e	Diámetro externo del tubo interior	m
d_i	Diámetro interno del tubo interior	m
D_e	Diámetro equivalente para transferencia de calor	m
D_h	Diámetro hidráulico	m
D_i	Anillo de diámetro interno	m
f	Factor de fricción en abanico	-
f_c	Factor de fricción de abanico corregido	-

h	Coefficiente de transferencia de calor	L/m ² . K
k	Conductividad térmica	W/m.K
k_m	Material metálico de conductividad térmica del tubo interior	W/m.K
L_t	Longitud del tubo	m
m	Caudal másico	kg/h
N_h	Número de horquillas	-
Nu	Número de Nusselt	-
OS	Porcentaje sobre la superficie	%
P	Potencia de bombeo	kW o W
Pr	Número de Prandtl	-
Δp	Caída de presión por fricción	Pa
ΔP_m	Caída máxima de presión permitida	Pa
Q	Carga térmica	kW
R	Factor de incrustación	M2. K/W
Re	Número de Reynolds	-
R_{ft}	Falta total	M2. K/W
t	Fluido frío de temperatura	°C
$\bar{t}$	Fluido frío a temperatura media	°C
T	Fluido caliente de temperatura	°C
T_w	Temperatura de la pared del tubo	°C
$\bar{T}$	Fluido caliente a temperatura media	°C
ΔT_m	Diferencia de temperatura log-media	°C
U_c	Coefficiente global de transferencia de calor limpio	L/m ² . K
U_f	Coefficiente total de transferencia de calor ensucio	L/m ² . K
v	Velocidad	m/s
Símbolos griegos		
ρ	Densidad	kg/m ³
μ	Viscosidad	Pa.s
μ_w	Viscosidad del fluido a la temperatura de la pared del tubo	Pa.s
η_p	Eficiencia isentrópica de la bomba	-
Subíndices		
1	Entrada	
2	Salida	
a	Fluido anular	
c	Fluido frío	
h	Fluido caliente	
t	Fluido lateral del tubo	

7.- Referencias.

- [1] K. Silaipillayarputhur, T. A. Mughanam, A. A. Mojil y M. A. Dhmouth, "Análisis analítico y numérico de diseño de intercambiadores de calor de tubos concéntricos – una revisión," *IOP Conf. Series: Ciencia e Ingeniería de Materiales*, vol. 272, p. 012006, 2017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/272/1/012006>
- [2] N. Nwokolo, P. Mukumba y K. Obileke, "Evaluación del rendimiento térmico de un intercambiador de calor de doble tubería instalado en un sistema de gasificación de biomasa," *Journal of Engineering*, pp. 1-8, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/6762489>
- [3] J. Havlik, T. Dlouhy y J. Krempasky, "Transferencia de calor en intercambiadores de calor de doble tubería con espaciamento de tubos pequeños," *Journal of Fluids Engineering*, vol. 147, pp. 1-10, 2025.
- [4] C. Ezgi y Ö. Akyol, "Diseño térmico de intercambiador de calor de doble tubo usado como enfriador de aceite en barcos: un estudio de caso comparativo," *Journal of Ship Production and Design*, vol. 35, n° 1, pp. 12-18, 2019. <https://doi.org/10.5957/JSPD.170009>
- [5] A. Peccini, J. C. Lemos, A. L. H. Costa y M. J. Bagajewicz, "Diseño óptimo de estructuras de intercambiadores de calor de doble tubería," *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 58, pp. 12080-12096, 2019. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b01536>
- [6] Z. T. Alkanan, A. B. Altemimi, A. R. S. Al-Hilphy, F. Cacciola y S. A. Ibrahim, "Aplicación y efectos del calentamiento combinado óhmico-vacío en los factores de calidad de la pasta de tomate," *Foods*, vol. 10, p. 2920, 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10122920>
- [7] G. I. Igile, O. O. Ekpe, N. M. Essien, S. C. Bassey y M. A. Agiang, "Características de calidad del zumo de tomate producido y conservado con y sin sus semillas," *Donnish Journal of Food Science and Technology*, vol. 2, n° 1, pp. 001-009, 2016.
- [8] C. L. Goodman, S. Fawcett y S. A. Barringer, "Análisis de sabor, viscosidad y color de los zumos de tomate de rompimiento caliente y frío," *Journal of Food Science*, vol. 67, n° 1, pp. 404-408, 2002.
- [9] S. Asadbeigi, E. Ahmadi, M. Goodarzi y A. Sagharichian, "Análisis y simulación de transferencia de calor y diseño de un intercambiador de calor de carcasa y tubo para el proceso de pasteurización de pasta de tomate: un estudio CFD," *Heliyon*, vol. 9, p. e21593, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21593>
- [10] S. M. Jafari, S. S. Jabari, D. Dehad y S. A. Shahidi, "Mejora de la transferencia de calor en el procesamiento térmico de zumo de tomate mediante la aplicación de nanofluidos," *Food Bioprocess Technol.*, vol. 10, pp. 307-316, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1816-9>
- [11] L. Pagliarini, U. Neviani y S. Rainieri, "Modelización numérica y validación experimental de la mejora de transferencia de calor y mezcla térmica en un intercambiador de calor de triple tubo para procesamiento de alimentos," *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, vol. 35, n° 11, pp. 3749-3774, 2025.
- [12] A. P. Sánchez, L. d. l. C. A. Águila, H. V. González, M. I. L. R. Veliz y Z. M. S. Rodríguez, "Diseño termohidráulico de un intercambiador de calor doble tubo sin aletas y aletas para refrigeración de la leche. Parte 1 - Intercambiador de calor sin aletas," *Ingeniería Química y Desarrollo*, vol. 08, n° 01, pp. 88-101, 2026. <https://doi.org/10.53591/fv3x4n54>
- [13] S. Kakaç, H. Liu y A. Pramuanjaroenkij, *Heat Exchanger - Selección, Clasificación y Diseño Térmico*, 3ª ed. Boca Raton, EE. UU.: CRC Press, 2012.
- [14] R. Sinnott y G. Towler, *Diseño de Ingeniería Química*, 6ª edición Oxford, Reino Unido: Butterworth-Heinemann, 2020.
- [15] J. R. Couper, D. W. Hertz y F. L. Smith, "9. Economía de procesos," en *el Manual de Ingenieros Químicos de Perry*, D. W. Green y M. Z. Southard, eds. 9ª ed. Nueva York, EE. UU.: McGraw-Hill Education, 2019.
- [16] S. Jenkins, "Indicadores económicos," *Chemical Engineering*, vol. 135, n° 3, p. 40, 2026.
- [17] E. Cao, *Transferencia de calor en ingeniería de procesos*. Nueva York, EE. UU.: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2010.
- [18] A. M. Flynn, T. Akashige y L. Theodore, *Transferencia de calor de procesos de Kern*, 2ª ed. Nueva Jersey, EE. UU.: John Wiley & Sons, Inc., 2019.
- [19] Y. Choi y M. R. Okos, "Las propiedades térmicas de los concentrados de zumo de tomate," *Transactions of the ASAE*, vol. 26, n° 1, pp. 305-311, 1983.
- [20] M. Z. Southard, R. L. Rowley y W. V. Wilding, "2. Datos físicos y químicos," en *el Manual de Ingenieros Químicos de Perry*, 9ª edición. Nueva York, EE. UU.: McGraw-Hill Education, 2019.
- [21] S. M. Hall, *Reglas generales para ingenieros químicos*, 6ª ed. Ámsterdam, Países Bajos: Elsevier, 2018.

Evaluación del contenido de tartrazina (E-102) en bebidas refrescantes sabor naranja comercializadas en Guayaquil mediante espectrofotometría UV-Visible.

Evaluation of tartrazine (E-102) content in orange-flavored soft drinks marketed in Guayaquil using UV–Visible spectrophotometry.

Stefanie Bonilla Bermeo ^{1*} ; Carlos Valdiviezo Rogel²; Luis Romero ³; Michael Rendón Morán ⁴

Recibido: 09/03/2026 – Aceptado: 22/06/2026 – Publicado: 12/07/2026

Artículos de
Investigación



Artículos de
Revisión



Artículos de
Ensayos



* Autor para
correspondencia.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Los autores conservan los derechos sobre sus artículos y pueden compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra, siempre que se reconozca la autoría, no se utilice con fines comerciales y se mantenga la misma licencia en obras derivadas.

Resumen.

La tartrazina (E-102) es un colorante sintético utilizado en bebidas saborizadas para mejorar apariencia. Su uso debe ser controlado debido a posibles efectos adversos asociados al consumo excesivo. El objetivo fue cuantificar la presencia de tartrazina (E-102) en refrescos de naranja sin gas comercializadas en expendios de Guayaquil evaluando su cumplimiento con límites permisibles establecidos internacionalmente. El estudio experimental aplicado, con enfoque cuantitativo. Se recolectaron doce muestras de bebidas refrescantes no carbonatadas sabor naranja pertenecientes a tres marcas comerciales, mediante muestreo estratificado en supermercados de Guayaquil. La cuantificación de tartrazina empleando espectrofotometría UV-Visible a 427 nm. La curva de calibración se elaboró con patrones de referencia y se evaluó el desempeño analítico del método mediante parámetros de linealidad, exactitud, precisión y repetibilidad. Las concentraciones promedio de tartrazina obtenidas fueron 134.85 mg/L para la marca A, 99.45 mg/L para la marca B y 54.61 mg/L para la marca C. Los resultados evidenciaron que las muestras correspondientes a la marca A superaron el umbral máximo de 100 mg/L establecido por organismos internacionales. En la marca B se observaron valores cercanos al límite regulatorio, mientras que la marca C presentó concentraciones considerablemente inferiores al valor permitido. Tras someter los hallazgos al test de Shapiro-Wilk, los resultados del procesamiento estadístico revelaron que la muestra no seguía una distribución normal lo que evidenció variabilidad en el contenido de tartrazina entre las marcas analizadas. Una de las marcas analizadas superó los límites permisibles de tartrazina, evidenciando la necesidad de fortalecer el control de aditivos en bebidas.

Palabras clave.

Tartrazina, Espectrofotometría UV-Visible, Bebidas saborizadas, Colorantes alimentarios

Abstract.

Tartrazine (E-102) is a synthetic colorant widely used in flavored beverages to improve their appearance. Its use must be controlled due to potential adverse effects associated with excessive consumption. The objective was to quantify the presence of tartrazine. (E-102) in orange-flavored non-carbonated soft drinks marketed in supermarkets in Guayaquil and to evaluate compliance with internationally established permissible limits. The applied experimental study, with a quantitative approach. Twelve samples of orange-flavored non-carbonated soft drinks from three commercial brands were collected through stratified sampling in supermarkets in Guayaquil. Tartrazine quantification was performed using UV–Visible spectrophotometry at 427 nm. A calibration curve was prepared using standard solutions, and the method was validated by quantifying its precision, accuracy, repeatability, and linearity. The average tartrazine concentrations obtained were 134.85 mg/L A, 99.45 mg/L B, and 54.61 mg/L C, by beverage brand, respectively. The results showed that samples corresponding to brand A exceeded the maximum limit of 100 mg/L established by international organizations. In brand B, values close to the regulatory limit were analyzed, whereas brand C showed concentrations considerably lower than the permitted value. After subjecting the findings to the Shapiro–Wilk test, data obtained from the statistical analysis, revealing variability in tartrazine content among the analyzed brands. One of the analyzed brands exceeded the permissible limits of tartrazine, highlighting the need to strengthen the control of additives in beverages.

Keywords.

Tartrazine, UV–Visible spectrophotometry, Flavored Beverages, Food Colorants.

1. Introducción

La creciente demanda de por parte de los consumidores a productos visiblemente más atractivos, se han desarrollado colorantes alimentarios sintéticos para su uso en la producción de alimentos, con el fin de mejorar ciertas sintético Tartrazina es ampliamente utilizado en la industria alimentaria para mejorar visualmente el

producto, en el caso de las bebidas sabor a naranja se lo utiliza para darle el color amarillo característico del zumo de naranja, para lograr la atención al consumidor, [1] por lo tanto, todo producto alimentario debe mencionar en el etiquetado que contiene sustancias artificiales como es la Tartrazina, debido a que existen estudios donde este aditivo puede causar complicaciones en un bajo número de personas que sufren enfermedades como el asma [2] y

¹ Universidad de Guayaquil/ stefanie.bonillab@ug.edu.ec ; <https://orcid.org/0000-0002-9391-3698>, Guayaquil, Ecuador.

² Universidad de Guayaquil / carlos.valdiviezo@ug.edu.ec ; <https://orcid.org/0000-0002-6550-9751>, Guayaquil, Ecuador.

³ Escuela Superior Politécnica del Litoral/ luisrome@espol.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-2417-4836>, Guayaquil, Ecuador.

⁴ Escuela Superior Politécnica del Litoral/ mrgrendon@espol.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0004-4390-8294> , Guayaquil, Ecuador.

trastornos de déficit de atención, este último con más probabilidad en niños, muchos países no permiten el uso de este colorante y otros lo controlan de manera más rigurosa. La tartrazina pertenece a los colorantes que suscitan gran preocupación en cuanto a la seguridad del consumidor a bajas dosis relevantes para la exposición humana en la vida real. La literatura científica sigue creciendo tras la reevaluación de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) en 2009 y del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) en 2016. [3] Los aditivos alimentarios, elementos indispensables en las dietas modernas, son ampliamente utilizados en restaurantes para alinearse a las exigencias del mercado consumidor y mejorando su experiencia gastronómica. Sin embargo, los posibles riesgos asociados con su consumo excesivo o prolongado no pueden pasarse por alto. [4] El Codex Alimentarius define los aditivos alimentarios como aquella sustancia que se incorpora deliberadamente a los productos alimenticios con el fin de cumplir funciones técnicas específicas (incluido el organoléptico) en la manufactura, procesamiento, tratamiento, envasado, almacenamiento o transporte de aquel alimento resulta, o puede esperarse que resulte, en que ella o sus derivados se conviertan en un parte del alimento o influyan de otra manera en las propiedades de dichos alimentos. Sin embargo, [5] destacaron que la definición dada por el Codex Alimentarius no incluye el término contaminantes o sustancias añadidas a los alimentos para mantener o mejorar las cualidades nutricionales. De acuerdo con algunos estudios, existían varios aditivos alimentarios que se habían utilizado antiguamente, pero que ya no son autorizados debido a la evidencia encontrada de sus efectos secundarios, una alta frecuencia de posibles incidentes de salud, así como una toxicidad a mediano y largo plazo. También es importante señalar que, aparte de los colorantes alimentarios sintéticos, ciertos aditivos comerciales de origen vegetal o animal también han sido suspendidos. [6] La clasificación de los colorantes de origen natural puede resultar muy compleja debido a la amplia variedad de propiedades intrínsecas de las sustancias colorantes. Estos pueden provenir de diversas fuentes naturales y, por lo tanto, presentan una amplia gama de composiciones químicas que afectan de manera diferente a sus propiedades, solubilidad y estabilidad, y pueden tener distintos orígenes, ya sean vegetales o animales. [7]

Las causas por la que se cuantifica este colorante son por el alto consumo per cápita de bebidas saborizadas en el Ecuador, ocupando el tercer puesto detrás de las bebidas gaseosas y el agua embotellada, así mismo, dentro de las bebidas azucaradas con el 83% en el comercio de tiendas y supermercados de la ciudad de Guayaquil, además por el poco control que existe de las entidades nacionales en el uso del colorante, ya que en la categoría de esta bebida no existe un límite máximo de la concentración del colorante estipulado por la normativa INEN, quien es la normativa

nacional en controlar el uso de los aditivos en alimentos. [8].

Debido a la preocupación por estos posibles efectos en la salud, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) han establecido en el Codex Alimentarius estándares internacionalmente reconocidos sobre los niveles máximos permitidos de este colorante según el tipo de alimento o bebida. [9] Además, desde un punto de vista regulatorio, existe una creciente atención e interés en la evaluación de riesgos de estos colorantes utilizados en productos alimenticios (es decir, colorantes azoicos). En el caso de los colorantes azoicos, un factor limitante para su uso es su potencial carcinogenicidad, que se produce tras su reducción a metabolitos carcinógenos en el intestino. [10]

En investigaciones recientes existe consenso en que los colorantes alimentarios sintéticos tienen diversos impactos en los consumidores, especialmente en la población pediátrica, debido a su influencia en el atractivo sensorial, lo que puede fomentar la preferencia por ciertos alimentos. Los resultados revelaron que estos aditivos colorantes están directamente relacionados con una serie de problemas de salud, con un mayor impacto en los niños. [11]

En algunos estudios se realiza la identificación y cuantificación de colorantes en diferentes bebidas de consumo masivo, utilizando métodos como cromatografía en capa fina y otra espectrofotometría visible de manera confiable para determinar que cumplan límites permisibles establecidos en la normativa. [12] Se han desarrollado y aplicado diversos métodos dependientes de la matriz para determinar los colorantes alimentarios, empleando diferentes técnicas analíticas junto con protocolos de preparación de muestras adecuados. Las principales técnicas utilizadas para su determinación son la cromatografía con detectores espectrofotométricos y la espectrofotometría, mientras que los procedimientos de preparación de muestras dependen en gran medida de la matriz alimentaria. [13] En tecnología de alimentos, los colorantes alimentarios, de diferente procedencia son sustancias químicas que se incorporan a las matrices alimentarias para mantener o realzar las características organolépticas del producto, que pueden verse afectadas o pérdidas durante el proceso o el almacenamiento, y para conservar el color deseado. La clasificación más común y ampliamente utilizada se basa en la distinción entre aditivos colorantes solubles e insolubles (colorantes o pigmentos), que a su vez pueden categorizarse como naturales o sintéticos. [14]

En los últimos años, la investigación sobre la detección y cuantificación de colorantes alimentarios sintéticos ha evolucionado hacia el tratamiento de técnicas sensibles analíticas, selectivas y sostenibles. Estudios recientes en

revistas de alto impacto han reportado el uso de métodos avanzados como sensores electroquímicos basados en nanomateriales, espectroscopía acoplada a sistemas inteligentes y cromatografía líquida de alta resolución con detectores mejorados, los cuales permiten la detección de tartrazina a niveles traza con alta precisión y menor tiempo de análisis. Por ejemplo, investigaciones recientes han demostrado que los sensores electroquímicos modificados con nanopartículas presentan límites de detección significativamente más bajos en comparación con métodos convencionales [15] mientras que técnicas como UHPLC acopladas a detectores espectrofotométricos continúan siendo el estándar para validación analítica en matrices complejas [16]. Asimismo, se ha evidenciado un creciente interés en metodologías más sostenibles y de bajo costo, como la espectrofotometría UV-Visible optimizada, que sigue siendo ampliamente utilizada en contextos donde se requiere accesibilidad sin comprometer la confiabilidad analítica. Estas tendencias reflejan la necesidad de equilibrar precisión, costo y aplicabilidad en el monitoreo de aditivos alimentarios en productos de consumo masivo.

Es evidente que el análisis de trazas de colorantes alimentarios es esencial con la aplicación de las técnicas analíticas adecuadas, con alta especificidad y selectividad. Varios estudios han informado que existe un creciente interés en el monitoreo de la concentración de colorantes alimentarios sintéticos en diversos productos. [17] Por lo que, esta investigación presenta como objetivo determinar la concentración de Tartrazina (E-102) o llamado también Amarillo No. 5 en bebidas sabor a naranja no carbonatadas refrescante mediante UV-VIS. espectrofotometría UV-VIS.

1.1. Aditivos alimentarios

Estos aditivos se incorporan para mejorar la apariencia y conservación del producto. Aunque algunos aporten nutrientes, su función principal es tecnológica y sensorial, anticipando la experiencia del consumidor sobre el valor nutricional.[18]

Su inclusión en el procesamiento como la producción y el transporte o almacenamiento busca estabilizar el producto. Estos aditivos refuerzan la conservación frente a factores ambientales o microbianos, evitando o retardando el deterioro y garantizando la inocuidad alimentaria. [19]

1.2. Colorantes

Desde el año 400 a. C., cuando los egipcios coloreaban el vino, el aspecto visual ha condicionado las decisiones alimentarias. Químicamente, esto ocurre gracias a dos grupos: el cromóforo, responsable del tono, y el auxocromo, que permite su fijación. Hasta el siglo XIX, se dependía únicamente de fuentes naturales para estimular esa sensación de deseo y frescura que el color contribuye a consumidores. [20]

1.3. Denominación “E” en Colorantes

Para abastecer el comercio de alimentos con aditivos, la Unión Europea implementó un sistema de códigos (letra E seguida de 3 o 4 dígitos). Estos números permiten equiparar el nombre químico y la función de cada sustancia, siendo obligatorio detallarlos en el etiquetado para garantizar la transparencia y diferenciar cada ingrediente de forma inequívoca. Por ejemplo: E1- colorante, E4- emulgentes, estabilizantes, espesantes y gelificantes, E3- antioxidantes, E2- conservantes [21]

1.4. Clasificación de los colorantes según su naturaleza

1.4.1. Colorantes Naturales

De procedencia de fuentes animales, vegetales o minerales, estos colorantes sobresalen por su inocuidad. Al carecer de restricciones sanitarias y no exigir certificaciones, se incluyen libremente en la elaboración de cosméticos, fármacos y alimentos, consolidándose como una opción segura y versátil en diversos sectores industriales frente a opciones sintéticas.. [22]

Durante procesos productivos del producto, la inestabilidad de los colorantes naturales podrían degradarse en presencia de altas temperaturas, almacenamiento inadecuado, esto conlleva a cambios en actividad de agua y su pH e, incluso a ser fotoensible. [23]

1.4.2. Colorantes Sintéticos

Conocidos como artificiales, los cuales se obtienen a partir de síntesis química. Estos colorantes fueron muy utilizados a inicios del siglo XIX, comenzando en el año de 1826 Mediante la descomposición del índigo, el investigador germano Unverdorben aisló por primera vez compuestos de anilina, marcando un hito en el estudio de este colorante. Es así como dio cabida para la fabricación de muchos colorantes artificiales. [24] Debido al bajo costo y mayor poder de tinción y brillo en los productos, los colorantes sintéticos sobresalen, sin embargo, en algunos estudios se ha reportado efectos perjudiciales en infantes afectando su conducta y generando déficit de atención e hiperactividad. Por lo que en algunos países europeos se ha restringido el uso de colorantes artificiales dando prioridad al uso de colorantes de origen natural, mientras que en otros ha sido regularizado determinando límites permisibles establecidos por la FDA [25]

1.5. Colorantes como aditivos alimentarios

La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) define a los colorantes y pigmentos como aquellos compuestos obtenidos mediante síntesis artificial o bien extraídos directamente de fuentes minerales, vegetales o animales. El rasgo esencial de estas sustancias es su capacidad intrínseca para transferir color a productos cosméticos, fármacos o alimentos, sin importar si su estructura química original experimentó modificaciones durante el proceso. [26]

1.6. Colorante sintético Tartrazina E-102

La tartrazina es un colorante sintético azoico de coloración amarilla limón empleado como pigmento alimentario (E102), también llamado como “Cl amarillo alimentario 4”. [27] Los colorantes alimentarios azoicos son sintéticos y provienen de aminas aromáticas, que contienen un grupo azo de dos átomos de nitrógeno unidos entre sí ($-N=N-$) y unificados a anillos aromáticos. [28]

La ingesta diaria promedio de tartrazina se estableció en 7,5 mg/kg [28]

1.7. Química del colorante Tartrazina

El amarillo N5 con masa es 534, 4 g/mol y su fórmula química $C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$, y Estructuralmente tiene un grupo azo ($-N=N-$), unidos mediante anillos aromáticos, por ello, la tartrazina se reconoce perteneciente de la familia de los colorantes azoicos. [29]

1.8. Toxicología del colorante Tartrazina

E-102 o amarillo E-5, es un colorante muy controversial desde otros estudios evidenciaron que podrían provocar, afecciones respiratorias, reacciones alérgicas hasta hiperactividad en niños, desde entonces, los límites máximos permisibles y la ingesta diaria la cual no afecte a la salud de las personas, fueron investigados en ratas de laboratorio y así mantener control en el uso de este aditivo alimentario y que sea reportado en la formulación y se demuestra en la etiqueta que contiene Tartrazina. [30]

1.9. Bebidas no carbonatadas

Aquella que en su composición no contiene dióxido de carbono, producidas a partir de agua potable que cumpla con los parámetros de inocuidad establecidos en las normas ecuatorianas, pudiendo contener azúcar como edulcorantes, saborizantes sintéticos o de origen natural. [31]

1.10. Normativa en bebidas no carbonatadas del colorante Tartrazina E-102

En Ecuador, la concentración del colorante Tartrazina en bebidas no carbonatadas o de acuerdo a la Normativa INEN 192 “Bebidas a base de agua aromatizadas sin gas, incluidos los ponches de fruta y las limonadas y bebidas similares”, no está establecido en la normativa, Únicamente se dispone de NTE INEN 2304 de “Refrescos o bebidas no carbonatadas. Requisitos”, no se encuentra una descripción de la concentración de tartrazina, solo indica que no debe superar los aditivos alimentarios establecidos por la normativa INEN 192, que no establece para este colorante los máximos límites permisibles. En otras bebidas semejantes, en la NTE INEN 1101 versión 2016 “Bebidas gaseosas o Carbonatadas. Requisitos”, si establece un máximo de 200mg/L de concentración de Tartrazina en su composición. El insuficiente control de las regulaciones nacionales en este tipo de bebidas conlleva a una problemática sin restricción al usar aditivos, ocasionando un posible riesgo a la salud de los usuarios. [32]

2. Materiales y métodos.

La investigación empleó como materiales principales bebidas refrescantes no carbonatadas sabor naranja de tres marcas comerciales, adquiridas en supermercados de distintos sectores de la ciudad de Guayaquil. Se utilizaron reactivos analíticos para la preparación de soluciones estándar de tartrazina (E-102), así como agua destilada y material de laboratorio convencional, incluyendo matraces aforados, pipetas volumétricas y celdas de cuarzo. El análisis instrumental se empleó mediante un espectrofotómetro UV-Visible, operado a 427 nm de longitud de onda, escogido específicamente por coincidir con el pico de absorbancia máxima en la detección del colorante.

La metodología fue de tipo experimental con enfoque cuantitativo. Se construyó a partir de soluciones patrón de tartrazina una curva de calibración, permitiendo establecer la relación entre la concentración y absorbancia. Las muestras fueron previamente preparadas y analizadas bajo condiciones controladas, registrando sus valores de absorbancia para determinar su concentración mediante interpolación en la curva. Adicionalmente, se evaluó el desempeño del método analítico mediante parámetros de linealidad, exactitud, precisión y repetibilidad. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadístico para verificar su comportamiento y variabilidad. El análisis y manejo de los datos experimentales se realizaron con el software Microsoft Excel, empleando herramientas estadísticas integradas para el cálculo de parámetros como desviación estándar, media, coeficiente de variación y análisis de regresión lineal. La reproducibilidad del método se evaluó a partir de mediciones repetidas en condiciones controladas, verificando la consistencia de los resultados mediante el análisis de la variabilidad intraensayo. Si bien Excel es una herramienta de uso general, su aplicación en este estudio resultó adecuada debido a la característica de los datos obtenidos y al tipo de análisis requerido, permitiendo obtener resultados confiables y comparables con los criterios establecidos en validación de métodos analíticos.

2.1. Materia prima

La materia prima analizada estuvo constituida por bebidas refrescantes no carbonatadas sabor naranja, correspondientes a tres marcas comerciales disponibles en locales comerciales de la ciudad de Guayaquil. Las muestras fueron seleccionadas considerando su alta disponibilidad y consumo en el mercado local, garantizando representatividad. Se adquirieron unidades en distintos establecimientos ubicados en zonas geográficas diferenciadas, con el fin de minimizar sesgos asociados a un único punto de venta. Los productos se encontraban en envases originales sellados, dentro de su fecha de caducidad y almacenados bajo condiciones comerciales habituales.

Las bebidas seleccionadas presentaron características fisicoquímicas similares en cuanto a coloración, transparencia y tipo de formulación, siendo matrices líquidas homogéneas aptas para análisis espectrofotométrico directo. La composición declarada en el etiquetado incluyó la presencia de tartrazina (E-102) como colorante artificial. Previo al análisis, las muestras fueron acondicionadas a temperatura ambiente y homogenizadas suavemente para asegurar la uniformidad del sistema. No se realizaron tratamientos complejos de preparación, dada la naturaleza líquida de la matriz, lo que permitió una adecuada reproducibilidad en las mediciones analíticas.

2.2. Elaboración de la solución Madre

- Se ajustó el patrón que contiene 99.0% a un 100% de pureza.
- El estándar de 10mg= 10.10mg que puede ser ajustada a un 100%. De pureza
- 10.10 mg peso de patrón de colorante tartrazina en la balanza analítica, y disuelta en un volumen de 100ml, con agua destilada se lleva a línea de aforo.
- Se mantiene a temperatura ambiente y protegida de la luz

2.3. Construcción de la curva de calibrado

- Partiendo de la solución madre, se prepararon 5 diluciones con diferentes concentraciones de 6, 12, 18, 24, 30 mg/L, en matraces volumétricos de 10ml llevando a volumen con agua destilada.
- Se calibra el espectrofotómetro a 427nm la cual corresponde al máximo de absorción del colorante en esa longitud de onda. Se leyeron las concentraciones de soluciones de manera ascendente, utilizando agua destilada como blanco.
- Mediante una gráfica de dispersión se relacionó la absorbancia vs concentración
- Se determinó la ecuación de la recta de la curva.

2.4. Verificación del método analítico mediante espectrofotometría UV-VISIBLE

2.4.1. Longitud de Onda seleccionada

Para el colorante Tartrazina en bebidas, de la longitud de Onda máxima se estableció en estudios anteriores, los mismos que establecen los 427nm, como la máxima longitud de onda. [33]

2.4.2. Especificidad

Estudio Efecto Matriz. El método empleado adicionando del estándar. Escogiendo una bebida no carbonatada y que abarque los posibles interferentes de la matriz y que no contenga el colorante que Tartrazina.

Una dilución 1:10 en un matraz volumétrico de 100ml a partir de la bebida seleccionada.

Se tomó las mismas alícuotas de la solución madre de tartrazina, que se usó para construir la curva de calibrado, y diluir a varias concentraciones de 6, 12, 18, 24 y 30

mg/L, en los llenando a volumen con la dilución 1:10 de la bebida escogida.

Se calibra el espectrofotómetro y se lee a 427nm de longitud de onda. Se leyeron las soluciones de manera ascendente la concentración, utilizando la dilución 1:10 como blanco de la bebida seleccionada.

Se determinó la ecuación de la recta de la curva. [34]

Estadísticamente se comparó la con la curva del efecto con la matriz de curva de calibrado del estándar por medio de la prueba T-student con la herramienta Análisis de Datos de Microsoft Excel para muestras relacionadas unilateral a la derecha

2.4.3. Exactitud.

De acuerdo con los siguientes pasos:

Con un matraz sin el analito de interés, se fortifica con el estándar de colorante de tartrazina a tres niveles de concentración. Siendo alto, medio y bajo en el orden de 6, 18 y 30 mg/L respectivamente.

Con los datos recopilado de la curva de calibrado se calculó el porcentaje de recuperación efectuada con la matriz fortificada.

La fiabilidad del método se verificó mediante el porcentaje de recuperación, evaluado bajo los criterios internacionales AOAC. Para este cálculo, se aplicó la relación matemática que permite contrastar la cantidad de analito recuperado frente al valor real añadido, garantizando así la exactitud del análisis:

$$\% \text{Recuperación} = \frac{\text{Valor obtenido } (\bar{x})}{\text{Valor real}} \times 100 \quad (1)$$

2.4.4. Precisión.

Se selecciona la precisión por dos parámetros: la precisión intermedia y la repetibilidad.

- **Repetibilidad:** Tomando lecturas por triplicado de las soluciones control se parte de 3 niveles de concentración, del estándar, con el mismo equipo, laboratorio y analista con un momento corto.
- **Precisión intermedia:** Partiendo de 1 nivel de concentración, se realizan lecturas por triplicado en 3 días, por el mismo laboratorio y equipo y por distintos analistas.
- **Calcular** a partir de los datos obtenidos de la precisión intermedia y repetibilidad con los parámetros estadísticos a continuación:

$$\% \text{CV} = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \quad (2)$$

X: Media

S: Desviación estándar.

% CV: coeficiente de variación

El método es más preciso mientras menor sea el %CV, por lo que, de acuerdo con el límite de aceptación de este parámetro debe ser menor al 2% [35]

2.4.5. Lectura de las muestras mediante Espectrofotómetro UV-VIS.

1. Las muestras e rotularon de acuerdo sector obtenido.
2. Se prepararon diluciones 1:10 en matraces volumétricos de 25ml enrasarse a volumen con agua destilada por cada bebida
3. Se realizó por triplicado, las lecturas fueron timadas, a 427nm de longitud de onda.
4. Se determinó en las muestras, la concentración de Tartrazina de la ecuación de la recta, y multiplicarlas por el Factor de dilución 1:10.

2.4.6. Análisis estadístico de las muestras.

1. Se aplicó SPSS Statistics
2. Prueba de Shapiro-Wilk para cada muestra se aplicó
3. Para cada muestra por marca de bebida se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk
4. Se determinó el análisis de regresión lineal y Correlación y para cada muestra por marca de bebida.

3. Resultados.

3.1. Construcción de la Curva de Calibrado

La curva de calibrado se basó en otros estudios con modificación del último punto de la curva.

Tabla 1. Absorbancia vs Concentración de Tartrazina

CONCENTRACIÓN DE TARTRAZINA mg/L	ABSORBANCIA (ABS)
6	0.2412
12	0.5131
18	0.7467
24	1.000
30	1.2195

Fuente: Bonilla, et al, 2026

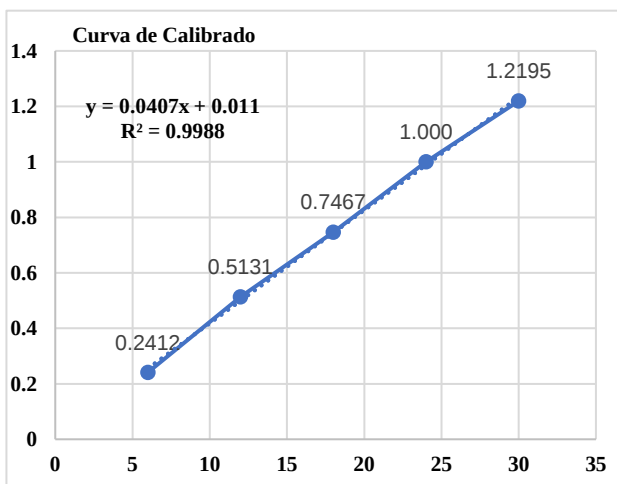


Figura 1. Curva de calibración para el estándar de tartrazina.

3.2. Comprobación de un método analítico mediante espectrofotómetro UV-VISIBLE

3.2.1. Especificidad

Estudio Efecto Matriz. Calculó de la especificidad del método, adicionando el Estándar a una matriz blanco.

Tabla 2. Concentración de tartrazina en matriz fortificada vs Absorbancia

Concentración de tartrazina mg/L	Absorbancia (abs)
6	0.2559
12	0.4981
18	0.7205
24	0.9760
30	1.2060

Fuente: Bonilla, et al, 2026

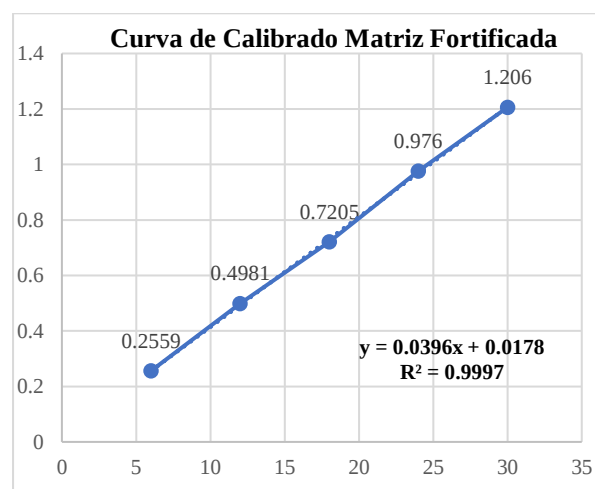


Figura 2. Curva de Calibrado de matriz fortificada

La evaluación de la especificidad del método mediante el estudio del efecto matriz se realizó a través de una curva de calibración en matriz fortificada, obteniéndose la relación lineal entre la concentración de tartrazina. Y la absorbancia. La ecuación de la recta ($y = 0.0396x + 0.0178$) presentó un elevado coeficiente de determinación ($R^2 = 0.9997$), esto evidencia la excelente correlación lineal en el rango de concentraciones analizado. Este comportamiento indica que la concentración del analito es directamente proporcional a la respuesta del método incluso en presencia de componentes propios de la matriz. Asimismo, la baja dispersión de los puntos experimentales respecto a la línea de regresión sugiere que no existe interferencia significativa de la matriz en la determinación de la tartrazina. El valor del intercepto cercano a cero (0.0178) confirma la mínima contribución de señales de fondo o posibles compuestos interferentes. En conjunto, estos resultados demuestran que el método es específico para la cuantificación de tartrazina en la matriz evaluada, garantizando que la señal analítica obtenida corresponde específicamente al analito de interés.

La selectividad del método se evaluó comparando las absorbancias de una curva de calibración pura y una matriz fortificada con las mismas dosis de tartrazina. Mediante una prueba T-student unilateral, se examinó si la matriz inducía un incremento significativo en la señal, garantizando así que los resultados obtenidos dependieran

exclusivamente del colorante y no de interferentes externos. Las hipótesis fueron evaluadas:

H_1 : Si existe diferencia significativa

H_0 : No existe diferencia significativa

Decisión: Si $t_{crítico} > t_r$ se admite la H_0 , puesto que, no existe diferencia significativa.

Tabla 3. Prueba T-student de Muestras relacionadas Unilateral

Prueba t-student	Abs. Curva estándar	Abs. Curva fortificada
Media	0.7441	0.7314
Varianza	0.1495	0.1415
Observaciones	5	5
Coefficiente de correlación de Pearson	0.9995	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t_r	1.7528	
P-valor una cola	0.0773	
Valor crítico de $t_{crítico}$ (una cola)	2.1318	

Fuente: Bonilla, et al, 2026

El valor de t_r es de 1.7528 y el valor $t_{crítico}$ es 2.1318, ya que $t_{crítico}$ mayor a t_r , debido a que, se admitió la Hipótesis nula (H_0). Por lo que, no se observa diferencia significativa en las medias de las absorbancias, y la matriz no influye en las lecturas en el espectrofotómetro de las absorbancias considerado un método específico.

3.2.2. Exactitud.

se demostró la exactitud del método por medio del porcentaje de recuperación de las matrices fortificadas. Las concentraciones analizadas se efectuaron por triplicado a tres niveles de concentración: alto, medio y bajo de las matrices fortificadas.

Tabla 4. Porcentaje de recuperación de matrices fortificadas.

Con c. Mg/l	Absorbancia			Prom.	Conc. Obtenida	% Recuperación
6	0.2432	0.2423	0.2423	0.2426	5.6768	94.6128
18	0.7405	0.7408	0.7414	0.7409	18.2601	101.4450
30	1.2018	1.2035	1.2024	1.2026	29.9184	99.7278

Fuente: Bonilla, et al, 2026

El estudio de recuperación evidenció un adecuado desempeño del método analítico en la matriz evaluada. Para los niveles de concentración de 6, 18 y 30 mg/L, se obtuvieron porcentajes de recuperación de 94.61%, 101.45% y 99.73%, respectivamente, valores que se encuentran dentro del rango aceptable para métodos espectrofotométricos. Asimismo, las concentraciones obtenidas (5.68, 18.26 y 29.92 mg/L) mostraron una alta concordancia con las concentraciones teóricas, lo que indica buena exactitud del método. La baja variabilidad entre las mediciones de absorbancia refleja una adecuada precisión. En conjunto, estos resultados demuestran que el

método es confiable para la cuantificación de tartrazina en la matriz analizada, sin evidenciar interferencias significativas que afecten su recuperación.

3.2.3. Precisión.

La cuantificación se valoró por el método de precisión Intermedia y Repetibilidad. Se estableció la precisión del método por Desviación Estándar (DS) y se admitió el criterio con el porcentaje del Coeficiente de variación (CV%).

3.2.3.1. Repetibilidad.

Las lecturas fueron realizadas por triplicado partiendo de tres niveles de concentración de las soluciones control del estándar, con el mismo laboratorio, equipo y analista en un periodo corto de tiempo.

Tabla 5. Repetibilidad a 3 niveles de concentración.

Conc. Mg/l	Absorbancia			Prom.	Ds	Cv%
6	0.2422	0.2369	0.2447	0.2413	0.0040	1.6508
18	0.7335	0.7458	0.7491	0.7428	0.0082	1.1068
30	1.2162	1.2262	1.2110	1.2178	0.0077	0.6344

Fuente: Bonilla, et al, 2026

El porcentaje del coeficiente de variación se localizan debajo del criterio de aceptación en los 3 niveles (bajo, medio y alto), el cual debe ser <2%, para el primer nivel es de 1.6508%, para el segundo nivel es de 1.1068% y por finalmente el tercer nivel es de 0.6344%.

3.2.3.2. Precisión Intermedia.

Se determinó partiendo desde el nivel más alto de concentración, en tres días las lecturas por triplicado, por el mismo laboratorio, equipo y diferentes analistas.

Tabla 6. Valoración de la Precisión Intermedia en el nivel más alto de concentración

Conc. mg/L	Absorbancia			Prom	Ds	Cv%
	Día 1	Día 2	Día 3			
30	1.2392	1.239	1.2162	1.2277	0.0118	0.9603
	1.2193	1.2199	1.2262			
	1.2434	1.2355	1.211			

Fuente: Bonilla, et al, 2026

En el nivel de concentración más alto, la desviación estándar es de 0.0118 y el coeficiente de variación es de 0.9603 %, con lo cual se acepta ya que debe ser <2%. Cumpliendo los dos parámetros se evidencia que el método es Preciso.

3.3. Determinación espectrofotométrica UV-VISIBLE de Tartrazina en Bebidas refrescantes no carbonatadas sabor a naranja.

Se rotuló cada muestra siguiendo los parámetros de recolección, el cual se asignan los códigos para las marcas respectivas, siendo A, B y C seguido de la primera letra del sector seleccionado, siendo N (Norte), S (Sur), O (OESTE) y E (ESTE), por último, enumeradas del 1 al 4 para distinguir del lote elegido. Para la determinación de la concentración de Tartrazina en las bebidas no

carbonatadas refrescantes con sabor a naranja, empleando la ecuación de la recta dispuesta por la curva de calibrado y la respuesta fue multiplicada por el Factor de dilución (FD), como se indica a continuación:

$$y = mx + b \quad (3)$$

Ejemplo: En la muestra con el código “AN1” se analizó de la siguiente manera:

$$0.5712 = 0.0407x + 0.0110 \quad (4)$$

$$x = \frac{0.5712 - 0.0110}{0.0407} * 10 \quad (5)$$

$$x = 137.6413 \text{ mg/L} \quad (6)$$

Tabla 7. Concentraciones de Tartrazina en muestras de Bebidas refrescantes no carbonatadas.

Código	Tartrazina mg/L	Código	Tartrazina mg/L	Código	Tartrazina mg/L
AN1	137.6413	BN1	96.6585	CN1	55.6020
AN2	133.8329	BN2	96.5111	CN2	55.0614
AN3	136.6830	BN3	93.8329	CN3	55.2334
AS1	138.8206	BS1	99.8034	CS1	57.9361
AS2	139.2875	BS2	99.6069	CS2	58.4275
AS3	138.9926	BS3	99.5577	CS3	57.6904
AE1	133.0958	BE1	100.0491	CE1	52.2359
AE2	132.7273	BE2	99.4103	CE2	51.0319
AE3	132.3833	BE3	98.9189	CE3	50.8600
AO1	132.5799	BO1	103.5872	CO1	54.1523
AO2	131.9410	BO2	103.2678	CO2	53.6118
AO3	130.1794	BO3	102.1450	CO3	53.4398
Prom.	134.8471	Prom.	99.4457	Prom.	54.6069
DS	3.2178	DS	2.8242	DS	2.5545
CV%	2.2938 %	CV%	2.8399 %	CV%	4.6779 %

Fuente: Bonilla, et al, 2026

El estudio demostró contrastes críticos entre las marcas analizadas. La marca “A” sobrepasa sistemáticamente el límite de 100 mg/L estipulado por la FAO y las normativas de Colombia y México, cumpliendo únicamente con la legislación salvadoreña, que es menos restrictiva. Por otro lado, la marca “B” presenta una conformidad irregular, excediendo los topes internacionales solo en sus primeras tres muestras (BO1-BO3). En contraste, la marca “C” destacó como el único producto que respeta los estándares globales en la totalidad de sus muestras, garantizando un uso responsable de la tartrazina y el cumplimiento de las especificaciones de seguridad alimentaria.

3.4. Análisis Estadísticos de las Bebidas refrescantes no carbonatadas sabor a naranja.

3.4.1. Shapiro - Wilk.

Se analizó estadísticamente con el SPSS Statistics para comprobar si la variable (Concentración de Tartrazina) se ajusta a una distribución normal, los criterios de aceptación para la hipótesis son las siguientes:

H_i: Las muestras no tienen normal distribución. (Datos No paramétricos)

H₀: Las muestras tienen normal distribución (Datos Paramétricos)

Tabla 8. Test de normalidad “Shapiro-Wilk”

1. Hipótesis	H ₀ : la variable “tartrazina” proviene de una población normal H _i : la variable “tartrazina” no proviene de una población normal
2. Significancia	$\alpha = 5\% - 0.05$
3. Valor calculado	0.846
4. P - valor	$p = < 0.001$
5. Decisión	Si $p > \alpha$ acepto mi H ₀ , de lo contrario se acepta H _i $0.001 < 0.05$, debido que, se rechaza la H ₀
6. Conclusión	La variable “Tartrazina” no proviene de una población normal, por lo que los datos son No paramétricos.

Fuente: Bonilla, et al, 2026

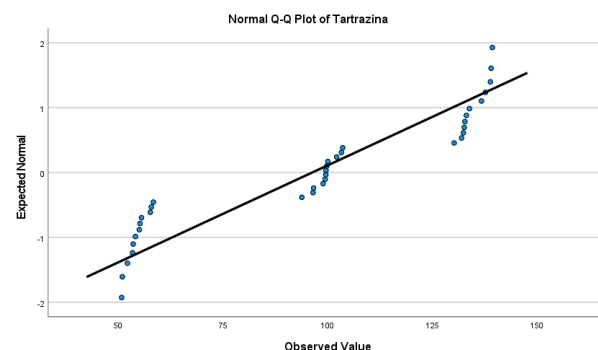


Figura 3. Normalidad de tartrazina

La figura 3, indica gráfico Q-Q normal de la tartrazina muestra la comparación entre los valores esperados y los valores observados bajo una distribución normal. Se observa que casi todos los puntos se alinean próximos a la línea de referencia, lo que sugiere una tendencia general hacia la normalidad de los datos. Sin embargo, se evidencian ligeras desviaciones en los extremos, particularmente en los valores más bajos y más altos, indicando posibles asimetrías o presencia de variabilidad en los datos. En conjunto, aunque los datos presentan cierto ajuste a la distribución normal, estas desviaciones justifican que la normalidad no se cumpla completamente, lo cual es consistente con los datos obtenidos mediante la prueba de Shapiro-Wilk.

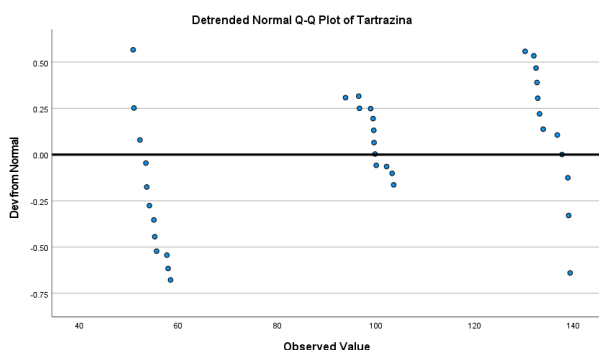


Figura 4. Normalidad sin tendencia de tartrazina

La figura 4, indica la gráfica Q-Q normal con detrend complementa la interpretación de la figura 3 Q-Q anterior al mostrar las desviaciones de los datos respecto a la distribución normal en función de la línea base (cero). En este caso, se aprecia que los puntos no se distribuyen aleatoriamente alrededor de la línea horizontal, sino que presentan patrones sistemáticos: valores negativos agrupados en el extremo inferior y positivos en el extremo superior. Este comportamiento confirma una presencia de desviaciones de la normalidad, evidenciando asimetría en la distribución de los datos. En concordancia con el gráfico Q-Q previo, donde ya se apreciaban ligeras separaciones de la recta en los extremos, el gráfico detrend refuerza que dichas desviaciones no son aleatorias sino estructurales. Por tanto, ambos gráficos respaldan el resultado de la Shapiro-Wilk test, indicando que la data no llevan una distribución normal y presentan variabilidad asociada a las diferencias entre concentraciones de las muestras analizadas.

3.5. Análisis Estadístico en cada marca de Bebida refrescante sabor a naranja no carbonatada.

Mediante SPSS Statistics, se analizó estadísticamente los resultados obtenidos de cada marca de las bebidas independientemente, por medio de la prueba de Shapiro-Wilk, se determinó si los datos son no paramétricos o paramétricos y utilizar un análisis adecuado de Correlación entre las dos variables (Dependiente: Absorbancia y Independiente: colorante Tartrazina), evidenciando el grado de varianza o relación que se encuentre entre las muestras culminando con el análisis de regresión lineal para pronosticar el valor de una variable a partir de otra.

3.5.1. Análisis estadístico: Bebida refrescante Marca “A”

3.5.1.1. Shapiro-Wilk.

Criterios para la admisión de la hipótesis:

H_0 : Las muestras tienen una normal distribución. (Datos Paramétricos)

H_1 : Las muestras no tienen una normal distribución. (Datos No paramétricos)

Tabla 9. Prueba de normalidad “Shapiro-Wilk” para la bebida marca “A”

1. Hipótesis	H_0 : la variable “tartrazina” proviene de una población normal
--------------	---

	H_1 : la variable “tartrazina” no proviene de una población normal
2. Significancia	$\alpha = 5\% - 0.05$
3. Valor calculado	0.884
4. P - valor	$p = .098$
5. Decisión	Si $p > \alpha$ acepto mi H_0 , en caso contrario se acepta H_1 $0.098 > 0.05$, por lo que, se admite la H_0 .
6. Conclusión	La variable “Tartrazina” en la Marca “A” de bebida refrescante proviene de una población normal, por lo tanto, los datos son Paramétricos.

Fuente: Bonilla, et al, 2026

3.5.1.2. Correlación lineal.

La bebida con marca “A” corresponden a datos paramétricos (se ajustan a una normalidad), por lo que, se hizo un análisis de Correlación de Pearson

Tabla 10. Correlación de las bebidas con marca “A”

Correlación			
		Abs	Tartrazina
Abs	Pearson Correlación	1	0.997**
	Sig. (1-cola)		<0.001
	N	12	12
Tartrazina	Pearson Correlación	0.997**	1
	Sig. (1-cola)	<0.001	
	N	12	12

** . La Correlación es significativa en el nivel 0.01 (1-cola).

Fuente: Bonilla, et al, 2026

Se observa una correlación positiva entre las dos variables mayor a 0 y cercana a 1, siendo de 0.997, por lo que, se encuentra un alto grado de relación entre las mismas.

3.5.2. Análisis estadístico: Bebida refrescante Marca “B”

3.5.2.1. Shapiro-Wilk.

Criterios para la aceptación de la hipótesis:

H_0 : Las muestras siguen una normal distribución. (Datos Paramétricos)

H_1 : Las muestras no tienden a una normal distribución (Datos No paramétricos)

Tabla 11. Test de normalidad “Shapiro-Wilk” para la bebida refrescante marca “B”

1. Hipótesis	H_0 : la variable “tartrazina” proviene de una población normal H_1 : la variable “tartrazina” no proviene de una población normal
2. Significancia	$\alpha = 5\% - 0.05$
3. Valor calculado	0.942
4. P - valor	$p = .524$
5. Decisión	Si $p > \alpha$ acepto mi H_0 , caso contrario se acepta H_1 $0.524 > 0.05$, por lo tanto, se acepta la H_0 .
6. Conclusión	La variable “Tartrazina” en la Marca “B” bebida refrescante proviene de una población normal, por lo tanto, los datos son Paramétricos.

Fuente: Bonilla, et al, 2026

3.5.2.2. Correlación Lineal.

La bebida refrescante marca “B” son datos paramétricos se ajusta a una normalidad), por lo que, se realizó un análisis de Correlación de Pearson.

Tabla 12. Correlación de las bebidas refrescantes marca “B”

Correlación			
		Abs	Tartrazina
Abs	Pearson Correlación	1	0.996**
	Sig. (1-cola)		<0.001
	N	12	12
Tartrazina	Pearson Correlación	0.996**	1
	Sig. (1-cola)	<0.001	
	N	12	12

** . La Correlación es significativa en el nivel 0.01 (1-cola).

Fuente: Bonilla, et al, 2026

Entre las dos variables se demuestra una correlación positiva cercana a 1 y mayor a 0, con un valor de 0.996, puesto que se establece un grado alto de relación entre las muestras.

3.5.3. Análisis estadístico: Bebida refrescante Marca “C”

3.5.3.1. Shapiro-Wilk.

Criterios para la aceptación de la hipótesis:

H₀: Las muestras tienden a una normal distribución. (Datos Paramétricos)

H₁: Las muestras no siguen una normal distribución. (Datos No paramétricos)

Tabla13. Test de normalidad “Shapiro-Wilk” para la bebida refrescante marca “C”

1. Hipótesis	H ₀ : la variable “tartrazina” proviene de una población normal H ₁ : la variable “tartrazina” no proviene de una población normal
2. Significancia	$\alpha = 5\% - 0.05$
3. Valor calculado	0.945
4. P - valor	p= .576
5. Decisión	Si $p > \alpha$ admite mi H ₀ , de lo contrario se acepta H ₁ 0.098 > 0.05, por lo que, se acepta la H ₀
6. Conclusión	La variable “Tartrazina” en la Marca “C” de bebida proviene de una población normal, por lo tanto, los datos son Paramétricos.

Fuente: Bonilla, et al, 2026

3.5.3.2. Correlación lineal.

La marca “C” de bebida son datos paramétricos (siguen una normalidad), por lo que, se realizó un análisis de Correlación de Pearson.

Tabla 14. Correlación de las bebidas con marca “C”

Correlación			
		Abs	Tartrazina
Abs	Pearson Correlación	1	1.000**
	Sig. (1-cola)		<0.001
	N	12	12

Tartrazina	Pearson Correlación	1.000**	1
	Sig. (1-cola)	<0.001	
	N	12	12

** . La Correlación es significativa en el nivel 0.01 (1-cola).

Fuente: Bonilla, et al, 2026

Se evidencia entre las dos variables una correlación positiva perfecta siendo 1.000, por lo que, se determina un grado perfecto de relación entre las muestras.

4. Discusión

Los resultados alcanzados evidenciaron una variabilidad significativa en el contenido de tartrazina entre las marcas analizadas, destacándose que una de ellas rebasó el máximo límite permisible de 100 mg/L. Este hallazgo refiere posibles deficiencias en el control de calidad durante la formulación industrial, lo cual representa un riesgo potencial para el consumidor. Estudios recientes han reportado que los colorantes azoicos, como la tartrazina, siguen siendo ampliamente utilizados debido a su estabilidad y bajo costo, aunque su dosificación inadecuada puede generar incumplimientos normativos. [15]

Desde el punto de vista analítico, el método espectrofotométrico UV-Visible empleado demostró alta confiabilidad, evidenciada por la excelente linealidad ($R^2 = 0.9997$) y adecuados porcentajes de recuperación. Estos resultados concuerdan con investigaciones recientes que recalcan la utilidad de métodos ópticos accesibles y de bajo costo para la cuantificación de colorantes en alimentos, los cuales pueden alcanzar coeficientes de correlación superiores a 0.99 y ser comparables a técnicas más complejas como HPL [36]

En relación con el análisis estadístico, la no normalidad de los datos sugiere una distribución heterogénea del contenido de tartrazina entre muestras comerciales. Esta variabilidad ha sido reportada en estudios recientes, donde se indica que las diferencias en formulación, procesos industriales y control de calidad influyen directamente en la concentración final de colorantes en alimentos [16]. Además, estos resultados refuerzan la necesidad de aplicar herramientas estadísticas adecuadas para interpretar datos reales en matrices alimentarias.

Al comparar con la literatura actual, se observa que la presencia de concentraciones cercanas o superiores a los límites regulatorios no es un caso aislado. [37] Diversos estudios han señalado preocupaciones sobre la seguridad de la tartrazina, incluyendo posibles efectos toxicológicos asociados a su consumo prolongado, lo que ha motivado revisiones científicas recientes enfocadas en sus efectos biológicos y riesgos potenciales. [38]

Finalmente, los resultados del presente estudio se alinean con una tendencia creciente en la investigación: el desarrollo de métodos más sensibles, sostenibles y rápidos

para la detección de colorantes alimentarios, incluyendo sensores fluorescentes y técnicas electroquímicas avanzadas. [39] Asimismo, existe un interés creciente en la sustitución de colorantes sintéticos por alternativas naturales, impulsado por la demanda del consumidor y regulaciones más estrictas. En este contexto, se resalta la importancia de fortalecer los sistemas de monitoreo y control para garantizar la inocuidad alimentaria.

5.- Conclusiones

Un protocolo de muestreo fue establecido en la ciudad de Guayaquil, seleccionando uno de los locales comerciales de mayor concurrencia, con el propósito de garantizar la representatividad de las bebidas no carbonatadas, refrescantes sabor naranja disponibles en el mercado local. Se aplicó un muestreo estratificado aleatorio, el cual permitió obtener muestras representativas de distintas marcas comerciales, optimizando la eficiencia y validez del proceso de recolección de datos en función del objetivo planteado.

La cuantificación de tartrazina (E-102) mediante espectrofotometría UV-Visible demostró que el método analítico empleado es adecuado, confiable y reproducible para este tipo de matriz. Se obtuvo una excelente linealidad ($R^2 > 0.99$), confirmando la proporcionalidad entre absorbancia y concentración. La especificidad fue verificada mediante el estudio del efecto matriz, evidenciando la ausencia de interferencias significativas de los componentes de la bebida. Asimismo, la exactitud presentó porcentajes de recuperación entre 94% y 101%, dentro de los rangos aceptados por la AOAC, y la precisión, evaluada en términos de repetibilidad y precisión intermedia, mostró coeficientes de variación inferiores al 2%. No obstante, la variabilidad observada entre marcas, reflejada en desviaciones estándar elevadas, sugiere posibles efectos asociados a la estabilidad del colorante, influenciada por factores como tiempo de almacenamiento, exposición a la luz y condiciones de procesamiento industrial.

En relación con el objetivo del estudio, se encontró que una de las tres marcas analizadas (Marca A) presentó concentraciones de tartrazina superiores al máximo límite permisible de 100 mg/L estipulado por normativas internacionales (FAO y regulaciones de países como Colombia y México). Este hallazgo evidencia un incumplimiento potencial de estándares de inocuidad alimentaria, lo que resalta la necesidad de robustecer los métodos de control y regulación en el contexto ecuatoriano, donde actualmente no se dispone de normativas específicas para este aditivo en bebidas. En este sentido, el estudio aporta evidencia científica relevante que contribuye al conocimiento sobre la presencia y variabilidad de colorantes artificiales en bebidas comercializadas, y constituye un punto de partida para otros estudios y el desarrollo de políticas públicas

orientadas a la protección del consumidor y al control de aditivos alimentarios.

6.- Author Contributions (Contributor Roles Taxonomy (CRediT))

1. Conceptualización: Carlos Valdiviezo.
2. Curación de datos: Stefanie Bonilla.
3. Análisis formal: Stefanie Bonilla.
4. Adquisición de fondos: No aplica.
5. Investigación: Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo
6. Metodología: Luis Romero, Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo, Michael Rendón.
7. Administración del proyecto: Stefanie Bonilla
8. Recursos: Carlos Valdiviezo, Michael Rendón.
9. Software: No aplica.
10. Supervisión: Carlos Valdiviezo
11. Validación: Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo
12. Visualización: Luis Romero, Michael Rendón.
13. Redacción - borrador original: Luis Romero, Stefanie Bonilla
14. Redacción - revisión y edición: Stefanie Bonilla, Carlos Valdiviezo, Luis Romero, Michael Rendón.

7.- Referencias.

- [1] L. Ulloa, F. Zavala y M. Sisniegas, «Efecto citotóxico de Tartrazina en el índice mitótico de células meristemáticas de *Allium cepa*.», *REBIOL.*, vol. 35, n° 1, pp. 43-48, 2015. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbciol/article/view/874>.
- [2] K. Rovina, S. Siddiquee y S. M. Shaarani, «A Review of Extraction and Analytical Methods for the Determination of Tartrazine (E 102) in Foodstuffs.», *PubMed*, vol. 47, n° 4, pp. 309-324, 2017. <https://doi.org/10.1080/10408347.2017.1287558>.
- [3] P. Amchova, F. Sisk y J. Ruda-Kucerova, «Seguridad de la tartrazina en la industria alimentaria y posibles factores de protección.», *Heliyon*, vol. 10, n° 18, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38111>.
- [4] B. Xia, M. R. Zainal Abidin, J. X. Wong, H. Dong y S. A. Karim, «Are Food Additives Utilized Judiciously? Novel Insights into Health Risks, Benefits, and Ethical Boundaries.», *Food reviews International*, vol. 42, n° 2, 2026. <https://doi.org/10.1080/87559129.2025.2496947>.
- [5] M. Carochio, P. Morales y I. C. Ferreira, «Natural food additives: Quo vadis?», *Trends in Food Science & Technology*, vol. 45, n° 2, pp. 284-295, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.007>.
- [6] N. Martins, C. Lobo Roriz, P. Morales, L. Barros y I. C. Ferreira, «Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices.», *Trends in Food Science & Technology*, vol. 52, pp. 1-15, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.009>.
- [7] G. T. Sigurdson, P. Tang y M. M. Giusti, «Gratis Colorantes naturales: Colorantes alimentarios de origen natural.», *Revista anual de ciencia y tecnología de los alimentos*, vol. 8, pp. 261-280, 2017. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216-025923>.
- [8] G. Tamayo y A. Valverde, «Repositorio Digital IAEN.», junio 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/4852>. [Último acceso: 2018-07-13T14:14:34Z].
- [9] R. Kobun, L. Acung y S. Siddiquee, «Extraction and Analytical Methods for Determination of Sunset Yellow (E110)—a Review.», *Food Anal. Methods*, vol. 10, n° 3, p. 773-787, 2017. DOI:10.1007/s12161-016-0645-9.

- [1] M. Oplowska-Stachowiak y C. T. Elliott, «Food colors: Existing and emerging food safety concerns», *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 57, n° 3, pp. 524-548, 2016. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.889652>.
- [1] Z. Birino de Oliveira, D. V. Silva da Costa, A. Quaresma da Silva
- [1] Júnior, A. de Lima Silva, R. C. Ferrer de Santana, I. C. Gonçalves Costa, S. Freitas de Sousa Ramos y G. Padilla, «Colorantes sintéticos en los alimentos: una advertencia para la salud infantil.», *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*, vol. 21, n° 6, p. 682, 2024. doi: 10.3390/ijerph21060682.
- [1] R. Rodríguez Espinoza, J. F. Rivero Méndez y J. L. Mendoza
- [2] Bobadilla, «Evaluación de colorantes sintéticos en bebidas comercializadas en la ciudad de Trujillo en el periodo 2018 - 2019.», *Revista de investigación científica y tecnológica*, vol. 2, n° 3, 2021. <https://orcid.org/0000-0002-8867-9331>.
- [1] K. Ntrallou, H. Gika y E. Tsochatzis, «Analytical and Sample
- [3] Preparation Techniques for the Determination of Food Colorants in Food Matrices.», *MDPI: foods*, vol. 9, n° 1, p. 58, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9010058>.
- [1] A. Aberoumand, «A Review Article on Edible Pigments Properties
- [4] and Sources as Natural Biocolorants in Foodstuff and Food Industry.», *World Journal of Dairy & Food Sciences*, vol. 6, n° 1, pp. 71-78, 2011. [https://idosi.org/wjdfs/wjdfs6\(1\)/11.pdf](https://idosi.org/wjdfs/wjdfs6(1)/11.pdf).
- [1] S. S. Chaudhari, P. O. Patil, S. B. Bari y Z. G. Kha, «A
- [5] comprehensive exploration of tartrazine detection in food products: Leveraging fluorescence nanomaterials and electrochemical sensors: Recent progress and future trends.», *Food Chemistry*, vol. 433, p. 137425, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137425>.
- [1] F. S. Tamer, T. Oymak y E. Dural, «Determination of seven
- [6] synthetic colourants in pharmaceuticals, foods, and beverages by a validated HPLC-PDA method: A risk assessment study.», *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 136, p. 106797, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106797>.
- [1] Y. Ni, Y. Wang y S. Kokot, «Simultaneous kinetic
- [7] spectrophotometric analysis of five synthetic food colorants with the aid of chemometrics.», *Talanta*, vol. 78, n° 2, pp. 432-441, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.11.035>.
- [1] Á. San Miguel Hernández, J. A. Garrote Adrados, Á. San Miguel
- [8] Rodríguez, R. M. Lobo Valentín, B. Martín Armentia, A. Armentia Medina y J. M. Rodríguez Valencia, «Hipersensibilidad alérgica a aditivos y enzimas alimentarios en biotecnología alimentaria.», *Fundación Dialnet*, vol. 112, n° 3, 2015. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5647948>.
- [1] G. Velázquez-Sámamo, R. Collado-Chagoya, R. A. Cruz-Pantoja,
- [9] A. A. Velasco-Medina y J. Rosales-Guevara, «Reacciones de hipersensibilidad a aditivos alimentarios.», *Revista alergia México*, vol. 66, n° 3, 2020. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.613>.
- [2] K. B. Ayala Pastaz, J. A. Pineda Insuasti, A. S. Duarte Trujillo, C.
- [0] P. Soto Arroyave y C. A. Pineda Soto, «Toxicidad de los colorantes sintéticos: de lo global al Ecuador.», *Revista Biorrefinería*, vol. 1, n° 1, 2018. <https://www.cebaecuador.org/wp-content/uploads/2021/03/Biorrefineri%C3%A1-1-40-48.pdf>.
- [2] R. Sánchez Juan, «LA QUÍMICA DEL COLOR EN LOS
- [1] ALIMENTOS.», *Revista Química Viva*, vol. 3, 2013. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>.
- [2] D. Marcano, Introducción a la Química de los Colorantes, Caracas,
- [2] Venezuela: olección Divulgación Científica y Tecnológica. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 2018. <https://acfiman.org/wp-content/uploads/2023/01/introduccion-a-la-quimica-de-los-colorantes.pdf>.
- [2] E. Stich y S. Fallah, «Food color and coloring food: quality,
- [3] differentiation and regulatory requirements.», de *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages (Second Edition)*, The Netherlands, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2024. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99608-2.00008-2>, pp. 3-31.
- [2] C. Valdiviezo, S. Bonilla y E. Puebla Campoverde,
- [4] «DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DE TARTRAZINA E-102 EN BEBIDAS NO CARBONATAS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL – ECUADOR.», de *Diálogo de Saberes Transdisciplinarios En Vinculación con el Bienestar Social de las Realidades del Siglo XXI*, Guayaquil, Ecuador., Escuela de Escritores, 2024. <file:///Users/stefaniebonilla/Downloads/LIBROFINAL3011.pdf>, pp. 9-30.
- [2] F. Alcaire, A. Giménez y G. Ares, «Additives in foods marketed to
- [5] children in Uruguay, an emerging Latin American country.», *Journal of Nutritional Science*, vol. 14, n° 6, pp. 1-18, 2024. DOI:10.1017/jns.2024.98.
- [2] J. L. Belmonte Vázquez, I. J. a. Arroyo Córdoba, M. A. Vázquez
- [6] Guevara, D. Cruz Cruz y E. Peña Cabrera, «Colorantes artificiales en alimentos Synthetic dyes in food stuff.», *REVISTA NATURALEZA Y TECNOLOGIA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO*, vol. 10., p. 25, 2016. <http://www.naturalezaytecnologia.com/index.php/nyt/article/view/204>.
- [2] P. E. y. d. Consejo, «Reglamento (UE) n° 231/2012.», *Diario*
- [7] *Oficial de la Unión Europea*, p. 295, 22 marzo 2012. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2012-80430>.
- [2] EFSA ANS Panel (EFSA Panel on Food Additives and N,
- [8] «Scientific Opinion on the re-evaluation of gold (E 175) as a food additive.», *EFSA JOURNAL*, vol. 14, n° 1, 2016. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4362>.
- [2] M. Restrepo Gallego, «Sustitución de colorantes en alimentos.»,
- [9] *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 4, n° 1, pp. 35-39, 2007. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69540106.pdf>.
- [3] I. Moutinho, L. Bertges y A. RVC, «Uso prolongado del colorante
- [0] alimentario tartrazina (FD&C amarillo n.º 5) y sus efectos sobre la mucosa gástrica de ratas Wistar.», *PubMed*, vol. 67, n° 1, pp. 141-5, 2007. DOI: 10.1590/s1519-69842007000100019.
- [3] E. O. Chávez Cruz y R. D. Torres Rivera, «Determinación de
- [1] amarillo N° 5 y N° 6 en bebidas no carbonatadas comercializadas en el Campus Central de la Universidad de El Salvador.», 1 8 2016. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.14492/1698>.
- [3] N. INEN, «Consejo Nacional de Competencias.», [En línea].
- [2] Available: <https://www.competencias.gov.ec/caja-de-herramientas-2/planificar-regular-y-controlar-el-transito-el-transporte-terrestre-y-seguridad-vial/normativa/normas-inen/>.
- [3] R. F. Rodríguez Espinoza, J. F. Rivero Méndez y J. L. Mendoza
- [3] Bobadilla, «evaluación de colorantes sintéticos en bebidas comercializadas en la ciudad de Trujillo en el periodo 2018 - 2019.», *Revista de Investigación científica y tecnológica*, vol. 2, n° 3, 2021. DOI:10.47422/ac.v2i3.46.
- [3] H. Zumbado, Análisis Instrumental de los alimentos, Editorial
- [4] Universitaria, 2021. https://www.researchgate.net/publication/348943895_Analisis_Instrumental_de_los_Alimentos, p. 68.
- [3] A. I. d. l. Alimentos, Espectrometría de absorción molecular
- [5] ultravioleta y visible, Cuba: Editorial Universitaria. Ministerio de Educación Superior. Cuba ISBN: 978-959-16-4542-5, 2021. https://www.researchgate.net/publication/348943895_Analisis_Instrumental_de_los_Alimentos.
- [3] S. F. Hosseini, T. Heidari, A. Zendeji-Shiraz y M. Ameri,
- [6] «Application of chemometrics based on digital image analysis for simultaneous determination of tartrazine and sunset yellow in food samples.», *Food Chemistry*, vol. 470, p. 142619, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142619>.
- [3] Amchova, F. Siska y J. Ruda-Kucerova, «Safety of tartrazine in
- [7] the food industry and potential protective factors.», *Heliyon*, vol. 10, n° 18, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38111>.
- [3] M. Visternicu, A. Săvucă, V. Rarinca, G. Plavan, C. Ionescu, A.
- [8] Ciobica y I. Miruna Balmus, «Toxicological Effects of Tartrazine Exposure: A Review of In Vitro and Animal Studies with Human

- Health Implications,» *Toxics*, vol. 13, n° 9, p. 771, 2025.
<https://doi.org/10.3390/toxics13090771>.
- [3] . S. Jabee, . S. Bano y S. Ahmed, «Electrochemical Determination
9] of Tartrazine and Carmoisine Dyes from Aqueous Solutions on
Modified Electrodes,» *Bentham Science*, vol. 21, n° 9, pp. 1320 -
1332 , 2025.
<https://doi.org/10.2174/0115734110329759240902065018>.
- [4] O. Valverde y G. Tamayo, Universidad de Posgrados del Estado,
0] junio 2018. [En línea]. Available:
<https://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/4852>. [Último acceso:
2018].
- [4] P. Amchova, H. Kotolova y J. Ruda-Kucerova, «Health safety
1] issues of synthetic food colorants,» *Regulatory Toxicology and
Pharmacology*, vol. 73, n° 3, pp. 914-922, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.09.026>.

Uso de la inteligencia artificial en microempresas comerciales de la Ciudad de Guayaquil.

The Use of Artificial Intelligence in Small Businesses in the City of Guayaquil.

Francisco Javier Duque-Aldaz ¹ * ; Jorge Meza-Clark ² ; Teresa Meza Clark ³ ; Leonardo Cuadrado-Sagñay ⁴ ; Edwin Haymacaña Moreno ⁵ ; Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu ⁶

Recibido: 28/04/2026 – Aceptado: 05/06/2026 – Publicado: 12/07/2026

Artículos de Investigación ☒

Artículos de Revisión ☐

Artículos de Ensayos ☐

* Autor para correspondencia.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Los autores conservan los derechos sobre sus artículos y pueden compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra, siempre que se reconozca la autoría, no se utilice con fines comerciales y se mantenga la misma licencia en obras derivadas.

Resumen.

La transformación digital ha impulsado la incorporación de tecnologías como la inteligencia artificial en el ámbito empresarial, generando nuevas oportunidades de mejora en la gestión y competitividad de las microempresas. El objetivo del estudio fue analizar la adopción de la inteligencia artificial en microempresas del sector comercial en la parroquia urbana Pedro Carbo Concepción, Guayaquil. Se empleó un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y diseño no experimental de corte transversal. La información se recolectó mediante encuestas aplicadas a 40 microempresarios, utilizando un cuestionario estructurado con escala Likert. Los datos fueron analizados mediante técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales, incluyendo el cálculo de fiabilidad con alfa de Cronbach y pruebas t para una muestra, complementadas con el análisis de dimensiones relacionadas con beneficios, eficiencia operativa, intención de adopción y barreras contextuales. Los resultados evidenciaron una percepción favorable hacia los beneficios de la inteligencia artificial y su impacto en la eficiencia operativa, lo que se reflejó en una disposición positiva hacia su adopción. Asimismo, se identificó que la intención de adopción se encuentra influenciada por la valoración de los beneficios y la optimización de procesos. Sin embargo, las barreras relacionadas con el contexto y el conocimiento no se manifestaron de manera uniforme, mostrando un efecto limitado en la percepción general. Se concluyó que la percepción de beneficios y eficiencia impulsa la adopción de la inteligencia artificial, sugiriendo la necesidad de fortalecer estrategias de capacitación y acceso tecnológico en microempresas.

Palabras clave.

Inteligencia Artificial, Microempresa, Sector Comercial, Ámbito Empresarial, Parroquia Urbana.

Abstract.

Digital transformation has driven the integration of technologies such as artificial intelligence (AI) in the business environment, creating new opportunities to enhance management efficiency and competitiveness in microenterprises. The objective of this study was to analyze the adoption of artificial intelligence in microenterprises within the commercial sector of the Pedro Carbo Concepción urban parish, Guayaquil. A quantitative, descriptive, and cross-sectional non-experimental design was applied. Data were collected through surveys administered to 40 microentrepreneurs using a structured Likert-scale questionnaire. Statistical analysis included descriptive and inferential techniques, such as Cronbach's alpha for reliability assessment and one-sample t-tests, complemented by the evaluation of dimensions related to perceived benefits, operational efficiency, adoption intention, and contextual barriers. The results indicated a favorable perception of the benefits of artificial intelligence and its impact on operational efficiency, which was reflected in a positive disposition toward its adoption. Additionally, adoption intention was found to be influenced by the perceived value of technological benefits and process optimization. However, contextual and knowledge-related barriers were not perceived consistently, showing a limited effect on overall perceptions. It was concluded that perceived benefits and operational efficiency significantly drive the adoption of artificial intelligence, highlighting the need to strengthen training and technological access strategies in microenterprises.

Keywords.

Artificial Intelligence, Microenterprise, Commercial Sector, Business Environment, Urban Parish.

1.- Introducción

La transformación digital se ha consolidado como uno de los principales motores de cambio en los sistemas productivos y organizacionales a nivel global, generando nuevas formas de gestión, interacción y creación de valor en las empresas. En este contexto, la incorporación de tecnologías emergentes, particularmente la inteligencia artificial (IA), ha permitido redefinir los procesos empresariales mediante el uso de algoritmos avanzados capaces de analizar datos, automatizar

tareas y apoyar la toma de decisiones. En efecto, la IA ha pasado de ser una tecnología experimental a constituirse en un componente estratégico en la competitividad empresarial, facilitando la optimización de recursos, la anticipación de tendencias y la mejora continua de los procesos operativos. Diversos estudios internacionales evidencian una creciente adopción de estas tecnologías en organizaciones de distintos tamaños, lo que refleja su relevancia en la economía digital contemporánea [1].

¹ Universidad de Guayaquil; francisco.duquea@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-9533-1635>; Guayaquil; Ecuador.

² Universidad de Guayaquil; jorge.mezacl@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-0512-8671>; Guayaquil; Ecuador.

³ Universidad de Guayaquil; teresa.mezacl@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-5955-6893>; Guayaquil; Ecuador.

⁴ Investigador Independiente; leonardocuadrado@gmail.com; Guayaquil; Ecuador.

⁵ Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología; erhaymacana@itb.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-8708-3894>; Guayaquil; Ecuador.

⁶ Universidad Técnica de Babahoyo; lzapata@utb.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0003-1497-2273>; Babahoyo; Ecuador.

...

En el ámbito de las economías emergentes, la transformación digital plantea tanto oportunidades como desafíos significativos. En América Latina, las micro, pequeñas y medianas empresas representan el núcleo del tejido productivo, aportando de manera sustancial al empleo y al desarrollo económico. Sin embargo, estas organizaciones enfrentan limitaciones estructurales que dificultan la incorporación de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, entre ellas el acceso restringido a financiamiento, la brecha de conocimiento tecnológico y la limitada infraestructura digital. A pesar de estas dificultades, la adopción de tecnologías digitales se perfila como una condición indispensable para mejorar la productividad, fortalecer la competitividad y garantizar la sostenibilidad empresarial en entornos cada vez más dinámicos. En este sentido, el análisis de la incorporación de la inteligencia artificial en este segmento empresarial constituye un tema de alta relevancia científica y práctica [2].

En el contexto específico de Ecuador, y particularmente en la ciudad de Guayaquil, las microempresas desempeñan un papel fundamental dentro del sistema económico local, siendo responsables de una proporción significativa de la actividad comercial y la generación de empleo. No obstante, su nivel de digitalización aún se encuentra en etapas incipientes, lo que limita su capacidad para aprovechar plenamente las ventajas que ofrecen las tecnologías emergentes. Aunque en los últimos años se han impulsado iniciativas orientadas a promover la innovación y el uso de herramientas digitales, persisten barreras relacionadas con el conocimiento, la accesibilidad y la percepción del valor de la inteligencia artificial. En consecuencia, surge la necesidad de comprender no solo el nivel de adopción de estas tecnologías, sino también los factores que influyen en su aceptación y uso dentro de las microempresas.

Desde una perspectiva científica y técnica, el problema central radica en la limitada comprensión de los determinantes que explican la adopción de la inteligencia artificial en microempresas del sector comercial, especialmente en contextos locales específicos como la parroquia urbana Pedro Carbo Concepción. Si bien la literatura ha abordado ampliamente la adopción tecnológica en grandes organizaciones, existe una brecha en el análisis de estos procesos en microempresas, donde las condiciones estructurales, culturales y económicas generan dinámicas particulares. En este sentido, resulta necesario desarrollar investigaciones que integren variables como los beneficios percibidos, la eficiencia operativa, la intención de adopción y las barreras contextuales, permitiendo construir una visión integral del fenómeno.

En respuesta a esta necesidad, el presente estudio tiene como objetivo analizar el uso de la inteligencia artificial en microempresas del sector comercial de la parroquia urbana Pedro Carbo Concepción, en la ciudad de Guayaquil, mediante un enfoque cuantitativo basado en la identificación de factores clave que inciden en su adopción. A través de un

estudio de campo, se busca establecer una línea base que permita comprender el nivel de conocimiento, percepción y disposición de los microempresarios frente a la inteligencia artificial, contribuyendo así al desarrollo de estrategias orientadas a la promoción de la transformación digital en este segmento empresarial. De esta manera, la investigación se posiciona como un aporte relevante al conocimiento interdisciplinario en las áreas de la ingeniería, la gestión empresarial y la innovación tecnológica.

1.1. Inteligencia artificial y su aplicación en el ámbito empresarial.

La inteligencia artificial se ha consolidado como una de las tecnologías más influyentes en la transformación digital contemporánea, al permitir que los sistemas informáticos simulen capacidades cognitivas propias del ser humano, tales como el aprendizaje, el razonamiento y la toma de decisiones. En términos generales, se entiende como el conjunto de técnicas y algoritmos diseñados para procesar grandes volúmenes de datos, identificar patrones y generar respuestas o predicciones de manera autónoma. Su evolución ha estado estrechamente vinculada al desarrollo de la informática, la estadística y la ciencia de datos, lo que ha permitido ampliar progresivamente sus aplicaciones en diversos sectores económicos y productivos [3].

En el ámbito empresarial, la inteligencia artificial ha adquirido una relevancia estratégica, al ofrecer herramientas que contribuyen a mejorar la eficiencia operativa, optimizar recursos y fortalecer la capacidad competitiva de las organizaciones. Su implementación se ha extendido a múltiples áreas, como la automatización de procesos, el análisis predictivo, la gestión de inventarios y la toma de decisiones basada en datos. Estas aplicaciones permiten a las empresas reducir errores, minimizar costos y acelerar procesos, facilitando una gestión más efectiva en entornos altamente dinámicos y competitivos. En este contexto, la inteligencia artificial no solo actúa como un soporte tecnológico, sino como un elemento clave en la redefinición de los modelos de negocio [4].

No obstante, la adopción de la inteligencia artificial en el entorno empresarial, especialmente en microempresas, presenta desafíos asociados al acceso a recursos tecnológicos, el nivel de conocimiento y la capacidad de adaptación organizacional. A pesar de los beneficios potenciales, muchas organizaciones aún se encuentran en etapas iniciales de incorporación de estas tecnologías, lo que evidencia la existencia de brechas en términos de formación y acceso. En consecuencia, el análisis de la inteligencia artificial en el contexto empresarial no solo implica comprender su funcionamiento y aplicaciones, sino también evaluar los factores que facilitan o limitan su adopción, así como su impacto en la sostenibilidad y el crecimiento de las empresas [5].

1.2. Modelos de adopción tecnológica.

Los modelos de adopción tecnológica constituyen un marco teórico fundamental para comprender los factores que

influyen en la aceptación y uso de nuevas tecnologías dentro de las organizaciones. Estas aproximaciones teóricas buscan explicar el comportamiento de los individuos frente a la incorporación de innovaciones, considerando variables cognitivas, actitudinales y contextuales. Entre los modelos más relevantes se encuentra el Technology Acceptance Model (TAM), propuesto por Davis, el cual plantea que la adopción de una tecnología depende principalmente de la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida. Estos factores determinan la actitud del usuario y, en consecuencia, su intención de uso, convirtiéndose en un referente ampliamente utilizado en estudios relacionados con la implementación de sistemas tecnológicos en contextos organizacionales [6].

Posteriormente, la evolución de estos modelos dio lugar a enfoques más integradores, como la Teoría Unificada de Aceptación y Uso de la Tecnología (UTAUT), desarrollada por Venkatesh y colaboradores. Este modelo amplía la perspectiva del TAM al incorporar nuevos elementos como la influencia social y las condiciones facilitadoras, reconociendo que la adopción tecnológica no depende únicamente de percepciones individuales, sino también del entorno en el que se desenvuelven los usuarios. En este sentido, la adopción de tecnologías como la inteligencia artificial en el ámbito empresarial se ve influenciada tanto por la percepción de beneficios como por factores estructurales, tales como el acceso a recursos, el nivel de capacitación y el apoyo organizacional [7].

En el contexto de las microempresas, los modelos de adopción tecnológica adquieren una relevancia particular, ya que permiten analizar las dinámicas que condicionan la incorporación de herramientas innovadoras en entornos con limitaciones de recursos. La aplicación de modelos como TAM y UTAUT facilita la identificación de factores clave que explican la intención de adopción, tales como la percepción de utilidad, la eficiencia operativa esperada y las barreras existentes. De esta manera, estos modelos no solo contribuyen a comprender el comportamiento de los usuarios, sino que también respaldan el diseño de estrategias orientadas a promover la adopción efectiva de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, en el sector empresarial [8].

1.3. Beneficios y eficiencia operativa de la IA.

La inteligencia artificial se ha consolidado como una herramienta clave para la generación de valor en el ámbito empresarial, principalmente por su capacidad para transformar datos en información útil para la toma de decisiones. Entre los beneficios más relevantes asociados a su implementación se encuentran la mejora de la competitividad, la reducción de errores y la optimización de recursos, aspectos que contribuyen directamente al fortalecimiento del desempeño organizacional. La capacidad de analizar grandes volúmenes de información en tiempo real permite a las empresas anticipar escenarios, identificar oportunidades y minimizar riesgos, lo que se traduce en

ventajas estratégicas sostenibles en entornos altamente dinámicos [9].

En relación con la eficiencia operativa, la inteligencia artificial desempeña un papel determinante al facilitar la automatización de procesos y la mejora continua de las operaciones internas. La incorporación de sistemas inteligentes permite reducir tiempos de ejecución, eliminar tareas repetitivas y aumentar la precisión en actividades clave como la gestión administrativa, la planificación de recursos y el control de inventarios. De esta manera, la inteligencia artificial no solo incrementa la productividad, sino que también libera tiempo para que los responsables empresariales puedan enfocarse en funciones estratégicas, favoreciendo una gestión más eficiente y orientada a resultados [10].

No obstante, el impacto de la inteligencia artificial en los beneficios empresariales y la eficiencia operativa no depende exclusivamente de la tecnología en sí, sino también de la capacidad de las organizaciones para integrarla adecuadamente en sus procesos. En el caso de las microempresas, este proceso puede verse condicionado por factores como el nivel de conocimiento, la disponibilidad de recursos y la disposición al cambio. Por ello, si bien la inteligencia artificial ofrece un alto potencial para optimizar la gestión y mejorar el rendimiento empresarial, su aprovechamiento efectivo requiere una adecuada articulación entre tecnología, competencias humanas y estrategias organizacionales [11].

1.4. Intención de adopción tecnológica.

La intención de adopción tecnológica se define como la disposición o voluntad de los individuos y organizaciones para incorporar y utilizar nuevas herramientas tecnológicas en sus actividades. Desde el enfoque de los modelos de aceptación tecnológica, esta intención constituye el principal antecedente del comportamiento real de uso, ya que refleja la decisión consciente de adoptar una innovación. En este sentido, la intención de adopción no surge de manera aislada, sino que está influenciada por factores cognitivos y actitudinales como la percepción de utilidad, la confianza en la tecnología y la valoración de los beneficios esperados [12].

En el contexto empresarial, la intención de adopción adquiere una relevancia estratégica, dado que determina la capacidad de las organizaciones para adaptarse a entornos dinámicos y altamente competitivos. En particular, la adopción de tecnologías como la inteligencia artificial implica no solo una decisión técnica, sino también un compromiso organizacional que involucra inversión, capacitación y cambio en los procesos de trabajo. Por ello, la predisposición a adoptar estas tecnologías suele estar asociada con la percepción de que su implementación generará mejoras sustanciales en la eficiencia, la toma de decisiones y la competitividad empresarial [13].

En el caso de las microempresas, la intención de adopción tecnológica se encuentra condicionada por diversos factores

estructurales y contextuales, tales como la disponibilidad de recursos, el nivel de conocimiento y la percepción de riesgo. A pesar de estas limitaciones, la evidencia sugiere que cuando los microempresarios reconocen el valor potencial de las tecnologías emergentes, se incrementa su disposición a invertir y capacitarse para su implementación. En consecuencia, la intención de adopción se configura como un elemento clave en el proceso de transformación digital, ya que representa el puente entre la percepción de beneficios y la incorporación efectiva de la tecnología en la gestión empresarial [14].

1.5. Barreras y contexto de adopción en microempresas.

La adopción de tecnologías como la inteligencia artificial en microempresas no se desarrolla en un entorno homogéneo, sino que está condicionada por un conjunto de factores estructurales que pueden facilitar o limitar su implementación. Entre las principales barreras se encuentran la falta de conocimiento técnico, la escasa capacitación en herramientas digitales y la limitada comprensión de los beneficios asociados a estas tecnologías. Estas limitaciones generan incertidumbre en los responsables de la toma de decisiones, lo que reduce la probabilidad de inversión en soluciones innovadoras y retrasa los procesos de transformación digital en este segmento empresarial [15].

En este contexto, el entorno en el que operan las microempresas juega un papel determinante en la adopción tecnológica. Factores como el acceso a infraestructura tecnológica, el nivel de conectividad, la disponibilidad de financiamiento y el apoyo institucional inciden directamente en la capacidad de las organizaciones para incorporar herramientas basadas en inteligencia artificial. En economías emergentes, donde predominan las microempresas, estas condiciones suelen ser más restrictivas, lo que amplifica las brechas digitales y limita la integración de tecnologías avanzadas en los procesos productivos y administrativos [16].

No obstante, la percepción de barreras no es uniforme entre los microempresarios, ya que depende de variables como la experiencia previa, el nivel educativo y el grado de familiaridad con la tecnología. En algunos casos, la falta de acceso o conocimiento se combina con una percepción de complejidad o riesgo, lo que refuerza la resistencia al cambio. Sin embargo, cuando estas barreras son abordadas mediante estrategias de capacitación, acompañamiento técnico y facilitación de recursos, es posible generar condiciones más favorables para la adopción tecnológica. En consecuencia, el análisis del contexto y las barreras no solo permite identificar limitaciones, sino también orientar acciones que impulsen la incorporación efectiva de la inteligencia artificial en las microempresas [17].

1.6. Relación entre variables del estudio (modelo conceptual).

La relación entre las variables del estudio se fundamenta en los modelos de adopción tecnológica, los cuales plantean que el comportamiento de adopción no es un proceso aislado,

sino el resultado de la interacción de diversos factores perceptuales y contextuales. En este sentido, la intención de adopción de la inteligencia artificial se configura como la variable central del modelo, influenciada por la percepción de beneficios y la eficiencia operativa que los individuos asocian con la tecnología. Cuando los microempresarios identifican que la inteligencia artificial contribuye a mejorar la competitividad, optimizar procesos y facilitar la toma de decisiones, se incrementa su disposición a incorporarla en sus actividades empresariales [13].

Asimismo, la eficiencia operativa desempeña un papel relevante dentro del modelo conceptual, al actuar como un factor que refuerza la percepción de utilidad de la tecnología. La idea de que la inteligencia artificial permite ahorrar tiempo, reducir errores y mejorar la gestión de recursos genera un efecto positivo sobre la valoración de los beneficios, lo que a su vez incide en la intención de adopción [3]. De este modo, se establece una relación complementaria entre la eficiencia operativa y los beneficios percibidos, ya que ambas dimensiones contribuyen a consolidar una percepción favorable hacia el uso de la inteligencia artificial dentro del entorno empresarial [18].

Por otro lado, las variables relacionadas con el contexto y las barreras de adopción introducen un elemento moderador en el modelo, al influir en la intensidad con la que los beneficios y la eficiencia impactan en la intención de adopción. Factores como el nivel de conocimiento, la accesibilidad tecnológica y la disponibilidad de recursos pueden facilitar o limitar este proceso, generando variaciones en la disposición de los microempresarios para adoptar la tecnología. En consecuencia, la relación entre variables no debe entenderse de manera lineal, sino como un sistema interdependiente en el que los factores positivos impulsan la adopción, mientras que las barreras pueden atenuar o dificultar su materialización en el ámbito empresarial [10].

2.- Materiales y métodos.

La investigación, fue de enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo, el diseño fue de corte transversal no experimental dado que la recolección de datos fue en un único momento o punto en el tiempo. La población objeto de estudio estuvo conformada por las microempresas del sector comercial ubicadas en la parroquia urbana Pedro Carbo Concepción, Guayaquil. La información fue tomada del directorio de la Superintendencia de Compañía, Valores y Seguros la cual registraba 279 microempresas en el sector comercial en la parroquia objeto de la investigación, el criterio de selección fue que las compañías se mantengan activa hasta el año 2025, otro de los criterios que se consideró fue que dichas microempresas no posean más de diez colaboradores bajo dependencia, y sus ventas no supere los cien mil dólares anuales. Para el estudio se consideró el muestreo no probabilístico por conveniencia. Esta decisión fue tomada debido a las limitaciones derivadas de la inseguridad que atraviesa el país, lo que podría comprometer la integridad y disposición de los microempresarios [19].

La técnica de recolección de datos fue la encuesta y el instrumento fue el cuestionario mismo que fue diseñado en la aplicación Google Forms, dicho cuestionario contó con 17 preguntas las cuales fueron validadas por expertos, asegurando su confiabilidad. El cuestionario estuvo dirigido a los administradores o encargados de las microempresas. En cuanto al proceso de recolección de datos se lo realizó en tres días hábiles, logrando encuestar el primer día 14 microempresarios, en el segundo día fueron 18 los encuestados y en el tercer día se lograron 8 más. De esta manera se logró encuestar a un total de 40 microempresarios. El procesamiento de los datos se lo realizó utilizando el software SPSS v.22 mismo que permitió realizar el correspondiente análisis para la presentación e interpretación de los resultados [20].

3.- Resultados.

Los resultados obtenidos no solo revelan un panorama actual del uso de la Inteligencia Artificial en Microempresas, sino que también ofrecen una perspectiva valiosa para impulsar una transformación efectiva que se traduzca en ventajas competitivas sostenibles. A continuación, se presentan los hallazgos relevantes de la investigación:

Tabla 1.- Resumen de procesamiento de casos

Casos		N	%
	Válido	40	100,0
	Excluido ^a	0	0,0
	Total	40	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

En la Tabla 1, se observa el resumen del procesamiento de los casos utilizados en el análisis estadístico. Se evidencia que la totalidad de la muestra (N = 40) fue considerada válida, sin registros excluidos, lo que garantiza la completitud del conjunto de datos. Este aspecto es metodológicamente relevante, ya que indica ausencia de valores perdidos en las variables analizadas bajo el procedimiento de eliminación por lista, fortaleciendo la consistencia del análisis posterior y evitando sesgos derivados de la pérdida de información.

Tabla 2.- Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,953	17

Por su parte, la Tabla 2 presenta las estadísticas de fiabilidad del instrumento, evidenciando un valor de alfa de Cronbach de 0,953 para un total de 17 elementos. Este coeficiente indica un nivel de consistencia interna excelente, lo que sugiere que los ítems del cuestionario están altamente correlacionados entre sí y miden de manera coherente el constructo general asociado al uso de la inteligencia artificial en microempresas.

En conjunto, los resultados de ambas tablas permiten afirmar que el instrumento utilizado posee una alta calidad psicométrica, soportada tanto por la integridad de los datos

como por la elevada fiabilidad del cuestionario. Esto implica que las mediciones realizadas son estables y consistentes, proporcionando una base sólida para el desarrollo de análisis estadísticos posteriores, así como para la interpretación de las dimensiones evaluadas en el estudio.

Asimismo, el alto valor del alfa de Cronbach observado en la Tabla 2 sugiere una fuerte homogeneidad entre los ítems, lo que puede interpretarse como una adecuada operacionalización del fenómeno estudiado. No obstante, desde una perspectiva metodológica más avanzada, niveles tan elevados de fiabilidad también podrían indicar cierta redundancia entre los ítems, aspecto que podría explorarse en futuros análisis mediante técnicas como el análisis factorial.

En síntesis, las Tablas 1 y 2 evidencian que el estudio cuenta con datos completos y un instrumento altamente confiable, lo que respalda la validez interna de los resultados obtenidos y fortalece la credibilidad de las conclusiones que se deriven del análisis estadístico.

Dimensión 1: Beneficios de la IA; preguntas: P2, P3, P6, P9, P11, P14

Tabla 3.- Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,911	6

En la Tabla 3 se presentan las estadísticas de fiabilidad correspondientes a la dimensión Beneficios de la IA, integrada por seis ítems (P2, P3, P6, P9, P11 y P14). El valor del alfa de Cronbach obtenido ($\alpha = 0,911$) evidencia una consistencia interna excelente, lo que permite afirmar que los elementos que componen esta dimensión mantienen un alto grado de homogeneidad y miden de forma coherente un mismo constructo. Este resultado aporta solidez metodológica al análisis, ya que respalda la fiabilidad de la dimensión como medida válida de la percepción sobre el valor estratégico y operativo de la inteligencia artificial en las microempresas estudiadas.

Estadísticos descriptivos

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de la dimensión Beneficios de la IA

Beneficios IA	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
	40	1,00	4,83	3,7750	1,02778

En la Tabla 4, correspondiente a los estadísticos descriptivos de la dimensión, se observa que la variable Beneficios IA presenta una media de 3,7750, con una desviación estándar de 1,02778, dentro de un rango de valores que va desde 1,00 hasta 4,83. Estos resultados permiten identificar una valoración global favorable de los beneficios asociados al uso de la inteligencia artificial, dado que la media se sitúa claramente por encima del punto medio teórico de la escala Likert utilizada. Asimismo, la desviación estándar indica una dispersión moderada de las respuestas, lo que sugiere que, aunque existe una tendencia general positiva, también se

observa cierta variabilidad en la intensidad con la que los encuestados perciben dichos beneficios.

Tabla 5.- Estadísticos de distribución de la dimensión Beneficios de la IA

Beneficios IA	N	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
	40	-1,413	0,374	0,985	0,733

La Tabla 5 profundiza en la forma de la distribución de la dimensión Beneficios_IA mediante los coeficientes de asimetría y curtosis. El valor de asimetría de -1,413 revela una distribución sesgada hacia la izquierda, lo que implica una mayor concentración de respuestas en los niveles altos de la escala. En otras palabras, se evidencia una tendencia marcada de los participantes a valorar positivamente los beneficios de la inteligencia artificial. Por su parte, la curtosis de 0,985 indica una distribución relativamente concentrada, con una acumulación moderada de respuestas alrededor de la parte alta de la escala. En conjunto, ambos indicadores refuerzan la idea de que la percepción sobre los beneficios de la IA no solo es favorable en promedio, sino también consistente en su orientación positiva.

Prueba T

Tabla 6.- Estadísticas para una muestra

Beneficios IA	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
	40	3,7750	1,02778	0,16251

La Tabla 6 complementa esta evidencia al presentar nuevamente los estadísticos básicos requeridos para la prueba t para una muestra. En ella se confirma que la media de la dimensión es 3,7750, con una desviación estándar de 1,02778 y un error estándar de la media de 0,16251. Este último indicador muestra que la estimación de la media presenta un nivel adecuado de precisión, lo cual fortalece la confianza en los resultados obtenidos para esta dimensión.

Tabla 7.- Prueba para una muestra

Beneficios IA	Valor de prueba = 3				
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia
	4,769	39	0,000	0,77500	Inferior 0,4463 Superior 1,1037

En la Tabla 7 se exponen los resultados de la prueba t para una muestra, realizada tomando como valor de prueba el punto neutral de la escala (3). El estadístico obtenido ($t = 4,769$; $gl = 39$; $p = 0,000$) indica que la media observada de la dimensión Beneficios IA es significativamente superior al valor neutral, lo que permite rechazar la hipótesis de indiferencia o neutralidad en la percepción de los encuestados. La diferencia de medias de 0,77500 confirma que la valoración positiva no es casual ni marginal, sino estadísticamente relevante. De igual forma, el intervalo de confianza del 95% para la diferencia, comprendido entre

0,4463 y 1,1037, se mantiene completamente por encima de cero, lo cual reafirma la robustez del resultado y respalda la conclusión de que los microempresarios perciben beneficios reales y significativos en el uso de la inteligencia artificial.

De manera integrada, las Tablas 3, 4, 5, 6 y 7 permiten sostener que la dimensión Beneficios de la IA presenta una estructura estadísticamente sólida, tanto desde el punto de vista psicométrico como descriptivo e inferencial. La alta fiabilidad del constructo, junto con una media superior al punto neutral, una distribución sesgada hacia valoraciones positivas y una diferencia estadísticamente significativa respecto al valor teórico de referencia, evidencian que los microempresarios analizados reconocen de forma clara el potencial estratégico y operativo de la inteligencia artificial para mejorar la competitividad, optimizar recursos, reducir errores y fortalecer la gestión empresarial.

En términos analíticos, estos hallazgos permiten concluir que la percepción de los beneficios de la inteligencia artificial constituye una dimensión favorablemente posicionada dentro del grupo estudiado, lo que sugiere la existencia de una base actitudinal positiva para procesos futuros de adopción tecnológica. Este resultado es especialmente relevante, ya que indica que, aun cuando puedan existir barreras estructurales o de conocimiento, el reconocimiento del valor de la IA ya se encuentra presente en una proporción considerable de los encuestados.

Dimensión 2: Eficiencia operativa; preguntas P1, P7, P8, P10

Tabla 8.- Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,832	4

En la Tabla 8 se presentan las estadísticas de fiabilidad correspondientes a la dimensión Eficiencia operativa, compuesta por cuatro ítems (P1, P7, P8 y P10). El valor del alfa de Cronbach obtenido ($\alpha = 0,832$) evidencia una consistencia interna alta, lo que indica que los ítems incluidos mantienen una adecuada correlación entre sí y miden de forma coherente el constructo asociado a la optimización de procesos y la toma de decisiones mediante el uso de inteligencia artificial. Este resultado permite considerar la dimensión como estadísticamente fiable para su análisis e interpretación.

Estadísticos descriptivos

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de la dimensión Eficiencia operativa

Eficiencia Operativa	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
	40	1,25	5,00	3,9062	1,09440

En la Tabla 9, relativa a los estadísticos descriptivos, se observa que la variable Eficiencia Operativa presenta una media de 3,9062 y una desviación estándar de 1,09440, con valores que oscilan entre 1,25 y 5,00. La media obtenida,

situada por encima del punto medio de la escala (3), evidencia una percepción globalmente positiva respecto al impacto de la inteligencia artificial en la mejora de la eficiencia operativa. Por su parte, la desviación estándar refleja una dispersión moderada de las respuestas, lo que sugiere la coexistencia de valoraciones diversas, aunque con predominio de percepciones favorables.

Tabla 10. Estadísticos de distribución de la dimensión Eficiencia operativa

Eficiencia Operativa	N	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
	40	-1,239	0,374	0,508	0,733

La Tabla 10 permite profundizar en la forma de la distribución de la variable mediante los coeficientes de asimetría y curtosis. El valor de asimetría de -1,239 indica una distribución sesgada hacia la izquierda, lo que implica una mayor concentración de respuestas en los niveles altos de la escala. Esto confirma la tendencia de los encuestados a percibir de manera favorable el impacto de la inteligencia artificial en la eficiencia operativa. En cuanto a la curtosis, el valor de 0,508 sugiere una distribución ligeramente concentrada, aunque relativamente cercana a una distribución normal, lo que respalda la estabilidad del comportamiento de los datos.

Prueba T

Tabla 11.- Estadísticas para una muestra

Eficiencia Operativa	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
	40	3,9063	1,09440	0,17304

En la Tabla 11 se presentan los estadísticos necesarios para la prueba t de una muestra, donde se confirma la media de la dimensión (3,9063), así como su desviación estándar (1,09440) y el error estándar de la media (0,17304). Este último indicador evidencia una adecuada precisión en la estimación de la media, lo cual resulta relevante para la interpretación inferencial de los resultados.

Tabla 12.- Prueba para una muestra

Eficiencia Operativa	Valor de prueba = 3					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
	5,237	39	0,000	0,90625	0,5562	1,2563

Los resultados de la Tabla 12 corresponden a la prueba t para una muestra, realizada tomando como valor de referencia el punto neutral de la escala (3). El estadístico obtenido ($t = 5,237$; $gl = 39$; $p = 0,000$) indica que la media observada es significativamente superior al valor de referencia, lo que permite rechazar la hipótesis de neutralidad en la percepción de la eficiencia operativa. La diferencia de medias de 0,90625 evidencia una desviación positiva considerable respecto al punto medio. Asimismo, el intervalo de confianza

del 95% para la diferencia, comprendido entre 0,5562 y 1,2563, se mantiene completamente por encima de cero, lo que refuerza la solidez estadística del resultado obtenido.

De manera integrada, las Tablas 8, 9, 10, 11 y 12 evidencian que la dimensión Eficiencia operativa presenta un comportamiento estadísticamente consistente, respaldado por una adecuada fiabilidad del instrumento, una media superior al punto neutral, una distribución sesgada hacia valoraciones positivas y una diferencia estadísticamente significativa respecto al valor de referencia. En conjunto, estos resultados permiten afirmar que los microempresarios perciben de forma favorable el impacto de la inteligencia artificial en la optimización de procesos, el ahorro de tiempo, la mejora en la toma de decisiones y la gestión de inventarios.

Desde una perspectiva analítica, estos hallazgos sugieren que la eficiencia operativa constituye una de las áreas donde la inteligencia artificial es mejor valorada por los encuestados, lo que podría interpretarse como un factor clave para impulsar su adopción en el contexto de las microempresas. La consistencia entre los indicadores descriptivos e inferenciales refuerza la evidencia de que esta dimensión se posiciona como un elemento relevante dentro del modelo de análisis desarrollado en la investigación.

Dimensión 3: Intención de adopción, preguntas: P4, P15, P16, P17

Tabla 13.- Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,914	4

En la Tabla 13 se presentan las estadísticas de fiabilidad de la dimensión Intención de adopción, compuesta por cuatro ítems. El valor del alfa de Cronbach obtenido ($\alpha = 0,914$) evidencia una consistencia interna excelente, lo que indica que los ítems que conforman esta dimensión están altamente correlacionados y miden de forma coherente la disposición de los microempresarios para adoptar herramientas basadas en inteligencia artificial. Este resultado respalda la solidez del constructo y garantiza la confiabilidad de las mediciones realizadas.

Tabla 14. Estadísticos descriptivos de la dimensión Intención de adopción de la IA

Intención de adopción	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
	40	1,00	5,00	3,7813	1,04112

La Tabla 14 recoge los estadísticos descriptivos de la dimensión, donde se observa que la variable Intención de adopción presenta una media de 3,7813 y una desviación estándar de 1,04112, dentro de un rango comprendido entre 1,00 y 5,00. Estos resultados muestran que la intención de adopción de la inteligencia artificial se sitúa por encima del punto medio de la escala, lo que refleja una predisposición favorable por parte de los encuestados hacia la implementación de este tipo de tecnologías. La desviación

estándar sugiere una dispersión moderada, evidenciando la existencia de variabilidad en las respuestas, aunque con predominio de valoraciones positivas.

Tabla 15. Estadísticos de distribución de la dimensión Intención de adopción de la IA

Intención de adopción	N	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
	40	-0,900	0,374	-0,129	0,733

En la Tabla 15 se analizan las características de la distribución de la variable mediante los coeficientes de asimetría y curtosis. La asimetría de -0,900 indica una distribución sesgada hacia la izquierda, lo que implica que una proporción significativa de los encuestados tiende a ubicarse en las categorías superiores de la escala, reflejando una disposición favorable hacia la adopción de la inteligencia artificial. En cuanto a la curtosis, el valor de -0,129 sugiere una distribución relativamente cercana a la normalidad, con una ligera tendencia a la dispersión, lo que indica una variabilidad moderada en las respuestas sin concentraciones extremas.

Prueba T

Tabla 16.- Estadísticas para una muestra

Intención de adopción	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
	40	3,7813	1,04112	0,16462

La Tabla 16 presenta los estadísticos necesarios para la prueba t de una muestra, donde se confirma que la media de la dimensión es 3,7813, con una desviación estándar de 1,04112 y un error estándar de la media de 0,16462. Este último valor evidencia un nivel adecuado de precisión en la estimación del promedio, lo que permite considerar los resultados como estadísticamente confiables.

Tabla 17.- Prueba para una muestra

Intención de adopción	Valor de prueba = 3				
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia
					Inferior Superior
	4,746	39	0,000	0,78125	0,4483 1,1142

En la Tabla 17 se muestran los resultados de la prueba t para una muestra, tomando como valor de referencia el punto neutral de la escala Likert (3). El estadístico obtenido ($t = 4,746$; $gl = 39$; $p = 0,000$) indica que la media observada es significativamente superior al valor de referencia, lo que permite rechazar la hipótesis de neutralidad en la intención de adopción. La diferencia de medias de 0,78125 evidencia una desviación positiva relevante respecto al punto medio. Asimismo, el intervalo de confianza del 95% para la diferencia, comprendido entre 0,4483 y 1,1142, se mantiene completamente por encima de cero, lo que confirma la solidez estadística del resultado.

De manera integrada, las Tablas 13, 14, 15, 16 y 17 evidencian que la dimensión Intención de adopción de la IA presenta un comportamiento estadísticamente consistente y favorable. La elevada fiabilidad del constructo, junto con una media superior al punto neutral, una distribución con tendencia hacia valores altos y una diferencia estadísticamente significativa respecto al valor de referencia, permiten concluir que los microempresarios muestran una predisposición positiva hacia la adopción de tecnologías basadas en inteligencia artificial.

En términos analíticos, estos resultados sugieren que, más allá de la percepción de beneficios o eficiencia, existe una disposición concreta de los encuestados para invertir, capacitarse y adoptar herramientas tecnológicas, lo que constituye un elemento clave para la implementación efectiva de la inteligencia artificial en el ámbito de las microempresas. Este hallazgo adquiere especial relevancia dentro del modelo de estudio, al evidenciar que la aceptación de la tecnología no se limita al plano perceptual, sino que se proyecta hacia la intención conductual de adopción.

Dimensión 4: Contexto / barreras; preguntas: P5, P12, P13

Tabla 18.- Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,343	3

En la Tabla 18 se presentan las estadísticas de fiabilidad correspondientes a la dimensión “Contexto / barreras”, integrada por tres ítems (P5, P12 y P13). El valor del alfa de Cronbach obtenido ($\alpha = 0,343$) evidencia una consistencia interna baja, lo que indica una débil correlación entre los ítems que conforman esta dimensión. Este resultado sugiere que los elementos incluidos no están midiendo de manera homogénea un único constructo, pudiendo reflejar la coexistencia de distintos factores conceptuales, como el nivel de conocimiento, la percepción de accesibilidad y la identificación de limitaciones. Desde el punto de vista metodológico, este hallazgo indica que la dimensión debe interpretarse con cautela, ya que su baja fiabilidad limita la solidez interna del constructo.

Estadísticos descriptivos

Tabla 19. Estadísticos descriptivos de la dimensión Contexto y barreras

Contexto barreras	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
	40	2,00	4,33	3,0917	0,59909

En la Tabla 19 se presentan los estadísticos descriptivos de la variable “Contexto barreras”. Se observa una media de 3,0917, ligeramente superior al punto neutral de la escala (3), con una desviación estándar de 0,59909. Estos valores indican que la percepción del contexto y las barreras se sitúa en un nivel cercano a la neutralidad, con una variabilidad relativamente baja entre los encuestados. El rango de respuestas, comprendido entre 2,00 y 4,33, sugiere la ausencia de valoraciones extremas, evidenciando una

percepción moderada y relativamente homogénea en cuanto a los factores que condicionan la adopción de la inteligencia artificial.

Tabla 20. Estadísticos de distribución de la dimensión Contexto y barreras

Contexto barreras	N	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
	40	-0,241	0,374	-0,779	0,733

La Tabla 20 profundiza en la forma de la distribución de la variable mediante los coeficientes de asimetría y curtosis. El valor de asimetría de -0,241 indica una distribución ligeramente sesgada hacia la izquierda, lo que sugiere una leve tendencia hacia valoraciones superiores al punto medio, aunque sin una concentración marcada. Por su parte, la curtosis de -0,779 refleja una distribución más plana en comparación con la normal, lo que indica una dispersión moderada de las respuestas sin acumulaciones significativas en torno a un punto específico. En conjunto, estos indicadores confirman que la variable presenta un comportamiento relativamente equilibrado, sin sesgos pronunciados en la percepción de los encuestados.

Prueba T

Tabla 21.- Estadísticas para una muestra

Contexto barreras	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
	40	3,0917	0,59909	0,09472

En la Tabla 21 se presentan los estadísticos necesarios para la prueba t de una muestra, donde se confirma una media de 3,0917, una desviación estándar de 0,59909 y un error estándar de la media de 0,09472. Este último valor indica una adecuada precisión en la estimación del promedio, lo que permite realizar una evaluación inferencial con un nivel razonable de confianza.

Tabla 22.- Prueba para una muestra

Contexto barreras	Valor de prueba = 3					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
	0,968	39	0,339	0,09167	-0,0999	0,2833

Los resultados de la Tabla 22 corresponden a la prueba t para una muestra, tomando como valor de referencia el punto neutral de la escala (3). El estadístico obtenido ($t = 0,968$; $gl = 39$; $p = 0,339$) indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media observada y el valor de referencia. En este sentido, no es posible rechazar la hipótesis de neutralidad en la percepción del contexto y las barreras. La diferencia de medias de 0,09167 resulta reducida, y el intervalo de confianza del 95%, comprendido entre -0,0999 y 0,2833, incluye el valor cero, lo que refuerza la ausencia de evidencia estadísticamente significativa.

De manera integrada, las Tablas 18, 19, 20, 21 y 22 evidencian que la dimensión “Contexto / barreras” presenta un comportamiento distinto al observado en las dimensiones analizadas previamente. La baja fiabilidad del constructo, junto con una media cercana al punto neutral y la ausencia de significancia estadística en la prueba t, indican que no existe una percepción claramente definida respecto a las condiciones que facilitan o limitan la adopción de la inteligencia artificial. Asimismo, la distribución relativamente equilibrada de los datos sugiere que las opiniones de los microempresarios se encuentran dispersas y no convergen en una posición consistente.

En términos analíticos, estos resultados permiten interpretar que el contexto y las barreras asociadas a la inteligencia artificial no constituyen un factor claramente percibido ni homogéneamente evaluado por los encuestados. Esta situación podría explicarse por diferencias en el nivel de conocimiento, acceso a recursos tecnológicos o experiencias previas con herramientas digitales, lo que genera percepciones diversas y dificulta la consolidación de un constructo uniforme. En consecuencia, esta dimensión se presenta como un elemento menos definido dentro del modelo de análisis, lo que sugiere la necesidad de profundizar en su medición o redefinir conceptualmente sus componentes en futuras investigaciones.

4.- Discusión

4.1. Interpretación de los resultados

Los resultados del estudio evidencian que las dimensiones asociadas a los beneficios percibidos, la eficiencia operativa y la intención de adopción de la inteligencia artificial presentan un comportamiento consistente y favorable dentro del grupo analizado, lo que permite inferir la existencia de una base actitudinal positiva hacia la incorporación de estas tecnologías en las microempresas. Este hallazgo se alinea con los postulados del Technology Acceptance Model (TAM), el cual establece que la utilidad percibida constituye un factor determinante en la intención de adopción tecnológica [21]. En este sentido, la evidencia sugiere que los microempresarios reconocen de manera clara el valor estratégico y operativo de la inteligencia artificial, lo que se traduce en una predisposición favorable hacia su implementación [22].

Asimismo, la dimensión de eficiencia operativa refuerza la interpretación anterior, al demostrar que los encuestados perciben que la inteligencia artificial contribuye a optimizar procesos, reducir tiempos y mejorar la gestión empresarial. Este resultado confirma lo señalado por Davenport y Ronanki, quienes indican que la aplicación de soluciones basadas en inteligencia artificial permite incrementar la productividad organizacional mediante la automatización y el análisis avanzado de datos [23]. En consecuencia, la eficiencia operativa no solo actúa como un beneficio percibido, sino también como un elemento que fortalece la percepción de utilidad de la tecnología, consolidando su influencia sobre la intención de adopción [24].

Por otra parte, la dimensión de intención de adopción refleja que la aceptación de la inteligencia artificial no se limita al plano cognitivo, sino que se proyecta hacia una disposición conductual concreta. Este hallazgo resulta especialmente relevante, ya que evidencia que los microempresarios no solo reconocen los beneficios potenciales, sino que también manifiestan interés en invertir, capacitarse y adoptar estas tecnologías. En términos teóricos, este resultado se encuentra en concordancia con el modelo UTAUT, el cual postula que la intención de uso se ve influenciada tanto por la expectativa de desempeño como por las condiciones facilitadoras [25].

En contraste, la dimensión relacionada con el contexto y las barreras presenta un comportamiento diferenciado, caracterizado por una baja consistencia interna y una percepción cercana al punto neutral. Este resultado sugiere que los factores asociados al conocimiento, la accesibilidad y las limitaciones estructurales no son percibidos de manera homogénea por los encuestados. Desde una perspectiva analítica, esto indica que las barreras de adopción no constituyen un factor claramente definido dentro del grupo estudiado, lo que podría deberse a diferencias individuales en términos de experiencia, acceso a recursos o nivel de familiaridad con la tecnología. En consecuencia, aunque los beneficios y la eficiencia impulsan la adopción, las barreras no emergen como un elemento dominante en la percepción colectiva.

4.2. Comparación con estudios previos

Los hallazgos obtenidos en el presente estudio muestran una alta coherencia con la literatura previamente desarrollada en torno a la adopción de tecnologías emergentes en el ámbito empresarial. En particular, la relación positiva entre los beneficios percibidos y la intención de adopción ha sido ampliamente documentada en estudios basados en el modelo TAM, donde se establece que la utilidad percibida es el principal predictor de la aceptación tecnológica [21]. En este sentido, los resultados obtenidos refuerzan la validez empírica de este modelo en contextos de microempresas, especialmente en entornos de economías emergentes [26].

De manera similar, la influencia de la eficiencia operativa en la adopción tecnológica coincide con estudios recientes que destacan el papel de la inteligencia artificial en la optimización de procesos empresariales. Investigaciones como las de McKinsey Global Institute señalan que las empresas que implementan soluciones basadas en inteligencia artificial logran mejoras significativas en la productividad y la toma de decisiones [27]. En este sentido, los resultados obtenidos no solo confirman estas tendencias, sino que aportan evidencia empírica desde el contexto específico de microempresas, un segmento menos explorado en la literatura.

No obstante, se identifican divergencias en relación con el papel de las barreras de adopción. Mientras que diversos estudios destacan la falta de conocimiento y recursos como obstáculos significativos para la implementación de

tecnologías digitales [28], en el presente estudio dichas barreras no se manifiestan de forma contundente ni homogénea. Esta diferencia sugiere que, en el contexto analizado, la percepción de los beneficios podría estar compensando o atenuando la influencia de las limitaciones estructurales, lo que constituye un aporte relevante al entendimiento de los procesos de adopción tecnológica en microempresas [29].

4.3. Implicaciones teóricas y prácticas

Desde el punto de vista teórico, los resultados del estudio contribuyen a fortalecer los modelos de adopción tecnológica al evidenciar que la relación entre beneficios percibidos, eficiencia operativa e intención de adopción se mantiene consistente en contextos de microempresas. En particular, se amplía la aplicabilidad del modelo TAM al incorporar la eficiencia operativa como una dimensión complementaria que refuerza la percepción de utilidad. Asimismo, se aporta evidencia que sugiere que las barreras no siempre actúan como factores determinantes, lo que invita a reconsiderar su peso relativo dentro de los modelos tradicionales de adopción tecnológica.

En términos prácticos, los hallazgos tienen implicaciones directas para la gestión empresarial y el diseño de estrategias de transformación digital. La evidencia de una percepción favorable hacia la inteligencia artificial sugiere la existencia de un entorno propicio para la implementación de soluciones tecnológicas en microempresas. En este sentido, se podrían desarrollar programas de capacitación y acompañamiento técnico orientados a consolidar esta predisposición positiva, facilitando la transición hacia modelos de gestión más digitalizados. Asimismo, la identificación de la eficiencia operativa como un factor clave permite enfocar las estrategias de adopción en aplicaciones prácticas que generen resultados visibles en el corto plazo.

Adicionalmente, desde una perspectiva aplicada, los resultados abren la posibilidad de promover esquemas de transferencia tecnológica adaptados a las necesidades de las microempresas, considerando su estructura y limitaciones. Esto podría incluir el desarrollo de herramientas de inteligencia artificial accesibles, plataformas de bajo costo y programas de financiamiento que faciliten la inversión en tecnología. En consecuencia, el estudio no solo aporta al conocimiento académico, sino que también ofrece lineamientos para la implementación efectiva de la inteligencia artificial en el sector empresarial.

4.4. Limitaciones y proyecciones futuras

A pesar de los aportes realizados, el estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. En primer lugar, el tamaño de la muestra, compuesto por 40 microempresarios, limita la capacidad de generalización de los hallazgos a poblaciones más amplias. Asimismo, el uso de un muestreo no probabilístico por conveniencia restringe la representatividad de los resultados, lo que podría introducir sesgos asociados a la selección de los participantes.

En segundo lugar, se identifican limitaciones relacionadas con la medición de la dimensión contexto y barreras, la cual presentó una baja consistencia interna. Este resultado sugiere la necesidad de redefinir o ampliar los ítems utilizados para capturar de manera más precisa las condiciones que afectan la adopción tecnológica. Desde un enfoque metodológico, futuras investigaciones podrían incorporar análisis factoriales para validar la estructura de los constructos y mejorar la calidad psicométrica del instrumento.

Finalmente, se proponen líneas de investigación futura orientadas a profundizar en el análisis de la adopción de la inteligencia artificial en microempresas. Entre ellas, se destaca la necesidad de ampliar el tamaño muestral, incorporar variables adicionales como la cultura organizacional o el liderazgo tecnológico, y desarrollar estudios longitudinales que permitan analizar la evolución de la adopción en el tiempo. Asimismo, resulta pertinente explorar el impacto real de la inteligencia artificial en el desempeño empresarial, pasando de la percepción a la medición objetiva de resultados, lo que contribuiría a fortalecer el vínculo entre investigación académica y aplicación práctica.

5.- Conclusión.

5.1. Síntesis de los hallazgos

Los resultados del estudio evidencian que las microempresas analizadas presentan una percepción favorable hacia la inteligencia artificial, particularmente en lo que respecta a su capacidad para generar beneficios estratégicos y mejorar la eficiencia operativa. Estas dimensiones se consolidan como factores clave en la comprensión del fenómeno estudiado, al reflejar que los microempresarios no solo reconocen el valor potencial de estas tecnologías, sino que también identifican su aplicabilidad en la optimización de procesos internos y en la mejora de la toma de decisiones. En este sentido, los objetivos planteados en la investigación se cumplen de manera coherente, al lograrse identificar los principales elementos que influyen en la valoración de la inteligencia artificial en el entorno empresarial.

Asimismo, se observa que la intención de adopción tecnológica se manifiesta como una dimensión favorable dentro del grupo analizado, lo que sugiere que existe una predisposición concreta hacia la incorporación de herramientas basadas en inteligencia artificial. Este hallazgo resulta particularmente relevante, ya que evidencia una transición desde la percepción hacia la acción potencial, lo que refuerza la coherencia entre los resultados obtenidos y el enfoque metodológico adoptado. Por otro lado, la dimensión relacionada con el contexto y las barreras no presenta un comportamiento definido, lo que indica que estos factores no son percibidos de manera homogénea, reflejando la diversidad de condiciones estructurales existentes en las microempresas.

5.2. Contribuciones científicas y técnicas

Desde el punto de vista científico, el estudio aporta evidencia empírica que fortalece la comprensión de los procesos de adopción de la inteligencia artificial en microempresas, un contexto que ha sido relativamente poco explorado en la literatura. En particular, se evidencia que las dimensiones de beneficios percibidos y eficiencia operativa actúan como elementos determinantes en la intención de adopción tecnológica, lo que contribuye a validar y ampliar los modelos existentes de aceptación tecnológica, como el TAM y el UTAUT, en contextos empresariales de menor escala. De esta manera, el estudio no solo confirma postulados teóricos previos, sino que también los contextualiza en realidades económicas específicas.

En términos técnicos, la investigación presenta una contribución metodológica relevante al estructurar un modelo de análisis basado en dimensiones claramente definidas y evaluadas mediante instrumentos con adecuada consistencia interna. Este enfoque permite una aproximación más sistemática al estudio de la adopción de la inteligencia artificial, facilitando su replicabilidad en otros contextos. Asimismo, la integración de análisis descriptivos e inferenciales aporta robustez a los resultados, permitiendo una interpretación más profunda del fenómeno estudiado y contribuyendo a la generación de conocimiento aplicable en el ámbito de la ingeniería y la gestión empresarial.

5.3. Implicaciones teóricas y aplicaciones prácticas

En el plano teórico, los resultados del estudio refuerzan la validez de los modelos de adopción tecnológica al evidenciar que la percepción de beneficios y la eficiencia operativa constituyen factores clave para la aceptación de la inteligencia artificial. Esta evidencia sugiere la necesidad de considerar estos elementos como dimensiones centrales en futuros modelos conceptuales, especialmente en entornos de microempresas. Asimismo, la limitada definición de las barreras de adopción plantea la posibilidad de revisar su tratamiento en la literatura, proponiendo enfoques más específicos que permitan capturar con mayor precisión la diversidad de condiciones contextuales.

Desde una perspectiva práctica, los hallazgos del estudio ofrecen implicaciones relevantes para la gestión empresarial y el diseño de estrategias de transformación digital. La existencia de una predisposición favorable hacia la inteligencia artificial sugiere que las microempresas podrían beneficiarse de programas orientados a fortalecer la capacitación tecnológica y facilitar el acceso a herramientas digitales. En este sentido, se identifican oportunidades para impulsar procesos de innovación mediante la implementación de soluciones adaptadas a las necesidades de este segmento empresarial, así como para promover políticas de apoyo que reduzcan las brechas tecnológicas existentes. De igual manera, los resultados pueden servir como base para el desarrollo de iniciativas de transferencia tecnológica que contribuyan a mejorar la competitividad y sostenibilidad de las microempresas.

5.4. Proyecciones y líneas de investigación futura

A pesar de los aportes realizados, el estudio pone de manifiesto la necesidad de profundizar en el análisis de la adopción de la inteligencia artificial en microempresas. En este sentido, futuras investigaciones podrían ampliar el tamaño de la muestra y emplear diseños de muestreo probabilístico que permitan mejorar la representatividad de los resultados. Asimismo, se sugiere incorporar variables adicionales relacionadas con aspectos organizacionales, culturales y tecnológicos, con el fin de enriquecer el modelo de análisis y capturar de manera más integral los factores que influyen en la adopción tecnológica.

De igual manera, se recomienda desarrollar estudios longitudinales que permitan analizar la evolución de la adopción de la inteligencia artificial a lo largo del tiempo, así como investigaciones que integren métodos mixtos para complementar la perspectiva cuantitativa con evidencia cualitativa. Finalmente, resulta pertinente explorar el impacto real de la inteligencia artificial en el desempeño empresarial, desplazando el enfoque desde la percepción hacia la medición objetiva de resultados, lo que permitiría fortalecer la vinculación entre la investigación científica y su aplicación práctica en el ámbito empresarial.

6.- Agradecimientos (si aplica)

No aplica.

7.- Contribuciones de los autores (Taxonomía de roles de los colaboradores - CRediT)

1. Conceptualización: Jorge Meza-Clark, Leonardo Cuadrado-Sagñay
2. Curación de datos: Teresa Meza Clark, Leonardo Cuadrado-Sagñay
3. Análisis formal: Francisco Javier Duque-Aldaz
4. Adquisición de fondos: No aplica.
5. Investigación: Teresa Meza Clark, Leonardo Cuadrado-Sagñay
6. Metodología: Jorge Meza-Clark, Leonardo Cuadrado-Sagñay
7. Administración del proyecto: Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
8. Recursos: Edwin Haymacaña Moreno, Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
9. Software: Francisco Javier Duque-Aldaz
10. Supervisión: Francisco Javier Duque-Aldaz
11. Validación: Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
12. Visualización: Edwin Haymacaña Moreno, Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
13. Redacción - borrador original: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza Clark
14. Redacción - revisión y edición: Teresa Meza Clark, Edwin Haymacaña Moreno, Francisco Javier Duque-Aldaz

8.- Apéndice.

No aplica.

9.- Referencias.

- [1] D. Weglarz, C. Pla-García y A. I. Jiménez-Zarco, «Aceptación de la Inteligencia Artificial Generativa en la industria creativa: el rol del modelo UTAUT, reconocimiento y la confianza de marca en su adopción,» *RETOS*, vol. 15, n° 29, 2025.
- [2] F. J. Duque-Aldaz, E. R. Haymacaña Moreno, L. A. Zapata Aspiazu y F. Carrasco Choque, «Prediction of moisture content in the cocoa drying process by simple linear regression,» *Inquide*, vol. 6, n° 2, 2024.
- [3] V. Badenes-Plá y J. Molares-Cardoso, «La inteligencia artificial ante los retos de la industria de la moda. Beneficios y aplicaciones en la fase de comercialización y marketing,» *Razón y Palabra*, vol. 27, n° 118, 2023.
- [4] A. Pereira, T. P. Donadon Homem y F. O. Teixeira, «Aplicación de inteligencia artificial para monitorear el uso de mascarillas de protección,» *Revista Científica General José María Córdova*, vol. 19, n° 33, 2021.
- [5] C. A. Payá-Santos, «El desempeño de la inteligencia en España en el ámbito público, empresarial y académico,» *Revista Científica General José María Córdova*, vol. 21, n° 44, 2023.
- [6] L. M. Pereira-González, A. Basantes-Andrade, M. Mora-Grijalva y A. Galárraga-Andrade, «Dimensiones latentes en la adopción de ChatGPT en la universidad: modelo CHASSIS,» *Alteridad*, vol. 20, n° 2, 2025.
- [7] A. Hernández Arias, «Nuevos escenarios y entornos organizacionales para la adopción de tecnologías disruptivas,» *Compendium*, vol. 26, n° 51.
- [8] F. J. Duque-Aldaz, F. R. Rodríguez-Flores y J. Carmona Tapia, «Identificación de parámetros en sistemas ecuaciones diferenciales ordinarias mediante el uso de redes neuronales artificiales,» *Revista San Gregorio*, vol. 1, n° 2, 2025.
- [9] H. A. Hernández, L. V. Taquez Hoyos y D. C. Cortez Mosquera, «Uso de la inteligencia artificial en la gestión de proyectos,» *RHS*, vol. 13, n° 2, 2025.
- [10] M. Domínguez Vargas y C. P. Méndez Cruz, «Impacto de la Digitalización en la Eficiencia de Las Cooperativas,» *Trascender, contabilidad y gestión*, vol. 9, n° 27, 2024.
- [11] A. Santamaría Barraza, «La influencia del uso de la planificación estratégica de la capacidad operativa en la administración de operaciones de las empresas logísticas en Panamá,» *Investigación y Pensamiento Crítico*, vol. 12, n° 3, 2024.
- [12] K. Mansilla-Obando y G. R. Llanos, «Adopción de aplicaciones de micromobilidad en Chile: TAM y Consumo Colaborativo,» *RETOS*, vol. 16, n° 31, 2026.
- [13] J. Cabero-Almenara, A. Palacios-Rodríguez, J. Barroso-Osuna y C. Siles-Rojas, «Tecnologías inmersivas en la universidad: perfiles del profesorado y obstáculos para su integración,» *RIED*, vol. 29, n° 1, 2026.
- [14] S. Cardona-Acevedo, A. Valencia-Arias y J. Valencia, «Tecnologías emergentes para optimizar la sostenibilidad ambiental en la industria textil: una revisión sistemática,» *RETOS*, vol. 16, n° 31, 2026.
- [15] T. ALLAN, «Adopción de políticas públicas en contextos de gobierno multinivel: explicando las respuestas provinciales al Covid-19 en Argentina,» *Revista SAAP*, vol. 18, n° 2, 2024.
- [16] M. R. Jury, «Eastern Caribbean Sea level rise in global context,» *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 60, n° 1, 2026.
- [17] E. Barrera Duque y C. Torres Castillo, «El mindset del emprendedor de innovaciones radicales en el contexto colombiano: estudio de casos,» *Estudios Gerenciales*, vol. 41, n° 174, 2025.
- [18] G. J. Morocho Choca, L. Á. Bucheli Carpio y F. J. Duque-Aldaz, «Fuel oil fuel dispatch optimization through multivariate regression using local storage indicators,» *Inquide*, vol. 6, n° 2, 2024.
- [19] G. E. Castro Rosales, A. D. Torres Alvarado, L. S. Zalamea Cedeño, F. J. Duque-Aldaz y F. R. Rodríguez-Flores, «Comprehensive Ergonomic Proposal for the Reduction of Musculoskeletal Risks in Soap Production: An Approach Based on Statistical Analysis and Postural Evaluation,» *Inquide*, vol. 7, n° 2, 2025.

- [20] E. Haymacaña Moreno, L. A. Zapata Aspiazu, F. J. Duque-Aldaz, G. F. Cabezas García y R. A. Sánchez Ancajima, Time series modeling of secondary school enrollment in Ecuador: a Box–Jenkins analysis (1971–2023), *Inquide*, 2026.
- [21] F. D. Davis, «Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology,» *JSTOR*, vol. 13, n° 3, 1989.
- [22] D. Navarro, F. Suárez y S. Navajas, Perspectivas sobre transformación digital, fintech e inclusión financiera: América Latina y el Caribe, *DID*, 2025.
- [23] T. H. Davenport y R. Ronanki, «Artificial Intelligence for the Real World,» *Harvard Business Review*, 2018.
- [24] L. A. Zapata Aspiazu, E. Haymacaña Moreno, F. J. Duque-Aldaz, F. G. Cabezas García y R. A. Sánchez Ancajima, «ARIMA vs. Hybrid Models with Machine Learning for Forecasting Ecuador's GDP.,» 2026.
- [25] V. Venkatesh, M. G. Morris, G. B. Davis y F. D. Davis, «User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View,» *MIS Quarterly*, vol. 27, n° 3, pp. 425-478, 2020.
- [26] A. C. Lustosa Rosario, B. B. Yaacov, C. Franco Segura, E. Arias Ortiz, E. Heredero, J. Botero, P. Brothers, T. Payva y M. Spies, «Transformación digital en la educación superior América Latina y el Caribe,» *BID*, 2021.
- [27] McKinsey Global Institute, «The state of AI in 2025: Agents, innovation, and transformation,» 2025.
- [28] J. Hirs y F. Vargas, «Prioridades para la digitalización empresarial en América Latina y el Caribe,» *BID*, 2023.
- [29] NU. CEPAL, Superar las trampas del desarrollo de América Latina y el Caribe en la era digital: el potencial transformador de las tecnologías digitales y la inteligencia artificial, CEPAL, 2025.

Efectividad de dietas adelgazantes a base de col morada en personas con obesidad de la Fundación Cleotilde Guerrero O.

Effectiveness of slimming diets based on purple cabbage in people with obesity from the Cleotilde Guerrero O Foundation.

Mirian Villavicencio Párraga ¹ Marina Arteaga Peñafiel ² ; Katherine Zavala Villavicencio ³ ; Alex Villao Villacrés ⁴ ; Arelllys Sornoza Arteaga ⁵ ; Ricardo Quimis Mantuano ⁶

Recibido: 15/03/2026 – Aceptado: 19/05/2026 – Publicado: 12/07/2026

Artículos de Investigación ☒

Artículos de Revisión ☐

Artículos de Ensayos ☐

* Autor para correspondencia.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Los autores conservan los derechos sobre sus artículos y pueden compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra, siempre que se reconozca la autoría, no se utilice con fines comerciales y se mantenga la misma licencia en obras derivadas.

Resumen.

El presente estudio permitió demostrar los beneficios de las dietas adelgazantes basadas en la col morada conocida por su contenido de fitoquímicos y antioxidantes, se considera una fuente potencialmente beneficiosa para la pérdida de peso y la mejora de la salud metabólica. El objetivo es evaluar la efectividad de las dietas adelgazantes elaboradas a base de col morada en personas con obesidad de la Fundación Cleotilde Guerrero O de la ciudad de Guayaquil. La investigación se efectuó a través de un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental e incluyó a un grupo de participantes con exceso de obesidad que fueron sometidos a un programa de dieta que se centró en la incorporación significativa de col morada en su alimentación diaria. Los resultados revelaron que las dietas adelgazantes basadas en la col morada tuvieron un impacto positivo en la pérdida de peso de los participantes. Se observó una disminución significativa en el índice de masa corporal (IMC) y la circunferencia de la cintura, lo que sugiere un efecto beneficioso en la salud cardiovascular y metabólica. Este estudio respalda la idea de que la col morada puede desempeñar un papel importante en las dietas adelgazantes para personas con exceso de obesidad. Sin embargo, se requieren investigaciones adicionales para comprender completamente los mecanismos detrás de estos efectos y para determinar las pautas óptimas de consumo de col morada en programas de pérdida de peso. Este estudio en la Fundación Cleotilde Guerrero O indica que las dietas que incorporan la col morada pueden ser efectivas para ayudar a las personas con exceso de obesidad a perder peso y mejorar su salud metabólica.

Palabras clave.

Adelgazar, masa corporal, metabolismo, nutrición, obesidad, salud.

Abstract.

This study demonstrated the benefits of weight-loss diets based on red cabbage, known for its phytochemical and antioxidant content, and considered a potentially beneficial source for weight loss and improved metabolic health. The objective was to evaluate the effectiveness of red cabbage-based weight-loss diets in obese individuals at the Cleotilde Guerrero O Foundation in Guayaquil, Ecuador. The research was conducted using a quantitative approach and a quasi-experimental design. Participants with significant obesity followed a dietary program focused on incorporating red cabbage into their daily diet. The results revealed that the red cabbage-based weight-loss diets had a positive impact on weight loss. A significant decrease in body mass index (BMI) and waist circumference was observed, suggesting a beneficial effect on cardiovascular and metabolic health. This study supports the idea that red cabbage may play an important role in weight-loss diets for obese individuals. However, further research is needed to fully understand the mechanisms behind these effects and to determine optimal red cabbage consumption guidelines in weight-loss programs. This study at the Cleotilde Guerrero O Foundation indicates that diets incorporating red cabbage may be effective in helping obese individuals lose weight and improve their metabolic health.

Keywords.

Weight loss, body mass, metabolism, nutrition, obesity, health.

1.- Introducción

La obesidad es una enfermedad que se caracteriza por un exceso de grasa corporal que afecta a la salud física y psicológica de los individuos [1]. Se suele medir a través del índice de masa corporal (IMC), que relaciona el peso y la altura de una persona, una persona se considera obesa si su IMC es igual o mayor a 30 kg/m² [2]. Por otro lado, este problema no es simplemente estético, sino un factor de riesgo importante para una serie de enfermedades crónicas, como la diabetes tipo 2, las enfermedades cardiovasculares,

la hipertensión y ciertos tipos de cáncer. Además, la obesidad puede llevar a una reducción de la calidad de vida y aumentar los costos de atención médica asociados con el tratamiento de sus comorbilidades [3].

La obesidad se ha convertido en una epidemia que afecta a todo el mundo más aún a países desarrollados o en vía de desarrollo, convirtiéndose en una carga para la sociedad debido a que estos superan los mil millones de casos de acuerdo a los últimos estudios epidemiológicos, es decir en la actualidad hay muchas más personas con exceso de peso

¹ Universidad de Guayaquil; mirian.villavicenciop@ug.edu.ec ; <https://orcid.org/0000-0001-6144-9467> , Guayaquil, Ecuador.

² Universidad de Guayaquil; marina.arteagap@ug.edu.ec ; <https://orcid.org/0000-0002-5378-9776>, Guayaquil, Ecuador.

³ Universidad Espíritu Santo; kzavala@uess.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-8888-336x> , Guayaquil, Ecuador.

⁴ Universidad de Guayaquil; Alex.villaov@ug.edu.ec ; <https://orcid.org/0000-0002-9143-2655> , Guayaquil, Ecuador.

⁵ Universidad Estatal de Milagro; Arianaarellyscristoviene@gmail.com ; <https://orcid.org/0009-0005-9675-5479> , Milagro, Ecuador.

⁶ Investigador externo; rit.quimis.m@gmail.com ; <https://orcid.org/0009-0000-3240-0947> , Guayaquil, Ecuador.

corporal que en la antigüedad, donde había mayor actividad física porque los individuos se dedicaban a actividades como la casa y la recolección que demandaba mayor energía y una ingesta menor de alimentos, donde esta se realizaba para subsistir [4].

En los últimos años se ha constituido como un problema de salud pública global que ha alcanzado proporciones epidémicas. En el 2022, cerca de 890 millones de personas presentaron obesidad, que corresponde al 16% de la población, en el 2024, 35 millones de menores de edad escolar fueron parte de este padecimiento [5]. El 60% de la población en edad adulta y 33% de los niños y adolescentes en América Latina y el Caribe presentaron obesidad en el 2025, triplicado desde 1975 [6]. Mientras que, de acuerdo al Informe de nutrición Global, en el Ecuador más del 27% de las mujeres y 17% de hombres padecen esta enfermedad [7]. Esta condición se asocia con un mayor riesgo de enfermedades crónicas, como la diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer, que requiere atención médica y un seguimiento continuo para mejorar la calidad de vida de los individuos afectados [8].

La obesidad se ha convertido en uno de los desafíos más apremiantes de salud pública en todo el mundo. A medida que las tasas de obesidad continúan aumentando, la relación entre la obesidad y estas condiciones de salud adversas se ha documentado en numerosos estudios epidemiológicos y clínicos, lo que subraya la necesidad urgente de abordar este problema de salud global [9]. Ante el crecimiento de casos en los últimos años, se ha considerado tratamientos para reducir los casos de obesidad, centrándose en una variedad de enfoques, que incluyen la modificación de la dieta, el aumento de la actividad física, la terapia conductual y, en algunos casos, la cirugía bariátrica. En este contexto, las dietas adelgazantes se han convertido en una estrategia comúnmente empleada para la gestión de la obesidad, y la investigación continua busca identificar alimentos y patrones dietéticos que puedan mejorar la eficacia de estos programas [10].

Las dietas adelgazantes generalmente implican la modificación controlada de la ingesta calórica, lo que resulta en un déficit calórico que conduce a la pérdida de peso. Estas pueden variar en términos de enfoque nutricional, pudiendo ser bajas en carbohidratos, bajas en grasas, basadas en patrones alimentarios específicos (como la dieta mediterránea o la dieta cetogénica) o incorporar alimentos y nutrientes específicos con propiedades prometedoras para la pérdida de peso y la salud metabólica [11]. Al ser programas alimentarios diseñados para promover la pérdida de peso en personas con sobrepeso u obesidad a menudo implican la restricción calórica, el control de porciones y la selección de alimentos con el objetivo de crear un déficit calórico, lo que lleva a la pérdida de grasa corporal. Estas pueden variar ampliamente en términos de composición nutricional y enfoque, desde

dietas bajas en carbohidratos hasta dietas bajas en grasas o dietas basadas en patrones alimentarios específicos [12].

Sin embargo, las dietas adelgazantes no se pueden aplicar en todos los casos, puesto que, para ser implementadas, deben tener orientación de profesionales en el área de salud y nutrición debido a la presencia de condiciones fisiológicas, metabólicas y clínicas que determinan en qué casos puede realizarse este tipo de intervención nutricional. Adicionalmente, es pertinente considerar aspectos como la edad, historial médico, niveles de actividad física, requerimientos nutricionales, por lo que se requiere una planificación orientada para reducir medidas de forma personalizada. En tal sentido, la supervisión de un profesional es necesaria para garantizar que el plan alimenticio sea adecuado, equilibrado, seguro, especialmente alineado a las necesidades de los pacientes. Por otro lado, se requiere de una evaluación constante de los avances que se obtengan para evitar posibles deficiencias nutricionales que favorezcan a los resultados saludables y sostenibles.

Una de las propuestas emergentes para la pérdida de peso, es la exploración de alimentos específicos y sus componentes bioactivos que pueden tener un impacto positivo en la reducción de peso y la mejora de la salud metabólica. En esta búsqueda de estrategias efectivas para combatir la obesidad, los fitonutrientes, compuestos bioactivos presentes en una variedad de alimentos vegetales, han surgido como un área de interés creciente en la investigación. Estos compuestos han demostrado tener una serie de propiedades beneficiosas para la salud, incluyendo efectos antioxidantes, antiinflamatorios y potencialmente antiobesidad [13]. Las dietas basadas en vegetales aportan calorías, carbohidratos, proteínas y grasas necesarias. Así como fibras prebióticas y fitoquímicos que tienen efecto antioxidante y varios de ellos son cardioprotectores [14].

La exploración de alimentos específicos y los componentes bioactivos son parte de una línea investigación relevante en ingeniería, química y la gastronomía que permite el desarrollo de estrategias nutricionales direccionadas hacia el control del peso donde la composición química de los alimentos, los procesos de transformación y la estabilidad de los compuestos funcionales que se encuentran. En los vegetales, sean aprovechadas de manera oportuna. Mientras que, desde la perspectiva gastronómica, se obtenga el conocimiento de las formas correctas de preparar, conservar y consumir los alimentos para el aprovechamiento total de los compuestos en este sentido. El estudio de los vegetales es de vital interés, debido a las fibras antocianinas y polifenoles que regulan el metabolismo y reducen las grasas en el cuerpo.

Uno de los alimentos beneficiosos, que cumple el propósito de reducir las grasas corporales y regular el metabolismo, es la col morada (Brassica oleracea var. capitata f. rubra),

también conocida como col roja o repollo morado, debido a su alto contenido de fitoquímicos y antioxidantes, como antocianinas y flavonoides han demostrado tener propiedades beneficiosas para la salud, incluyendo efectos antiinflamatorios y antioxidantes [15]. Además, este vegetal es una fuente natural de antocianinas y otros fitonutrientes, se ha destacado como un candidato prometedor para incorporarse en dietas adelgazantes.

El análisis de la literatura permite conocer el impacto de las antocianinas en la pérdida de peso y mejora en la salud metabólica refiere resultados heterogéneos [16]. Unos estudios sostienen que aquellos alimentos que presentan este componente conllevar a reducir medidas corporales y minimizar la inflamación, otros indican el consumo no genera un impacto significativo en la ingesta cotidiana de calorías o cambios en el estilo de vida. Sin embargo, coinciden en que los alimentos que contienen antocianinas tienen propiedad que regulan el metabolismo y antioxidantes.

La antocianina que se encuentran presentes en la col morada regula el metabolismo energético, debido que la proteína de quinasa activada por AMP (AMPK), es una enzima que genera un balance energético celular que accede a oxidar los ácidos grasos y minimiza los lípidos, aunque estos no siempre se asocian a la reducir peso [17]. Por otro lado, este compuesto influye en el receptor activado por proliferadores de peroxisomas gamma (PPAR- γ), que es el causante del almacenamiento de tejido adiposo, lo que muestra un efecto regulador en el metabolismo lípido [18]. Además, la antocianina es de relevancia ante las actividades antioxidantes porque reduce el estrés oxidativo y la inflamación crónica del cuerpo que va de la mano con la resistencia a la insulina y se refleja en la obesidad. De modo que este componente de la col morada son parte de las especies reactivas de oxígeno y regula el metabolismo, accede al control glucémico con la activación de AMPK [19]. Es necesario considerar los métodos de consumo, dosis y características de la población.

En estudios humanos se ha comprobado que, las antocianinas es uno de los compuestos de la col morada, que aporte los nutrientes necesarios para lograr la saciedad y pérdida de peso. Sin embargo, la estabilidad del mismo se ve limitada a su estabilidad que se ve afectada por la temperatura, debido a que las altas temperaturas generan degradación, es decir, la pérdida del color y minimiza sus propiedades antioxidantes. De modo que, la forma de cocción incide significativamente, por lo tanto, es recomendado consumir este alimento al vapor o salteado para conservar sus nutrientes. En el caso de consumo de la col en saladas con aderezo de vinagre o limón permite mantener sus tonos intensos y mayor estabilidad [20]. Sin embargo, A pesar que existen alimentos funcionales, que permiten reducir la obesidad a través de los nutrientes de los vegetales y hortalizas, como es el caso de la col morada que es respaldada por algunos estudios donde se

identifica la presencia de compuestos bioactivos, aún existe una escasez de investigaciones aplicadas a casos específicos donde se analiza el impacto de los programas dietéticos dirigidos a un segmento específico de la población con obesidad, está respalda la necesidad de desarrollar estudios minuciosos que accedan realizar una evaluación precisa de los efectos del consumo de la col a partir de la consideración de indicadores antropométricos y metabólicos que contribuyen a evidenciar el potencial que presenta este alimento como una estrategia nutricional natural y funcional para el control del peso.

Esta investigación tiene el objetivo de evaluar la efectividad de las dietas adelgazantes elaboradas a base de col morada en personas con obesidad de la Fundación Cleotilde Guerrero O de la ciudad de Guayaquil. De forma específica, se determinará la variación del peso corporal (kg) con la intervención nutricional a partir del consumo de col morada, valorar el cambio en el índice de masa corporal (IMC) en la población con obesidad mórbida con la aplicación del plan nutricional y asociar la reducción del perímetro abdominal (cm) para lograr la disminución de grasa corporal.

En este contexto, el presente estudio, llevado a cabo en la Fundación Cleotilde Guerrero O, se propone abordar esta brecha en el conocimiento. A través de un diseño de investigación cuidadosamente diseñado, se evaluará la efectividad de las dietas adelgazantes elaboradas a base de col morada en personas con exceso de obesidad. Se espera que los resultados de este estudio proporcionan información sobre la utilidad de la col morada como un componente dietético en la gestión de la obesidad y sus posibles beneficios para la salud metabólica. La investigación en esta área tiene el potencial de ofrecer estrategias más efectivas y personalizadas para abordar la creciente epidemia de obesidad y sus consecuencias para la salud pública y la calidad de vida de las personas.

Esta investigación se justifica en función a la factibilidad metodológica debido a el aporte científico que se realizan en el ámbito de la nutrición y los alimentos funcionales es un vegetal disponible, de bajo costo y de fácil preparación, por lo que al evaluar su uso en las intervenciones dietéticas para pacientes con obesidad, se demuestra su alto valor en contenidos bioactivos y otros nutrientes que benefician en la regulación del metabolismo y reducir los procesos antiinflamatorios generando mejoras visibles y significativas en indicadores de salud [21].

En el caso específico de desarrollar una investigación en Cleotilde Guerrero O que presenta frecuentemente personas con problemas de obesidad, conlleva a implementar un seguimiento periódico de los participantes y obtener información relevante que en su análisis permite entender los efectos de la intervención nutricional. Asimismo, aportar evidencia empírica acerca del potencial de los vegetales en las dietas adelgazantes e integrar los conocimientos en nutrición, gastronomía e ingeniería

química para resaltar las propiedades funcionales de los alimentos y la aplicación en programas que promuevan la salud.

2.- Materiales y métodos.

La investigación se efectuó a través de un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental longitudinal con mediciones de pretest – posttest, con la finalidad de evaluar los efectos de la dieta adelgazante a base de col morada considerando a personas con obesidad. Este diseño permite conocer los cambios que se producen en determinados aspectos, antes y después de la intervención nutricional con la finalidad de comparar los resultados obtenidos en momentos diferentes durante el proceso investigativo. Es importante señalar que, el estudio se efectúa en el contexto de un programa de apoyo nutricional, dirigido a personas que presentan obesidad, por lo tanto, se implementó estrategias alimentarias saludables, como es el consumo de alimentos naturales que presentan un potencial funcional.

Este estudio se llevó a cabo como un ensayo clínico pretest – posttest sin grupo de control para investigar efectividad de dietas adelgazantes elaboradas a base de col morada en personas con obesidad: un estudio realizado en la Fundación Cleotilde Guerrero O, con una población de estudio fueron seleccionados a partir de aquellos que buscaban atención médica en la Fundación Sra. Cleotilde Guerrero O en el sector de Isla Trinitaria, Guayaquil, corresponde a 50 personas adultas, en su mayoría diagnosticados con obesidad mórbida, con edades comprendidas entre 30 y 65 años. Sin embargo, la muestra para realizar la intervención se redujo a 15 personas, debido a aspectos como: abandono voluntario del proceso, inasistencia a los controles e incumplimiento de los criterios de inclusión que refieren el incumplimiento de plan alimenticio. De tal forma que, se consideró una muestra probabilística por conveniencia. Es necesario resaltar que, no se realizó el cálculo de la muestra de manera formal, lo que genera limitante en la realización del estudio y puede incidir en la representatividad de los resultados y la generalización de los mismos.

Los criterios de inclusión permitieron considerar a personas mayores de edad que presentan en la actualidad un diagnóstico de obesidad de acuerdo al índice de masa corporal, De acuerdo a los parámetros establecidos por organismos internacionales de salud en adultos corresponde a valores igual o superior a 30 kg/m². En la misma medida, se toma en consideraciones aspectos éticos fundamentales, consentimiento informado para la realización de las evaluaciones programadas en los periodos de intervención y la confidencialidad de los datos obtenidos. En la caracterización de la muestra, se consideraron variables demográficas, como edad y género de los participantes que permitieron efectuar un análisis a partir de la distribución según el grupo etario para conocer la influencia en el comportamiento metabólico y la respuesta de los organismos ante la intervención nutricional direccionada a

la pérdida de peso corporal.

Se consideró variables antropométricas, que permitan evidenciar el estado nutricional y la composición corporal de los participantes, tales como peso corporal, talla, índice de masa corporal y el perímetro abdominal utilizando balanzas digitales equilibradas con capacidad, de hasta 150 kg y precisión de igual o mayor a 0.1 kg con la finalidad de garantizar la exactitud de los valores obtenidos, los mismos que fueron obtenidos en horas de la mañana utilizando indumentaria ligera. Mientras que, la talla se obtuvo a través de un tallímetro con precisión de igual o mayor a 0.1 cm donde los participantes se ubicaron en posición erguida y con los pies juntos, como parte de los protocolos para las mediciones antropométricas para ser clasificados en una categoría:

Tabla 1 Índice de masa corporal

IMC MIN	IMC MAX	Categoría	Diagnóstico Nutricional
0	18,49	Peso Bajo	---
18,5	24,99	Normal	Q---
25	29,99	Sobrepeso	---
30	34,99	Obesidad Leve	1
35	35,99	Obesidad Media	2
40	En adelante	Obesidad Mórbida	3

Fuente: Datos obtenidos de Vinueza et al., 2023 [22].

Los valores obtenidos en la medición de pesos y tallas permitieron realizar el cálculo del índice de masa corporal que es uno de los indicadores utilizados para determinar el estado nutricional en adultos para lo cual se consideró la relación del peso en kilogramos y el cuadrado de la talla expresado en metros cómo se muestra en la ecuación:

$$IMC = \text{peso (kg)} / \text{talla}^2 (\text{m}^2) \quad (1) \quad [23], [24].$$

El perímetro abdominal fue obtenido con ayuda de una cinta métrica antropométrica flexible que se coloca en la región abdominal a la altura del ombligo donde los participantes se encuentran de pie y con respiración normal. Esta variable es importante debido a que, es uno de los indicadores que permite evidenciar la acumulación de grasa abdominal asociada a un riesgo significativo de enfermedades metabólicas y cardiovasculares. El procedimiento se efectuó considerando varios momentos de valoración. El primer control se efectuó el mes de agosto donde se registran las variables demográficas, antropométricas y de laboratorio qué refiere la medición inicial.

En lo posterior a la recolección de la información, se diseñó el plan nutricional a base de col morada, se elabora considerando datos como, pesaje y medición considerando que es su mayoría corresponde a una población adulta

mayor, donde se combina otros alimentos como: carbohidratos, vegetales, grasas y frutas para lograr un equilibrio en la alimentación cotidiana. Sin embargo, el protagonista es la col morada en diversas presentaciones, cruda en ensalada o cocida sea esta al vapor, salteadas, cremas y sopas integradas en almuerzo y meriendas que corresponde a un consumo diario de 150gr – 250gr/día que refiere a una o dos tazas que aporta la fibra que requiere el cuerpo para una óptima digestión, genera saciedad y favorece al déficit calórico que requiere para reducir medidas.

Tabla 2 Plan nutricional a base de col morada

	Desayuno	Media mañana	Almuerzo	Media Tarde	Merienda
Lunes	1 taza de avena en agua 4 trozos de papaya	1 manzana verde	60gr de pollo a la plancha 1 taza de ensalada de col morada 1/2 taza de arroz integral	1 vaso de 250 ml de yogurt natural	250 ml de crema de col morada 1 Huevo cocina
Martes	1 huevo cocinado 2 rodajas de pan integral tostado 1 taza de té	1 pera	60 gr de pescado asado o al vapor 2 taza de col morada con aderezo de limón. 1 papa pequeña cocinada.	1 taza de té 2 galletas integrales	1 taza de ensalada de col morada 60 gr de atún en agua
Miércoles	1 taza de lentejas cocinadas 1 taza de ensalada de col morada.	1 banana pequeña	1 taza de lentejas cocinadas 1 taza de ensalada de col morada.	1 manzana verde	1 taza de col morada 1 taza de pollo desmenuzad o cocinado en agua.
Jueves	60 gr de carne guisada 1 taza de col morada	1 naranja	60 gr de carne guisada 1 taza de col morada	1 vaso de yogurt	250 ml de sopa de col morada con verduras
Viernes	250 ml de crema de col morada	4 trozos de papaya	60 gr de atún en agua 1 taza de ensalada de col morada 1 taza de arroz integral	1 taza de té 2 Galletas integrales	250 ml de crema de col morada

Sábado	1 taza de ensalada de col morada 1 huevo revuelto	1 manzana verde	60 gr de pollo guisado 1 taza de col morada 1 papa pequeña cocinada	1 taza de té de manzanilla	1 taza de ensalada de col morada 1 huevo revuelto
Domingo	1 taza de avena en agua 1 banano pequeño	4 trozos de melón	60 gr de pescado al horno 1 taza de col morada 1 taza de arroz integral	1 vaso de yogurt	250 ml de sopa de col morada con verduras,

Fuente: Este plan nutricional es adaptado a las necesidades de los participantes de la fundación Cleotilde Guerrero O, que se mantiene bajo vigilancia de presión y glucosa. La duración es de 4 semanas por lo que se sugiere en la semana 2 – 4 el participante puede continuar con la misma secuencia, o variar lo días sin repetir los mismo durante la semana.

Adicionalmente, se recomendó de manera general hábitos alimentarios necesarios como el control de las porciones y consumo de alimentos naturales para lograr una mayor adherencia de los participantes a la dieta establecida. La segunda valoración se realizará en septiembre para registrar información actualizada con respecto a las variables antropométricas y de laboratorio, que permiten realizar la comparación con los resultados obtenidos al inicio y conocer la variación entre el antes y después de la implementación de la dieta basada en el consumo de la col morada. Esta permitirá conocer si se obtuvieron cambios en cuanto al peso corporal, índice de masa corporal, perímetro abdominal.

Aunque se lleva a cabo el consumo de los alimentos que se establecen en el plan nutricional donde se enfatiza el consumo cotidiano de la col morada, no se efectuó un control estricto de la ingesta calórica diaria de los participantes, ni un registro a detalla de los macronutrientes, la intervención se enfatiza en la integración de la col como un alimento funcional en una dieta equilibrada. Por lo tanto, los resultados obtenidos no solo pueden ser influenciados por el consumo de este vegetal sino también con el consumo energético total.

La confiabilidad de las mediciones antropométricas se efectuaron procedimientos estandarizados para llevar a cabo el proceso de reconexión de información es decir antes de efectuar la medición se verificó y calibró los equipos que se utilizarían para efectuar las actividades. Por otra parte, los participantes fueron evaluados en condiciones similares. Es decir, considerando horarios similares en las sesiones de control para evitar alteraciones en los resultados, así como la ingesta inmediata de alimentos o la realización de alguna actividad física intensa que pueda afectar la evaluación.

Es importante señalar que, las mediciones fueron realizadas con ayuda de personal capacitado en el área y siguiendo los protocolos pertinentes para los estudios antropométricos en participantes adultos con el objetivo de reducir los errores

en la medición y garantizar que los datos recopilados sean consistentes en las diferentes fases.

Los datos que se obtuvieron fueron registrados en una base de datos con ayuda de la herramienta ofimática Microsoft Excel para procesar de forma inicial la información recopilada, se realizó la revisión y depuración de los datos registrados antes de efectuar el procesamiento estadístico, La clase clasificación del información de acuerdo a las variables demográficas y antropométricas con el objetivo de facilitar el análisis e interpretación de los mismos, esto permitió estructurar la información ordenada y sistemática. Seguido, se efectuó un análisis estadístico en Microsoft Excel dónde se consideró la estadística descriptiva para el análisis de las variables demográficas y antropométricas para comparar los valores obtenidos de forma inicial y final para realizar un diagnóstico e identificar los cambios en los indicadores evaluados. Se reconoció la duración delimitada del estudio como una posible limitación y la necesidad de un seguimiento a largo plazo para comprender mejor los efectos de las dietas adelgazantes elaboradas a base de col morada.

Las consideraciones éticas que se tuvieron en cuenta para la recolección de información y desarrollo de este proceso investigativo se enmarca a los principios éticos establecidos para investigar con ayuda de seres humanos donde quienes participan fueron informados acerca de los objetivos y pasos a desarrollar los mismos que aceptaron participar de manera voluntaria además se garantizó la confidencialidad de los datos obtenidos que serán utilizados con fines científicos y académicos. En la misma medida la fundación Cleotilde Guerrero O autorizó la realización del estudio en sus instalaciones

3.- Resultados.

Los resultados obtenidos consideraron variables demográficas, antropométricas y bioquímicas, llevadas a cabo con ayuda de los participantes de la fundación Cleotilde Guerrero. La muestra se conformó por 15 personas que en su mayoría presentan problemas de obesidad y fueron participe de la primera valoración correspondiente al 31 de agosto de 2023 en horario matutino, conlleva a obtener la siguiente información:

Tabla 3 Evaluación inicial de los participantes

Partic.	Edad	Fecha de Nacimiento AA-MM-DD	Peso (Kg)	Talla (Mts)	Perímetro abdominal (cms)
P1	57	1965-07-18	87,70	1,56	108,00
P2	32	1990-01-06	74,84	1,41	102,00
P3	40	1981-12-20	84,37	1,54	104,00
P4	51	1971-07-30	81,64	1,43	102,00
P5	56	1966-08-12	81,65	1,51	98,00
P6	48	1973-12-12	75,75	1,53	96,00
P7	62	1960-05-21	84,75	1,70	107,00
P8	63	1959-07-20	70,76	1,59	88,00
P9	56	1965-11-28	56,70	1,41	94,00
P10	48	1973-10-17	86,50	1,43	114,00
P11	27	1995-06-02	67,10	1,48	81,00
P12	25	1998-05-22	93,89	1,59	105,00

Partic.	Edad	Fecha de Nacimiento AA-MM-DD	Peso (Kg)	Talla (Mts)	Perímetro abdominal (cms)
P13	53	1970-11-27	57,60	1,55	108,00
P14	52	1963-04-18	63,50	1,50	88,00
P15	52	1971-04-07	100,24	1,48	107,00

Fuente: datos obtenidos durante el tallaje y pesaje a los participantes de la Fundación Cleotilde Guerrero O, con fecha 31 de agosto de 2023.

La base de datos especifica los valores obtenidos durante el proceso inicial de recolección de datos como: edad, fecha de nacimiento, sexo, peso, talla y medidas abdominales de cada uno de los participantes. Los mismos que permitieron generar una visión integral de las condiciones en las que se encontraban los pacientes de esta fundación antes de la implementación de la col morada en su plan alimenticio cotidiano. Se encontró que el 93.33% de los participantes corresponden al género femenino, que oscilan entre 27 – 63 años de edad, por lo que corresponde a personas que se encuentran en grupo etario de adultos.

Las variables antropométricas se contrastaron con el Índice de Masa Corporal (IMC) para personas adultas entre 18 y 75 años, para determinar el tipo la intervención nutricional acompañada con actividad física que requieren los participantes, que se muestra a continuación:

Tabla 4 valoración y diagnóstico de las necesidades de los participantes

#	IMC	DIAGNÓSTICO	DIETA	ACTIVIDAD
1	56,218	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
2	53,078	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
3	54,786	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
4	57,091	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
5	54,073	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
6	49,510	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
7	49,853	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
8	44,503	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
9	40,213	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
10	60,490	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
11	45,338	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
12	59,050	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
13	37,161	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
14	42,333	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere
15	67,730	Obesidad mórbida	Hipocalórica	Requiere

Fuente: Diagnóstico realizado a partir del IMC en contraste con las tallas y pesos obtenidos de los participantes de la Fundación Cleotilde Guerrero

El 100% presentan obesidad tipo III u obesidad mórbida debido a que su IMC > 40.21. Por lo tanto, presentan problemas de diabetes tipo II, problemas cardiovasculares, hipertensión arterial, dolor en las articulaciones y síndromes metabólicos. Por lo tanto, la información encontrada permitió fijar una línea de tiempo que en lo posterior se utilizará para comparar los resultados una vez aplicada la intervención de la dieta alimenticia a base de col morada. En lo posterior, se realizó la segunda evaluación considerando los mismos aspectos, horario y condiciones similares al anterior, el 29 de septiembre de 2023 tras la intervención con la dieta a la base de col morada, los valores obtenidos comprenden:

Tabla 5 Segunda evaluación a los participantes

Partic.	Edad	Fecha de Nacimiento AA-MM-DD	Peso (Kg)	Talla (Mts)	Perímetro abdominal (cms)
P1	57	1965-07-18	87,70	1,56	105,00
P2	32	1990-01-06	74,84	1,41	92,00
P3	40	1981-12-20	84,37	1,54	103,00
P4	51	1971-07-30	81,64	1,43	104,00
P5	56	1966-08-12	81,65	1,51	96,00
P6	48	1973-12-12	75,75	1,53	92,00
P7	62	1960-05-21	84,75	1,70	104,00
P8	63	1959-07-20	70,76	1,59	85,00
P9	56	1965-11-28	56,70	1,41	86,00
P10	48	1973-10-17	86,50	1,43	110,00
P11	27	1995-06-02	67,10	1,48	79,00
P12	25	1998-05-22	93,89	1,59	96,00
P13	53	1970-11-27	57,60	1,55	105,00
P14	52	1963-04-18	63,50	1,50	81,00
P15	52	1971-04-07	100,24	1,48	112,00

Fuente: datos obtenidos durante el tallaje y pesaje a los participantes de la Fundación Cleotilde Guerrero O, con fecha 29 de septiembre de 2023.

Una vez realizadas la intervención con el plan nutricional a base de col morada en 4 semanas, representan cambios significativos que se muestran en el peso y el perímetro abdominal, como se muestran a continuación:

Tabla 6 Variación en el peso (KG) y perímetro abdominal (cm)

	PESO			PERÍMETRO ABDOMINAL		
	Inicial	Final	Variación (kg)	Inicial	Final	Variación (cm)
P1	87,70	82,00	-5,70	108	105	3
P2	74,84	74,00	-0,84	102	92	10
P3	84,37	87,00	2,63	104	103	1
P4	81,64	83,00	1,36	102	104	-2
P5	81,65	81,00	-0,65	98	96	2
P6	75,75	74,00	-1,75	96	92	4
P7	84,75	82,00	-2,75	107	104	3
P8	70,76	69,00	-1,76	88	85	3
P9	56,70	58,00	1,30	94	86	8
P10	86,50	84,00	-2,50	114	110	4
P11	67,10	65,00	-2,10	81	79	2
P12	93,89	85,00	-8,89	105	96	9
P13	57,60	85,00	27,40	108	105	3
P14	63,50	65,00	1,50	88	81	7
P15	100,24	81,00	-19,24	107	112	-5

Fuente: los datos fueron obtenidos del pesaje a los participantes y procesos con ayuda de la herramienta Microsoft Excel, utilizando la formula, variación (peso o perímetro final – peso o perímetro inicial).

La Fig. 1 muestra las variaciones obtenidas en los 15 participantes en lo posterior a la intervención del plan nutricional, que evidencia una tendencia general a la reducción de peso y perímetro abdominal de los participantes, donde se observa una mayor disminución de medidas en la variable perímetro abdominal.

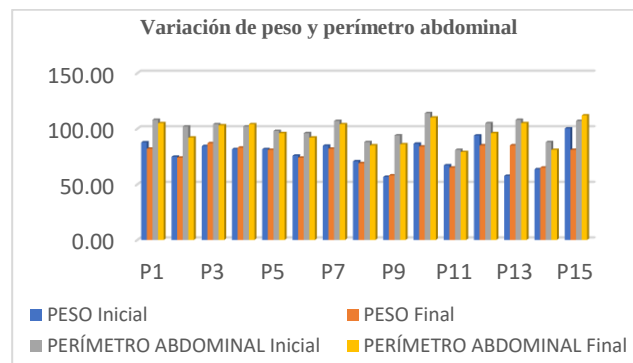


Fig. 1 variaciones de peso (Kg)

En la misma medida, la presentación de los datos en esta matriz, facilitó el procesamiento estadístico para conocer las tendencias iniciales y en lo posterior a la intervención con la dieta a base de col morada, en función al peso de los participantes de acuerdo a su sexo, así como el perímetro abdominal que muestra los cambios mediante la comparación de las medidas obtenidas y determinar el impacto de los cambios que se observan en los participantes de la Fundación Cleotilde Guerrero O:

Tabla 7 estadísticos estadístico de las variables antropométricas

	Peso	Perímetro
Media	-0,80	-3,47
Desviación Estándar (DE)	9,490946413	3,96
Intervalo de confianza (IC) 95%	2,450551826	1,022912121
Cohen's	-0,084220614	-0,875040452

Fuente: datos obtenidos mediante el uso de fórmulas de Microsoft Excel
 =promedio (diferencia de peso o perímetro participante 1: diferencia de peso o perímetro participante 15), = DESVEST.M(diferencia de peso o perímetro participante 1: diferencia de peso o perímetro participante 15), =DESVEST.M(diferencia de peso o perímetro participante 1: diferencia de peso o perímetro participante 15) /RAIZ(#PARTICIPANTES)), =MEDIA diferencia de peso o perímetro/DESVIACIÓN ESTANDAR peso o perímetro.

Se encontró una reducción en el peso corporal de los participantes de la Fundación Cleotilde Guerrero O, con una diferencia media de 0.80kg± 9.49. Esta disminución muestra una alta variabilidad entre los participantes. El intervalo de confianza (IC)95% fue aproximadamente de - 3.25 a 1.65 kg, lo que evidencia que el cambio no es concluyente. En la misma medida el tamaño del efecto calculado a través del estadístico cohen's fue d=0.08 que refiere un efecto muy pequeño.

Por otro lado, el perímetro abdominal, evidencia una disminución de la media de -3.47 cm ± 3.96 que muestra una tendencia a reducir medidas de forma más consistente. El intervalo de confianza (IC)95% obtenido oscila entre - 4.49 y -2.45 cm lo que sugiere mayor precisión en la estimación. Mientras que el tamaño del efecto fue d= -0.88 lo que muestra un efecto grande y refiere un impacto relevante en la intervención nutricional.

Por otro lado, para determinar la diferencia en el grupo evaluado es real o al azar, es pertinente realizar una prueba *t* Student para muestras relacionadas, donde se obtuvo lo siguiente:

Tabla 8 Prueba *t* para muestras relacionadas

	Peso		Perímetro abdominal	
Media	77,0921429	76,6428571	99,5714286	96,0714286
Varianza	168,223695	84,5549451	85,3406593	113,60989
Observaciones	14	14	14	14
Coefficiente de correlación de Pearson	0,66134596		#N/A	
Diferencia hipotética de las medias	0		0	
Grados de libertad	13		13	
Estadístico <i>t</i>	0,17244928		3,18703238	
P(T<=t) una cola	0,43287007		0,00357186	
Valor crítico de <i>t</i> (una cola)	1,7709334		1,7709334	
P(T<=t) dos colas	0,86574014		0,00714372	
Valor crítico de <i>t</i> (dos colas)	2,16036866		2,16036866	

Fuente: datos obtenidos mediante el uso de Microsoft Excel, datos, prueba *t* para medias de dos muestras emparejadas.

Los resultados obtenidos en el análisis de datos descriptivos, específicamente la *prueba t* Student para muestras relacionadas, permiten determinar que el peso corporal refiere un valor de 0.86. Es decir, no representa una diferencia significativa ($p > 0.05$). Por otro lado, el perímetro abdominal refiere un resultado de 0.007 que muestra una reducción significativa, y conlleva a asociar la intervención nutricional con la disminución del tejido adiposo.

4.- Discusión

La investigación realizada muestra las variaciones en los aspectos antropométricos de los participantes en lo posterior a la intervención nutricional a base de col morada. Se observaron cambios relacionados a la variable peso y perímetro abdominal, que refieren indicadores significativos en la valoración realizada para lograr una reducción de peso en individuos que presentan obesidad. Lo obtenido podría indicar que los alimentos que presentan compuestos bioactivos en un plan alimentario propuesto por profesionales en el área y de acuerdo a las necesidades individuales permiten mejorar los parámetros relacionados al exceso de peso. Algunos estudios realizados sugieren que las dietas donde se utilizan vegetales que presentan compuestos antioxidantes y fibra genera una pérdida de peso corporal debido a la saciedad que origina y contribuye a acelerar el metabolismo [25], [26].

Los resultados se alinean al cumplimiento del objetivo planteado que comprende analizar la efectividad de la dieta adelgazante a base de col morada en la Fundación Cleotilde Guerrero O. De modo que, el vegetal con tonalidad morada puede contribuir a la pérdida de peso, por su alto contenido de antioxidantes, como antocianinas y flavonoides, que

tienen efectos beneficiosos en el metabolismo y la quema de grasas. Además, su alto contenido de fibra dietética puede promover la saciedad y reducir la ingesta calórica total [27], [28]. El consumo de este alimento es recomendable para reducir la obesidad y sobrepeso. Además, prevenir enfermedades derivadas del exceso de grasa corporal [29].

Lo encontrado tiene concordancia con las investigaciones previas que podrían indicar que, el consumo de vegetales como una propuesta alimenticia funcional a base de productos naturales, puede ser considerado en la dieta hipocalórica para reducir la adiposidad del cuerpo y en los últimos años ha sido parte de las estrategias de los especialistas en nutrición para prevenir las enfermedades crónicas. En particular, el señalado por los compuestos bioactivos que emergen de la familia Brassica inciden en el proceso fisiológico y controlan el peso de los individuos [30].

El análisis estadístico descriptivo conlleva a identificar el comportamiento de las variables antropométricas que se valoraron en los participantes con las mediciones realizadas para su efecto se consideró el procesamiento de la información a través de Microsoft Excel y se realiza el cálculo de las tendencias centrales y de dispersiones que refieren: la media, desviación estándar, valores mínimos y máximos de aspectos como peso corporal, talla y perímetro abdominal. Los resultados muestran valores elevados de índice de masa corporal en todos los participantes estos son superiores a 40 kg /m², que sugiere una obra obesidad tipo 3, de acuerdo a los criterios señalados por la *World Health Organization* es también considerado como obesidad mórbida [31]. Al encontrarse casos de obesidad severa presente en los asistentes a la fundación Cleotilde Guerrero O se resalta la necesidad de considerar la aplicación de una intervención nutricional direccionada a la reducción y control del peso. En consecuencia, el análisis descriptivo muestra un impacto positivo debido a la intervención dietética a base de col Morada.

El análisis es comparativo de los resultados obtenidos, sugieren que el consumo de vegetales que presentan compuestos fenólicos pueden contribuir a la reducción de los indicadores asociados a la obesidad, qué debido al estrés oxidativo ha generado un prominente tejido adiposo [32]. Aunque la mayor parte de los estudios realizados se han desarrollado en entornos generalizados, de tal forma que existe limitada evidencia que avale la factibilidad de las intervenciones dietéticas en una población específica.

Por lo tanto, lo encontrado respalda la premisa acerca de los beneficios para la salud, debido a la pérdida de peso, el consumo de col morada puede proporcionar beneficios adicionales para la salud, como la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y la mejora de la salud digestiva debido a su contenido de antioxidantes y fibra. En la misma medida, origina mejor autoestima y minimiza los

rasgos depresivos [33].

La sostenibilidad a largo plazo, es importante destacar que, aunque este estudio muestra resultados prometedores, se necesita afianzar otras investigaciones para determinar la sostenibilidad a largo plazo de las dietas adelgazantes basadas en col morada. La adherencia a este tipo de dieta a lo largo del tiempo y sus efectos a largo plazo pueden reducir significativamente las estadísticas de obesidad y sobrepeso a nivel mundial.

Por otro lado, otros de los aspectos que se consideró para lograr un impacto favorable en la pérdida de peso, fue la personalización y supervisión, es de vital relevancia, aunque la col morada puede ser beneficiosa en la pérdida de peso, es crucial tener en cuenta la importancia de la personalización de la dieta y la supervisión médica [34]. Las necesidades nutricionales pueden variar entre individuos, y es fundamental adaptar las dietas adelgazantes según las características y requerimientos específicos de cada persona [35].

El estudio permitió realizar un análisis del impacto de las dietas a base de col morada, a un grupo de participantes de la fundación Cleotilde Guerrero O donde se consideraron variables antropométricas tales como peso corporal, talla índice de masa corporal y perímetro abdominal. De modo que, a través del análisis de los datos recopilados en el periodo de intervención, se identificó que algunos indicadores presentan problemas, específicamente el peso y el perímetro abdominal. Factores que sustentaron la integración de alimentos nutritivos en un plan alimenticio que permita controlar el peso en personas que presentan obesidad.

Además, el plan nutricional se acompañó con la recomendación de efectuar actividad física de aproximadamente 30 minutos al día, por ejemplo, caminatas, correr, subir escaleras que son ejercicios básicos recomendables para personas que se encuentran en el grupo etario intervenido, la misma que accede un gasto calórico entre 120 – 200 kcal por sesión realizada. Aunque no se efectuó un control detallada ni cuantificado del cumplimiento de este parámetro sugerido. De modo que, no es posible precisar la influencia de las actividades físicas en los resultados obtenidos. Por lo tanto, esta puede haber actuado como una variable confusora que influye en la reducción del peso.

Los resultados se encuentran alineados con el objetivo de estudio direccionado a evaluar los beneficios de la col morada como una estrategia nutricional para reducir medidas. Sin embargo, no los datos obtenidos no son generalizables a toda la población debido a que constituye una evidencia exploratoria en un contexto comunitario. La investigación realizada permite minimizar la brecha en la literatura al efectuar un análisis de la aplicación de una dieta a base de col morada considerando un contexto específico y real para implementar una propuesta nutricional innovadora

y de bajo costo. Desde la perspectiva de la ingeniería química aplicada a la gastronomía, la investigación accede a interpretar la composición química de los alimentos y asociarlos al impacto ante el consumo en la salud humana [36]. Es así que, la presencia de compuestos activos en los vegetales corresponde a una línea investigativa necesaria y relevante para el diseño de estrategias alimentarias que se direccionen a mejorar la calidad de vida de los individuos indistintamente de la edad en que se encuentren.

Es pertinente reconocer que, las limitantes para el desarrollo del estudio deben ser consideradas para interpretar los datos obtenidos. Es decir, la intervención realizada corresponde a un periodo corto de implementación y valoración, lo que incide al evaluar los efectos a largo plazo y determinar los beneficios de la dieta en relación a los indicadores de salud. Además, los hábitos alimenticios cotidianos el índice de actividad física y otras características que presentan los participantes pueden incidir en la respuesta a la intervención nutricional efectuada y generar cambios en los resultados [37]. Además, los hábitos alimenticios cotidianos, el índice de actividad física y otras características que presentan los participantes pueden incidir en la respuesta a la intervención nutricional, efectuada y generar cambios en los resultados observados [38].

En las próximas investigaciones se debe considerar un mayor número de participantes variables y periodos para realizar un seguimiento y determinar los cambios a largo plazo. Los resultados encontrados permiten reforzar la idea de la importancia de promover el consumo de alimentos naturales que presenten compuestos bioactivos, como una estrategia para incentivar a una alimentación equilibrada y saludable [39]. De tal modo que, la información obtenida desde la nutrición gastronomía ingeniería química permiten generar propuestas innovadoras sustentadas en evidencia científica

Al abordar el nivel de adherencia y cumplimiento de la dieta por parte de los participantes. Los efectos en la salud y en la pérdida de peso, lo que es importante establecer los posibles efectos de las dietas adelgazantes elaboradas a base de col morada en la salud general de los participantes en los cuales se observaron mejoras en los marcadores de salud, como los niveles de glucosa en sangre, los lípidos sanguíneos o la presión arterial, los resultados reportaron efectos adversos asociados con el consumo de col morada.

Cabe recalcar que, los resultados obtenidos no son generalizables para toda la población adulta o de la tercera edad que presentan obesidad 3 o mórbida, puesto a que, el tamaño de la muestra es reducido y se seleccionó por conveniencia. Sin embargo, la información que se presenta muestra datos importantes en un contexto comunitario donde no se explora de manera frecuente. Por lo tanto, puede ser catalogado de carácter exploratorio porque conlleva a identificar los cambios que pueden ser asociados a la implementación de un plan nutricional a base de col

morada. De modo que, pueda servir como base para nuevas investigaciones con un diseño más representativo para comprobar los hallazgos obtenidos.

5.- Conclusión.

El estudio aporta fundamento científico acerca de la relevancia de los alimentos naturales que presentan propiedades funcionales en el contexto de la nutrición. La colorada debido a su alto nivel de nutrientes compuestos bioactivos y fibra dietética es un vegetal con potencial para ser implementados en programas de alimentación saludables direccionados a cualquier sector de la población que presente problemas de sobrepeso u obesidad. En virtud de lo encontrado, se puede especificar que la investigación contribuye significativamente para expandir los conocimientos acerca del uso de alimentos. En las intervenciones nutricionales.

El vínculo que existe al integrar la nutrición gastronomía ingeniería química para el análisis de los alimentos y los beneficios en la salud humana lo que permite estructurar estrategias alimentarias que permitan mejorar la calidad de vida de la población.

Desde el punto de vista práctico los resultados recopilados muestran que la col morada es un vegetal que puede implementarse en un programa de intervención nutricional no solamente para personas con obesidad sino también aquellos que tienen problemas de control de peso para minimizar la existencia de enfermedades a futuro. Sin embargo, es importante señalar que las dietas adelgazantes deben ser diseñadas a partir de un diagnóstico personalizado donde se cuente con la información suficiente para determinar si el consumo de alimentos cotidiano es el adecuado considerando factores como edad, salud y las características metabólicas.

Por último, es recomendable que en las próximas investigaciones se amplíe la población de estudio, así como los periodos de intervención e incluso integrar otras variables que permitan realizar una evaluación más precisa. Por ejemplo, considerando indicadores bioquímicos y metabólicos que sirvan como complemento de la evaluación antropométrica y permiten optimizar la implementación de estrategias de alimentación equilibrada.

6.- Contribuciones de los autores (Taxonomía de roles de los colaboradores - Credit)

1. Conceptualización: Marina Arteaga Peñafiel
2. Curación de datos: Katherine Zavala Villavicencio
3. Análisis formal: Alex Villao Villacrés
4. Adquisición de fondos: Arelys Sornoza Arteaga
5. Investigación: Ricardo Quimis Mantuano & Marina Arteaga Peñafiel
6. Metodología: Katherine Zavala Villavicencio
7. Administración del proyecto: Alex Villao Villacrés
8. Recursos: Arellys Sornoza Arteaga

9. Software: Alex Villao Villacrés
10. Supervisión: Marina Arteaga Peñafiel
11. Validación: Katherine Zavala Villavicencio
12. Visualización: Katherine Zavala Villavicencio
13. Redacción - borrador original: Mirian Villavicencio Párraga.
14. Redacción - revisión y edición: Mirian Villavicencio Párraga.

7.-Referencias.

- [1] C. D. Sánchez, «El estigma de la obesidad y su impacto en la salud: una revisión narrativa,» *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*, vol. 69, n° 10, pp. 868-877, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2021.12.002>
- [2] Y. A. González y D. D. L. Vega, «Efectividad de la actividad física en la prevención y tratamiento de la obesidad: una revisión de la literatura,» *Revista digital: Actividad Física y Deporte*, vol. 10, n° 1, 2023. <https://doi.org/10.31910/rdafd.v10.n1.2024.2516>
- [3] S. R. León y C. B. E. Jiménez, Obesidad: atribución causal y estigmatización, México D.F.: UNAM, Facultad de Psicología, 2025.
- [4] D. Micic, S. Polovina y V. Yumuk, «Breve Historia de la obesidad,» *Acta Endocrinologica (Bucharest)*, vol. 20, n° 2, pp. 207-211, 2024. <https://doi.org/10.4183/aeb.2024.207>
- [5] World Health Organization, «Obesidad y Sobrepeso,» World Health Organization, 08 Diciembre 2025. [En línea]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. [Último acceso: 03 Marzo 2026].
- [6] Organización Panamericana de la Salud, «Día Mundial de la Obesidad: un desafío global - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud,» Organización Panamericana de la Salud, 03 Marzo 2025. [En línea]. Available: <https://www.paho.org/es/noticias/3-3-2025-dia-mundial-obesidad-desafio-global>. [Último acceso: 05 Marzo 2026].
- [7] Global Nutrition Report, «Global Nutrition Report | Country Nutrition Profiles - Global Nutrition Report,» Global Nutrition Report, 2025. [En línea]. Available: <https://globalnutritionreport.org/resources/nutrition-profiles/latin-america-and-caribbean/south-america/ecuador/>. [Último acceso: 05 Marzo 2026].
- [8] S. A. Ramirez, C. G. P. Benavides, B. J. D. Guacho y U. J. R. Planta, «Obesidad en los adultos mayores, riesgos y consecuencias,» *RECIAMUC*, vol. 6, n° 1, pp. 319-331, 2022. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(1\).enero.2022.319-331](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(1).enero.2022.319-331)
- [9] J. Joseph, V. Pradeep y Nisha, «Impact of an Information, Education, and Communication Package on Knowledge, Attitude and Quality of Life Regarding Obesity Among College Students in Kerala: A Mixed-Methods Study,» *Social Medicine*, vol. 19, n° 1, pp. 80-89, 2026. <https://doi.org/10.71164/socialmedicine.v19i1.2026.2123>
- [10] M. San Martín, Transformación saludable: Enfrentando la obesidad con un método personalizado para adelgazar, Buenos Aires: Tercero en discordia, 2025.
- [11] F. Arrieta y P. Botet, «Reconocer la obesidad como enfermedad: todo un reto,» *Revista Clínica Española*, vol. 221, n° 9, pp. 544-546, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2020.08.003>.
- [12] B. Carpenter, Hábitos saludables para perder peso, Buenos Aires: Urano , 2026.
- [13] J. V. L. Montoya y C. D. A. Robles, «Índices antropométricos como predictores de obesidad y riesgo metabólico en adolescentes de Loja,» *Revista Científica de Ciencias de la Salud*, vol. 16, n° 2, pp. 52-60, 2023. <https://doi.org/10.17162/rccs.v16i2.2021>
- [14] G. Mimbreno, Cambia tus hábitos: Nutrición para prevenir enfermedades y vivir mejor, RBA Libros y Publicaciones, 2022.

- [15] G. Vázquez, M. Piloni, L. A. Quintero, S. Soto y L. J. Ocampo, «Evaluación fisicoquímica de harina de col morada (Brassica oleracea var. capitata f. rubra) para usos alternos,» *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, vol. 8, n° 1, pp. 222-229, 2023. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.31>
- [16] X. Ma, Z. Jin, Z. Rao y L. Zheng, «Beneficios para la salud de las antocianinas contra las enfermedades relacionadas con la edad,» *Nutrición Frontal*, vol. 12, p. 1618072, 2025. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1618072>
- [17] A. Escalante, C. Mendoza, G. Mahady, V. D. Luna, U. Gutiérrez y H. Chuck, «Consumo de antocianinas en la dieta y su asociación con una reducción de los biomarcadores de obesidad y la prevención de la obesidad,» *Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos*, vol. 140, pp. 1-15, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104140>
- [18] T. Belwal, S. Fazel Nabavi, N. S. Mohammad y S. Habtemariam, «Antocianinas dietéticas y resistencia a la insulina: cuando los alimentos se convierten en medicina,» *Nutrients*, vol. 9, n° 10, pp. 1-22, 2017. <https://doi.org/10.3390/nu9101111>
- [19] E. G. M. Villagrán, L. Li, W. Cheng, Z. Li, Q. Gao, J. Sol y L. Hao, «Antocianinas: una revisión exhaustiva de sus propiedades químicas e impactos en la salud sobre el metabolismo de la glucosa en la diabetes mellitus gestacional,» *Alimentación, nutrición y salud*, vol. 2, n° 28, pp. 1-16, 2025. <https://doi.org/10.1007/s44403-025-00041-0>
- [20] J. Nuskiewicz, J. Wróblewska, M. Wróblewski y A. Woźniak, «Alimentos vegetales morados ricos en antocianinas: biodisponibilidad, mecanismos antioxidantes y funciones en la regulación redox y la recuperación tras el ejercicio,» *Nutrientes*, vol. 17, n° 15, p. 2453, 2025. <https://doi.org/10.3390/nu17152453>
- [21] E. Jean Wilson, N. Sirpu Natesh, P. Ghadermazi, D. R. Pothuraju, S. Pandey, J. T. Kaifi, J. R. Dodam, J. N. Bryan, C. L. Lorson, A. A. Watrelot, T. J. Joshua Chan, J. M. Foster, S. K. Batra y Rachagan, «La modulación de la microbiota intestinal mediada por el jugo de col lombarda mejora la homeostasis epitelial intestinal y alivia la colitis,» *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 25, n° 1, p. 539, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms25010539>
- [22] A. F. Vinuesa Veloz, E. C. Tapia Veloz, G. Tapia Veloz, M. Nicolalde Cifuentes y V. Carpio Arias, «Estado nutricional de los adultos ecuatorianos y su distribución según las características sociodemográficas. Estudio transversal,» *Nutrición Hospitalaria*, 2022. <https://doi.org/10.20960/nh.04083>
- [23] A. Quetelet, «Física social o Ensayo sobre el hombre y el desarrollo de sus facultades,» *REIS: Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, vol. 87, pp. 305-324, 1999. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=759343>
- [24] G. Bause, «Dos fórmulas para calcular el IMC, y su relación con otros,» *Revista Digital de Postgrado*, vol. 11, n° 1, pp. 11-11, 2021. <https://doi.org/10.56183/iberojhr.v4i2.683>
- [25] S. Aucancela Sánchez, «Caracterización de péptidos bioactivos derivados de proteínas vegetales y su efecto antioxidante en alimentos funcionales en Ecuador,» *Ibero-American Journal of Health Science Research*, vol. 4, n° 2, pp. 270-277, 2024. <https://doi.org/10.56183/iberojhr.v4i2.683>
- [26] S. J. Espinoza, «La fibra como agente de saciedad para combatir la obesidad en niños,» *Polo del Conocimiento*, vol. 9, n° 10, pp. 631-646, 2024. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i5.5564>
- [27] O. Statilko, T. Tsiaka, V. J. Sinanoglou y I. F. Strati, «Descripción general de la composición fitoquímica de los cultivares de Brassica oleracea var. capitata,» *Foods*, vol. 13, n° 21, 2024. <https://doi.org/10.3390/foods13213395>
- [28] S. Laoutari, E. Christodoulou y A. E. Koutelidakis, «Una revisión narrativa del estilo de vida mediterráneo y su papel en la prevención y el manejo de la obesidad,» *Obesidad*, vol. 5, n° 2, 2025. <https://doi.org/10.3390/obesity5020043>
- [29] N. Randeni, J. Luo y B. Xu, «Revisión crítica de los efectos antiobesidad de las antocianinas a través de las vías de señalización PI3K/Akt,» *Nutrientes*, vol. 17, n° 7, p. 1126, 2025. <https://doi.org/10.3390/nu17071126>
- [30] M. Enríquez, F. Villafuerte y A. Figueroa, «Efectos de los componentes bioactivos de frutas, vegetales, lácteos y plantas medicinales en la nutrición humana,» *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*, vol. 6, n° 11, pp. 2-24, 2023. <https://doi.org/10.56124/allpa.v6i11.0055>
- [31] M. Kaufer-Horwitz y J. F. Pérez Hernández, «La obesidad: aspectos fisiopatológicos y clínicos,» *Interdisciplinario*, vol. 10, n° 26, p. 147, 2022. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2022.26.80973>
- [32] C. Porca Fernández, A. Calleja Fernández, L. Dalla-Rovese, A. Elbusto, P. Urones, M. García, M. Comas, O. Monasterio Jiménez, D. Novo y E. Sánchez, «Posicionamiento 2024 de las Guías Dietéticas SEEDO (Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad),» *Nutrición Hospitalaria*, n° 5, pp. 1-20, 2024. <https://doi.org/10.20960/nh.05545>
- [33] E. Ankkuri, S. Lommi, J. Lahti y V. Viljakainen, «Asociaciones de la salud mental con el desarrollo posterior del peso durante un seguimiento de 4 años en la adolescencia,» *Medrxiv*, pp. 1-34, 2025. <https://doi.org/10.1101/2025.10.01.25337050>
- [34] D. Chaudhary, D. Guleria, H. Aggarwal, V. Mishra, A. Chauhan, L. Dufossé y N. C. Joshi, «Nutrigenómica y dietas personalizadas: Adaptando la nutrición para una salud óptima,» *Investigación Alimentaria Aplicada*, vol. 5, n° 1, pp. 1-12, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100980>
- [35] S. J. Salas y S. A. Babio, *Nutrición y dietética clínica*, Barcelona: Elsevier, 2025.
- [36] M. Alcaraz González y J. Alcaraz González, «Interacción Química entre Alimentos: El Papel de los Aditivos en la Mejora de la Calidad de los Productos Alimenticios,» *Revista Científica de Salud y Desarrollo Humano*, vol. 6, n° 1, pp. 1651-1678, 2025. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i1.561>
- [37] J. F. Parodi, C. Valdivia Alcalde y I. Falvy Bockos, «Obesidad en adultos mayores: abordaje y manejo integral,» *Revista Horizonte.Médico (Lima)*, vol. 25, n° 3, pp. 1-9, 2025. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2025.v25n3.14>
- [38] F. Vilurgrón Aravena, T. Molina G., M. E. Gras Pérez y S. Font-Mayolas, «Hábitos alimentarios, obesidad y calidad de vida relacionados con la salud en adolescentes chilenos,» *Revista médica de Chile*, vol. 148, n° 7, pp. 921-929, 2020. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872020000700921>
- [39] R. Urrialde, C. Gómez, B. Pintos, G.-G. Aránzazu y B. Cifuentes, «Compuestos bioactivos de origen vegetal: desarrollo de nuevos alimentos,» *Nutrición Hospitalaria*, vol. 39, n° 3, p. 39, 2022. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.04302>

Evaluación de competencias conductuales en la industria acuícola ecuatoriana: análisis correlacional de habilidades blandas en el personal administrativo de Guayaquil

Evaluation of Behavioral Competencies in the Ecuadorian Aquaculture Industry: A Correlational Analysis of Soft Skills in Administrative Personnel from Guayaquil

Jorge Meza-Clark ¹ ; Teresa Meza- Clark ² ; Francisco Javier Duque-Aldaz ³ * ; Edwin Haymacaña Moreno ⁴ ; Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu ⁵ ; Fernando Raúl Rodríguez-Flores ⁶

Recibido: 25/04/2026 – Aceptado: 08/06/2026 – Publicado: 12/07/2026

Artículos de Investigación ☒

Artículos de Revisión ☐

Artículos de Ensayos ☐

* Autor para correspondencia.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Los autores conservan los derechos sobre sus artículos y pueden compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra, siempre que se reconozca la autoría, no se utilice con fines comerciales y se mantenga la misma licencia en obras derivadas.

Resumen.

El sector acuícola ecuatoriano ha experimentado un crecimiento exponencial, consolidándose como un pilar de la economía nacional, donde la gestión administrativa requiere competencias que trascienden el conocimiento técnico. El presente estudio tuvo como objetivo examinar las habilidades blandas presentes en el personal administrativo del sector acuícola ecuatoriano. Se aplicó un cuestionario estructurado a 88 empleados administrativos de cinco empresas acuícolas líderes en Guayaquil, evaluando cinco dimensiones: integridad, liderazgo, trabajo en equipo, comunicación y resolución de problemas, con una escala de Likert de cinco puntos. El instrumento mostró una excelente consistencia interna, con alfa de Cronbach global de 0.944. Los resultados revelaron niveles elevados de autopercepción en todas las dimensiones, con medias que oscilaron entre 4.03 y 4.29, y correlaciones positivas significativas entre todas las dimensiones (r entre 0.452 y 0.839). El análisis comparativo por sexo no evidenció diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), aunque las mujeres presentaron puntuaciones ligeramente superiores. Las conclusiones destacan la importancia de fortalecer competencias como la integridad en el sector y proporcionan evidencia para el diseño de políticas de desarrollo profesional equitativas en la industria acuícola ecuatoriana.

Palabras clave.

Acuicultura, Competencias Profesionales, Comunicación, Habilidades Blandas, Liderazgo, Sector Acuícola, Trabajo En Equipo

Abstract.

The Ecuadorian aquaculture sector has experienced exponential growth, consolidating itself as a pillar of the national economy, where administrative management requires competencies that transcend technical knowledge. The present study aimed to examine the soft skills present in the administrative personnel of the Ecuadorian aquaculture sector. A structured questionnaire was administered to 88 administrative employees from five leading aquaculture companies in Guayaquil, assessing five dimensions: integrity, leadership, teamwork, communication, and problem-solving, using a five-point Likert scale. The instrument demonstrated excellent internal consistency, with an overall Cronbach's alpha of 0.944. The results revealed elevated levels of self-perception across all dimensions, with means ranging from 4.03 to 4.29, and significant positive correlations between all dimensions (r ranging from 0.452 to 0.839). The comparative analysis by sex did not evidence statistically significant differences ($p > 0.05$), although women presented slightly higher scores. The conclusions highlight the importance of strengthening competencies such as integrity in the sector and provide evidence for the design of equitable professional development policies in the Ecuadorian aquaculture industry.

Keywords.

Aquaculture, Communication, Leadership, Professional Competencies, Soft Skills, Teamwork, Aquaculture Sector

1.- Introducción

El sector acuícola ecuatoriano ha experimentado un crecimiento exponencial en las últimas décadas, consolidándose como uno de los pilares fundamentales de la economía nacional. Ecuador se ha posicionado como el principal productor y exportador de camarón de Sudamérica, reconocido mundialmente por la excelencia técnica de su producción acuícola y la calidad superior de sus productos [1]. Sin embargo, en un mercado global altamente dinámico y competitivo, la excelencia técnica y productiva ya no constituye el único factor determinante

para mantener ventajas competitivas sostenibles. Los cambios acelerados en el entorno laboral, particularmente acentuados desde la pandemia por COVID-19, han revelado la importancia crítica de competencias que trascienden el conocimiento técnico especializado, denominadas habilidades blandas. Este conjunto de competencias socioemocionales, que permiten a las personas interactuar efectivamente con los demás, tomar decisiones, resolver problemas, pensar críticamente, comunicarse efectivamente y construir relaciones saludables, se ha tornado esencial en la formación profesional contemporánea (Organización

¹ Universidad de Guayaquil; jorge.mezacl@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-0512-8671>; Guayaquil; Ecuador.

² Universidad de Guayaquil; teresa.mezacl@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-5955-6893>; Guayaquil; Ecuador.

³ Universidad de Guayaquil; francisco.duquea@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-9533-1635>; Guayaquil; Ecuador.

⁴ Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología; erhaymacana@itb.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-8708-3894>; Guayaquil; Ecuador.

⁵ Universidad Técnica de Babahoyo; lzapata@utb.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0003-1497-2273>; Babahoyo; Ecuador.

⁶ Universidad de La Habana; fernan@matcom.uh.cu; <https://orcid.org/0009-0002-8275-7631>; La Habana; Cuba.

Mundial de la Salud, 1994). En el contexto específico del sector acuícola, donde la gestión administrativa debe coordinar procesos técnicos complejos, equipos multidisciplinarios y relaciones comerciales internacionales, las habilidades blandas emergen como elementos indispensables para el desempeño organizacional efectivo [2].

El problema científico que motiva la presente investigación se fundamenta en la creciente brecha entre las demandas de competencias conductuales del sector productivo y el desarrollo efectivo de estas habilidades en el personal administrativo de las empresas acuícolas ecuatorianas. A pesar del reconocimiento generalizado de la importancia de las habilidades blandas para el desempeño laboral, existe un conocimiento limitado sobre cómo estas competencias se manifiestan específicamente en el sector acuícola, qué dimensiones son más relevantes para el contexto organizacional de la industria, y cómo se relacionan con variables sociodemográficas como el sexo y la edad de los colaboradores. Esta limitación en la comprensión empírica del fenómeno representa un obstáculo significativo para el diseño e implementación de estrategias efectivas de desarrollo de talento humano en el sector, que permitan fortalecer las competencias conductuales del personal administrativo y, consecuentemente, mejorar los indicadores de desempeño organizacional. La ausencia de estudios sistemáticos que aborden esta problemática en el contexto específico de la industria acuícola ecuatoriana configura un vacío de conocimiento que justifica la realización de la presente investigación [3].

La importancia del problema abordado trasciende el ámbito académico y se proyecta hacia dimensiones industriales y sociales de considerable magnitud. Desde una perspectiva industrial, el desarrollo de habilidades blandas en el personal administrativo del sector acuícola tiene el potencial de impactar directamente en la competitividad de las empresas, mejorando la cohesión de los equipos de trabajo, la satisfacción laboral de los colaboradores, así como la eficiencia y eficacia organizacional. En un entorno de mercado global donde la diferenciación basada exclusivamente en la calidad del producto resulta insuficiente, las capacidades organizacionales vinculadas al talento humano emergen como fuentes de ventaja competitiva sostenible. Desde una perspectiva social, el fortalecimiento de las habilidades blandas en el sector acuícola contribuye a la generación de entornos laborales más saludables, equitativos y productivos, con impactos positivos en la calidad de vida de los trabajadores y sus familias. Asimismo, la investigación aborda una dimensión de equidad de género al explorar las posibles diferencias en las habilidades blandas entre hombres y mujeres, contribuyendo a la comprensión de cómo las políticas organizacionales pueden promover el desarrollo equitativo de competencias en entornos laborales históricamente caracterizados por segregación ocupacional [4].

La necesidad de investigar esta problemática se fundamenta en la convergencia de múltiples factores que configuran un escenario de urgencia y relevancia para el sector acuícola ecuatoriano. Las empresas líderes del sector en Guayaquil han comenzado a implementar estrategias específicas para el desarrollo de habilidades blandas entre su personal administrativo, reconociendo que estas competencias son fundamentales para enfrentar los desafíos de un entorno productivo cada vez más complejo y exigente. Según Ekos Negocios (2021), esta comprensión resulta necesaria en un contexto donde la automatización y la inteligencia artificial transforman constantemente el panorama laboral, haciendo que las habilidades humanas que no pueden ser replicadas por máquinas se vuelvan cada vez más valiosas. El desarrollo de estas competencias no solo mejoraría el funcionamiento de las actividades regulares de la empresa y el ambiente de trabajo, sino que proporcionaría un impulso estratégico para posicionar a las empresas acuícolas ecuatorianas como competidores fuertes en el mercado global. En este marco, surge la siguiente interrogante de investigación: ¿cuáles son las habilidades blandas más comunes entre los administrativos en la industria acuícola de la ciudad de Guayaquil y cómo se manifiestan en su desempeño profesional?, pregunta que orienta el desarrollo del presente estudio y guía la definición de sus objetivos y estrategias metodológicas [5].

1.1. Habilidades blandas: definición, evolución conceptual y modelos teóricos.

El concepto de habilidades blandas, también denominadas competencias socioemocionales, habilidades transversales o competencias conductuales, ha experimentado una evolución significativa en el ámbito de la psicología organizacional y la gestión del talento humano desde sus primeras formulaciones en la década de 1970. El término "habilidades blandas" emerge como una categoría diferenciada de las habilidades duras o técnicas, refiriéndose a un conjunto de atributos, rasgos de personalidad, competencias sociales y habilidades comunicativas que permiten a los individuos interactuar de manera efectiva en entornos laborales y sociales. A diferencia de las competencias técnicas, que se refieren al conocimiento especializado y las destrezas operativas específicas de un oficio o profesión, las habilidades blandas se caracterizan por su naturaleza transversal y su aplicabilidad en contextos diversos, lo que las convierte en elementos fundamentales para el desempeño profesional en entornos organizacionales complejos. Desde una perspectiva histórica, el interés por estas competencias se ha incrementado progresivamente, impulsado por las transformaciones en el mundo del trabajo que han enfatizado la necesidad de profesionales capaces de adaptarse, colaborar y comunicarse efectivamente en equipos multidisciplinarios [6].

La consolidación conceptual de las habilidades blandas ha sido impulsada por diversos marcos teóricos que han aportado aproximaciones complementarias para su comprensión y medición. Uno de los referentes más

influyentes en este campo ha sido el modelo de inteligencia emocional propuesto por Daniel Goleman, quien postula que las competencias emocionales y sociales constituyen factores predictivos del éxito profesional con mayor poder explicativo que el coeficiente intelectual tradicional. Este enfoque ha contribuido a visibilizar la importancia de dimensiones como la autoconciencia, la autorregulación, la empatía y las habilidades sociales en el desempeño laboral, estableciendo un puente entre la psicología individual y la dinámica organizacional. De manera complementaria, el modelo de competencias desarrollado por Spencer y Spencer ha proporcionado un marco metodológico para la identificación y evaluación de competencias conductuales, distinguiendo entre competencias umbral, necesarias para el desempeño básico, y competencias diferenciadoras, que permiten distinguir a los profesionales de alto rendimiento. Desde una perspectiva más amplia, organismos internacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y el Foro Económico Mundial han incorporado las habilidades blandas dentro de los marcos de competencias para el siglo XXI, reconociendo su relevancia en un contexto de transformación tecnológica y cambios en las estructuras productivas.

La evolución del concepto hacia su configuración actual ha estado marcada por un creciente reconocimiento de su naturaleza multidimensional y su carácter situado, aspectos que han implicado un alejamiento progresivo de enfoques unidimensionales centrados exclusivamente en rasgos de personalidad. Investigaciones recientes han enfatizado que las habilidades blandas no constituyen atributos estáticos o inherentes a los individuos, sino competencias que se desarrollan y manifiestan en contextos específicos, moduladas por factores situacionales, culturales y organizacionales [7]. Esta perspectiva ha impulsado el desarrollo de modelos que integran dimensiones cognitivas, emocionales y conductuales, reconociendo que las habilidades blandas implican tanto la capacidad de procesar información social y emocional como la disposición para actuar de manera efectiva en situaciones interpersonales. En el ámbito organizacional, esta evolución ha derivado en una conceptualización de las habilidades blandas como competencias clave para la empleabilidad y el desarrollo profesional, particularmente en sectores productivos que requieren interacción humana intensiva y adaptación a entornos cambiantes [8].

1.2. Las habilidades blandas en el contexto organizacional: dimensiones clave.

La configuración de las habilidades blandas como constructo multidimensional ha llevado a la identificación de diversas competencias que, aunque interrelacionadas, presentan especificidades conceptuales y operativas que justifican su tratamiento diferenciado en contextos organizacionales. La integridad, entendida como la coherencia entre valores, principios y acciones, constituye una de las dimensiones fundamentales en el ámbito laboral, ya que se vincula directamente con la generación de

confianza, la transparencia en las relaciones interpersonales y el cumplimiento de compromisos éticos. Esta competencia se manifiesta en conductas observables como la aceptación de errores, la coherencia entre el discurso y la acción, el cumplimiento de normas establecidas y la resistencia a influencias externas que puedan comprometer los principios personales. Desde una perspectiva organizacional, la integridad ha sido reconocida como un factor crítico para el clima laboral y la cultura organizacional, particularmente en sectores donde las decisiones operativas implican consideraciones éticas significativas, como ocurre en la industria acuícola en lo relativo a prácticas de sostenibilidad, bienestar animal y cumplimiento normativo [9].

El liderazgo, como segunda dimensión relevante, ha sido objeto de extenso desarrollo teórico en la literatura organizacional, evolucionando desde concepciones centradas en rasgos de personalidad hacia modelos que enfatizan comportamientos, estilos y procesos de influencia social. Los enfoques contemporáneos, particularmente el liderazgo transformacional, destacan la capacidad de los líderes para inspirar, motivar y estimular intelectualmente a sus seguidores, fomentando un sentido de propósito compartido y promoviendo el desarrollo de competencias en los miembros del equipo. En el contexto organizacional, el liderazgo efectivo se manifiesta en conductas como la toma de iniciativa, la proposición de estrategias para la resolución de problemas, la generación de confianza en el equipo, la facilitación de la participación y el fomento de la motivación. La relevancia del liderazgo en el sector acuícola ecuatoriano resulta particularmente significativa, dado que las estructuras organizacionales jerárquicas y los procesos productivos que requieren coordinación efectiva entre diferentes áreas y niveles demandan figuras capaces de articular equipos de trabajo y gestionar la complejidad operativa inherente al sector [10].

El trabajo en equipo constituye una tercera dimensión esencial, definida como la capacidad para colaborar efectivamente con otros en el logro de objetivos comunes, integrando habilidades interpersonales, comunicativas y de coordinación. Esta competencia se fundamenta en la disposición para compartir información, apoyar a los compañeros, aceptar acuerdos establecidos y contribuir con ideas en beneficio del colectivo, así como en la capacidad para gestionar conflictos y promover un ambiente de cooperación [11]. La literatura especializada ha documentado que el trabajo en equipo efectivo no solo incrementa la productividad y la eficiencia operativa, sino que también contribuye al bienestar psicológico de los trabajadores y a la satisfacción laboral, aspectos particularmente relevantes en sectores productivos con alta demanda física y emocional. En el contexto acuícola ecuatoriano, donde las operaciones requieren una coordinación constante entre equipos multidisciplinarios que integran personal administrativo, técnico y operativo, el trabajo en equipo emerge como una competencia crítica

para garantizar la continuidad operativa y la adaptación a entornos cambiantes [12].

1.3. La medición de habilidades blandas: fiabilidad, validez y métodos de evaluación.

La medición de habilidades blandas en contextos organizacionales ha constituido un desafío metodológico permanente, derivado de la naturaleza compleja y multidimensional de estos constructos, que no son directamente observables y requieren ser inferidos a través de indicadores conductuales o autorreportes. La operacionalización de las habilidades blandas implica la traducción de constructos teóricos en dimensiones específicas y, posteriormente, en ítems concretos que permitan capturar las diferentes facetas de cada competencia evaluada. Este proceso exige una cuidadosa consideración de las propiedades psicométricas de los instrumentos de medición, particularmente en lo referente a su fiabilidad y validez, aspectos que determinan la precisión y pertinencia de las inferencias realizadas a partir de las puntuaciones obtenidas. La fiabilidad, entendida como el grado en que un instrumento produce resultados consistentes y reproducibles, se evalúa comúnmente a través del coeficiente alfa de Cronbach, que estima la consistencia interna de una escala a partir de las correlaciones entre los ítems que la componen, estableciendo estándares mínimos que permiten considerar aceptable la fiabilidad de un instrumento para fines de investigación y diagnóstico organizacional [13].

La validez de los instrumentos de medición de habilidades blandas constituye un aspecto complementario y esencial para garantizar que las puntuaciones obtenidas efectivamente reflejen los constructos que pretenden medir, y no otros factores ajenos a los mismos. La validez de constructo, que evalúa el grado en que un instrumento mide el concepto teórico que pretende medir, se aborda a través de diversas estrategias, incluyendo el análisis factorial exploratorio y confirmatorio, que permiten examinar la estructura subyacente de las respuestas y verificar que los ítems se agrupan de acuerdo con las dimensiones teóricamente postuladas [14]. Asimismo, la validez convergente y discriminante evalúa el grado en que las puntuaciones de una escala se asocian con medidas de constructos relacionados y se diferencian de constructos teóricamente distintos, proporcionando evidencia adicional sobre la pertinencia del instrumento. La validez de contenido, por su parte, garantiza que los ítems del instrumento representan adecuadamente el dominio conceptual de cada constructo evaluado, lo que se logra a través de la revisión de la literatura especializada y el juicio de expertos en el área de estudio, quienes evalúan la pertinencia, claridad y representatividad de los reactivos propuestos [15].

Los métodos de evaluación de habilidades blandas han evolucionado significativamente desde los primeros enfoques basados exclusivamente en cuestionarios de autorreporte, incorporando estrategias complementarias que

permiten obtener una aproximación más integral y menos sesgada de estas competencias. La evaluación mediante cuestionarios de autopercepción, como el utilizado en la presente investigación, constituye el método más comúnmente empleado en contextos organizacionales, debido a su facilidad de administración, bajo costo y capacidad para capturar la perspectiva subjetiva del evaluado sobre sus propias competencias. Sin embargo, este método presenta limitaciones reconocidas, como el sesgo de deseabilidad social, la aquiescencia y la tendencia a la respuesta central o extrema, que pueden distorsionar las puntuaciones obtenidas y afectar la validez de las inferencias realizadas. Para mitigar estas limitaciones, se han desarrollado métodos complementarios de evaluación, incluyendo las heteroevaluaciones, donde supervisores, pares o subordinados evalúan las competencias del sujeto evaluado, y las evaluaciones conductuales, que se basan en la observación de comportamientos específicos en situaciones simuladas o reales, como los centros de evaluación o las pruebas situacionales [16].

1.4. El sector acuícola ecuatoriano: caracterización, desafíos y demanda de habilidades blandas.

El sector acuícola ecuatoriano constituye uno de los pilares fundamentales de la economía nacional, posicionándose como el principal productor y exportador de camarón en América Latina y como uno de los líderes mundiales en la producción de esta especie. La industria acuícola en Ecuador ha experimentado un crecimiento sostenido en las últimas décadas, consolidando una cadena productiva que integra actividades de producción de larvas, engorde, procesamiento y comercialización, generando empleo directo e indirecto para una porción significativa de la población costera del país. La provincia del Guayas, y particularmente la ciudad de Guayaquil, se han constituido como el epicentro de esta actividad productiva, albergando a las principales empresas del sector y concentrando los centros de toma de decisiones administrativas y comerciales. Desde una perspectiva económica, el sector acuícola contribuye de manera sustancial a la balanza comercial ecuatoriana, generando divisas que superan los miles de millones de dólares anuales, y constituyendo un motor de desarrollo para las comunidades costeras que dependen directa o indirectamente de esta actividad productiva [17].

La clasificación industrial del sector bajo el código A0321.02 de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) REV. 4.0, correspondiente a la acuicultura en aguas marinas y salobres, sitúa a las empresas acuícolas dentro de un marco normativo y regulatorio específico que establece estándares de producción, sanidad animal, trazabilidad y sostenibilidad ambiental. Este marco regulatorio, que incluye tanto disposiciones nacionales como requisitos de los mercados internacionales, impone desafíos significativos para las organizaciones del sector, demandando no solo competencias técnicas especializadas, sino también habilidades blandas que permitan gestionar la complejidad normativa, coordinar equipos

multidisciplinarios y adaptarse a cambios regulatorios permanentes. La necesidad de cumplir con estándares internacionales de calidad y sostenibilidad, particularmente en mercados exigentes como los de Estados Unidos, Europa y Asia, ha impulsado una transformación organizacional en las empresas acuícolas, que han debido profesionalizar sus estructuras de gestión y fortalecer las competencias de su capital humano para mantener su competitividad en los mercados globales [18].

El sector acuícola ecuatoriano enfrenta desafíos permanentes que configuran un entorno laboral de alta exigencia y dinamismo, donde las habilidades blandas emergen como competencias críticas para el desempeño profesional. La variabilidad en las condiciones oceanográficas y climáticas, la incidencia de enfermedades como el síndrome de la mancha blanca y la necrosis hepatopancreática aguda, las fluctuaciones en los precios internacionales y las tensiones comerciales globales constituyen factores de incertidumbre que demandan capacidades de adaptación y resolución de problemas en todos los niveles organizacionales. Asimismo, la presión creciente por parte de consumidores y organismos internacionales hacia prácticas productivas sostenibles y socialmente responsables ha elevado los estándares éticos y ambientales que deben cumplir las empresas del sector, requiriendo profesionales con sólidas competencias en integridad, transparencia y toma de decisiones éticas. En este contexto, las habilidades blandas no constituyen meramente atributos deseables, sino competencias estratégicas que determinan la capacidad de las organizaciones para anticipar y responder efectivamente a las contingencias del entorno, manteniendo la continuidad operativa y la competitividad en un mercado global cada vez más exigente [19].

1.5. Habilidades blandas y variables sociodemográficas: diferencias por sexo y edad.

El análisis de las habilidades blandas en función de variables sociodemográficas, particularmente el sexo y la edad, ha constituido un campo de interés creciente en la investigación organizacional, motivado por la necesidad de comprender cómo factores individuales y contextuales modulan el desarrollo y la manifestación de estas competencias en entornos laborales. La literatura especializada ha documentado patrones diferenciales en la autopercepción de habilidades blandas entre hombres y mujeres, aunque los hallazgos no siempre han sido consistentes, evidenciando la influencia de factores culturales, ocupacionales y metodológicos en los resultados observados. Algunos estudios han reportado que las mujeres tienden a autopercebirse con niveles superiores en dimensiones vinculadas a la comunicación, la empatía y las habilidades interpersonales, mientras que los hombres suelen presentar puntuaciones más elevadas en competencias asociadas al liderazgo y la resolución de problemas, aunque estas diferencias tienden a reducirse cuando se controla por variables contextuales y ocupacionales. Desde una perspectiva teórica, estas

diferencias han sido atribuidas a procesos de socialización diferencial que enfatizan en mujeres y hombres patrones conductuales y actitudinales distintos, así como a la segregación ocupacional que concentra a cada grupo en roles laborales que refuerzan determinados perfiles competenciales [20].

En el ámbito de las diferencias etarias, la investigación ha sugerido que las habilidades blandas no constituyen atributos estáticos, sino competencias que se desarrollan y consolidan a lo largo del ciclo vital, influenciadas por la experiencia laboral, la madurez profesional y la exposición a situaciones diversas en contextos organizacionales. Los estudios longitudinales han documentado que dimensiones como el liderazgo, la resolución de problemas y la comunicación tienden a incrementarse con la edad y la trayectoria profesional, reflejando el aprendizaje experiencial y la acumulación de capital social y psicológico a lo largo del tiempo. Por el contrario, otras competencias como la adaptabilidad o la flexibilidad podrían presentar trayectorias diferenciadas, con mayores niveles en poblaciones jóvenes que se enfrentan a entornos laborales cambiantes y demandas de rápida adaptación. En el contexto organizacional, estas trayectorias etarias tienen implicaciones significativas para la gestión del talento humano, sugiriendo la necesidad de diseñar estrategias de desarrollo profesional diferenciadas que reconozcan las particularidades de cada grupo etario y potencien sus fortalezas específicas [21].

La interacción entre sexo y edad en la configuración de las habilidades blandas ha recibido atención creciente en la literatura, reconociendo que los patrones de desarrollo competencial pueden diferir entre hombres y mujeres a lo largo de sus trayectorias profesionales. Investigaciones recientes han sugerido que las diferencias de género en habilidades blandas tienden a atenuarse con la edad y la experiencia, lo que podría reflejar procesos de socialización organizacional que modulan las disposiciones iniciales y promueven patrones de comportamiento adaptativos en función de las demandas del entorno laboral [22]. Este hallazgo resulta consistente con perspectivas teóricas que enfatizan el carácter situado y dinámico de las habilidades blandas, las cuales se desarrollan en interacción con los contextos organizacionales y las experiencias profesionales acumuladas. En el ámbito del sector acuícola ecuatoriano, donde coexisten poblaciones laborales con diferentes trayectorias y características demográficas, la comprensión de estas interacciones resulta relevante para el diseño de políticas de desarrollo de talento que consideren tanto las particularidades etarias como las diferencias de género en la configuración de las competencias conductuales [23].

La presente investigación se orienta al examen sistemático de las habilidades blandas en el personal administrativo del sector acuícola ecuatoriano, con el propósito de generar conocimiento empírico que contribuya a la comprensión de estas competencias en un contexto productivo de alta relevancia económica y social. Para ello, se ha definido un

objetivo general que articula el propósito central del estudio, así como un conjunto de objetivos específicos que operacionalizan las distintas dimensiones del problema de investigación. Esta estructura de objetivos permite abordar de manera integral la problemática planteada, asegurando la coherencia entre las preguntas de investigación, los métodos empleados y los resultados esperados.

El objetivo general de esta investigación consiste en examinar las habilidades blandas presentes en los administrativos del sector acuícola ecuatoriano y las estrategias de desarrollo profesional implementadas por las empresas líderes del sector en la ciudad de Guayaquil. Este propósito se articula en torno a la necesidad de caracterizar el perfil de habilidades blandas del personal administrativo, identificar las dimensiones competenciales más desarrolladas y aquellas que presentan mayores oportunidades de mejora, así como comprender las prácticas organizacionales orientadas al fortalecimiento de estas competencias en el contexto específico de la industria acuícola ecuatoriana.

Los objetivos específicos se han estructurado para abordar las distintas dimensiones del problema de investigación de manera sistemática. En primer lugar, se busca describir las características sociodemográficas de la muestra, incluyendo la distribución por sexo y edad del personal administrativo de las empresas acuícolas participantes, con el fin de contextualizar los hallazgos y facilitar la comparación entre subgrupos poblacionales. En segundo lugar, se plantea evaluar la fiabilidad y consistencia interna del instrumento de medición utilizado, mediante el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach para cada una de las cinco dimensiones evaluadas (integridad, liderazgo, trabajo en equipo, comunicación y resolución de problemas), así como para el cuestionario en su conjunto, garantizando la validez psicométrica de las mediciones realizadas. En tercer lugar, se propone analizar los niveles de autopercepción de habilidades blandas en las cinco dimensiones evaluadas, identificando las competencias más desarrolladas y aquellas que presentan niveles relativamente más bajos, así como la variabilidad en las respuestas de los participantes. En cuarto lugar, se busca determinar las correlaciones existentes entre las distintas dimensiones de habilidades blandas, explorando las relaciones de interdependencia que se establecen entre las competencias conductuales evaluadas y su configuración como un sistema de habilidades interrelacionadas. Finalmente, se plantea comparar los niveles de habilidades blandas entre hombres y mujeres, así como entre los diferentes grupos etarios, con el fin de identificar posibles diferencias asociadas a estas variables sociodemográficas y explorar sus implicaciones para la gestión del talento humano en el sector.

Estos objetivos se encuentran directamente relacionados con la metodología empleada en la investigación, que combina un diseño cuantitativo de alcance descriptivo-correlacional con la aplicación de un cuestionario estructurado que mide las cinco dimensiones de habilidades

blandas, así como con los resultados esperados, que incluyen la caracterización del perfil competencial del personal administrativo, la identificación de relaciones significativas entre las dimensiones evaluadas, y la determinación de diferencias por sexo y edad. La consecución de estos objetivos permitirá generar evidencia empírica relevante para la toma de decisiones en materia de gestión del talento humano en el sector acuícola ecuatoriano, así como para el diseño de estrategias de desarrollo profesional orientadas al fortalecimiento de las habilidades blandas en el personal administrativo de las empresas del sector.

La presente investigación realiza contribuciones significativas en los ámbitos científico, metodológico y práctico, aportando al desarrollo del conocimiento en el campo de las habilidades blandas y su aplicación en contextos productivos específicos. Desde una perspectiva científica, el estudio contribuye a la comprensión de las habilidades blandas en un sector productivo de alta relevancia económica como el acuícola ecuatoriano, abordando un vacío de conocimiento empírico documentado en la literatura especializada. La investigación proporciona evidencia sistemática sobre la estructura, niveles y relaciones entre las distintas dimensiones de habilidades blandas en el personal administrativo de empresas acuícolas, así como sobre las diferencias asociadas a variables sociodemográficas como el sexo y la edad. Estos hallazgos enriquecen el conocimiento existente sobre las competencias conductuales en contextos organizacionales específicos y contribuyen a la consolidación de un cuerpo teórico que reconoce la importancia del contexto sectorial en la configuración de las habilidades blandas.

En el plano metodológico, el estudio aporta la validación y aplicación de un instrumento de medición de habilidades blandas adaptado al contexto del sector acuícola ecuatoriano, proporcionando evidencia sobre sus propiedades psicométricas en esta población específica. Los coeficientes de fiabilidad obtenidos, que superan ampliamente los umbrales aceptables en todas las dimensiones evaluadas, respaldan la utilidad del instrumento para futuras investigaciones en el sector y proporcionan una base metodológica para su aplicación en otros contextos productivos similares. Asimismo, la investigación contribuye al desarrollo de procedimientos sistemáticos para la evaluación de habilidades blandas en el ámbito organizacional, integrando consideraciones sobre la inversión de ítems negativos, el análisis de consistencia interna y la evaluación de diferencias entre subgrupos poblacionales. Estos aportes metodológicos resultan relevantes para la comunidad académica y profesional interesada en la medición de competencias conductuales en contextos organizacionales diversos.

Desde una perspectiva práctica, el estudio ofrece información valiosa para la gestión del talento humano en el sector acuícola ecuatoriano, proporcionando evidencia

empírica que puede orientar el diseño de políticas y programas de desarrollo profesional. Los hallazgos relativos a los niveles de habilidades blandas en las distintas dimensiones evaluadas permiten identificar áreas de fortaleza y oportunidades de mejora, facilitando la priorización de intervenciones formativas orientadas al fortalecimiento de competencias específicas. Particularmente relevante resulta la identificación de la integridad como la dimensión con niveles relativamente más bajos, lo que sugiere la necesidad de implementar estrategias específicas para el fortalecimiento de competencias éticas y conductuales en el personal administrativo del sector. Asimismo, la ausencia de diferencias significativas por sexo en las habilidades blandas evaluadas proporciona evidencia que respalda el diseño de políticas de desarrollo profesional equitativas, que reconozcan las fortalezas de todos los colaboradores independientemente de su género, y que promuevan la igualdad de oportunidades en el acceso a programas de formación y desarrollo.

Finalmente, el estudio contribuye al desarrollo sostenible del sector acuícola ecuatoriano al proporcionar una base empírica para la toma de decisiones en materia de gestión del talento humano, reconociendo que la inversión en el desarrollo de habilidades blandas constituye un factor estratégico para la competitividad organizacional en un mercado global cada vez más exigente. La evidencia generada permite a las empresas del sector comprender mejor las competencias conductuales de su personal administrativo y diseñar estrategias de desarrollo alineadas con las necesidades del entorno productivo, contribuyendo así a la formación de profesionales más completos, adaptables y capaces de enfrentar los desafíos de un sector en constante evolución. En un contexto donde la automatización y la inteligencia artificial transforman el panorama laboral, el fortalecimiento de las habilidades humanas que no pueden ser replicadas por las máquinas adquiere una relevancia estratégica, posicionando a las empresas que invierten en el desarrollo de estas competencias como líderes en sus respectivos mercados y contribuyendo al posicionamiento del sector acuícola ecuatoriano como referente de excelencia y sostenibilidad en la región.

2.- Materiales y métodos.

2.1 Diseño y enfoque de investigación

La presente investigación se enmarca dentro de un diseño no experimental de alcance descriptivo-correlacional, con un enfoque cuantitativo que permite caracterizar las habilidades blandas del personal administrativo del sector acuícola ecuatoriano y explorar las relaciones entre las dimensiones evaluadas. El estudio adopta un diseño transversal, dado que los datos fueron recolectados en un único momento temporal, lo que permite obtener una fotografía del estado de las habilidades blandas en la población estudiada sin intervención sobre las variables de interés. Este diseño resulta apropiado para alcanzar los

objetivos planteados, ya que permite describir las características de la muestra, establecer relaciones entre dimensiones y comparar subgrupos poblacionales sin manipulación experimental [24].

2.2 Población y muestra

La población del estudio comprendió empleados administrativos de cinco empresas acuícolas líderes en la ciudad de Guayaquil, clasificadas bajo el código industrial A0321.02 de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU REV. 4.0), correspondiente a la acuicultura en aguas marinas y salobres. La selección de las empresas participantes se realizó mediante un muestreo intencional o por conveniencia, considerando su posición en el sector, su volumen de operaciones y su disposición a participar en la investigación. La muestra final estuvo conformada por 88 participantes, distribuidos en 51 mujeres (58.0%) y 37 hombres (42.0%), con edades comprendidas entre 21 y más de 30 años, de los cuales 72 (81.8%) pertenecían al grupo etario de 21 a 30 años y 16 (18.2%) al grupo de más de 30 años. El tamaño muestral resultó adecuado para los análisis estadísticos planteados, considerando los requerimientos de potencia estadística para las pruebas de correlación y comparación de medias previstas [25].

2.3 Instrumento de medición

El instrumento de recolección de datos consistió en un cuestionario estructurado autoadministrado, diseñado para evaluar cinco dimensiones de habilidades blandas: integridad, liderazgo, trabajo en equipo, comunicación y resolución de problemas. El cuestionario incluyó 50 ítems distribuidos en las cinco dimensiones, con 10 ítems para integridad (P3 a P12), 12 ítems para liderazgo (P13 a P24), 8 ítems para trabajo en equipo (P25 a P32), 10 ítems para comunicación (P33 a P42) y 10 ítems para resolución de problemas (P43 a P52). Adicionalmente, el instrumento incorporó dos preguntas sociodemográficas para caracterizar la muestra: la edad (P1), con categorías "21 a 30 años" y "más de 30 años", y el sexo (P2), con categorías "femenino" y "masculino". Los ítems de habilidades blandas se presentaron en una escala de Likert de cinco puntos, donde 1 correspondía a "nunca", 2 a "casi nunca", 3 a "a veces", 4 a "casi siempre" y 5 a "siempre". El cuestionario fue diseñado y validado mediante juicio de expertos, considerando la pertinencia, claridad y representatividad de los reactivos para cada dimensión evaluada, y fue sometido a análisis de fiabilidad mediante el coeficiente alfa de Cronbach, que arrojó valores superiores a 0.70 en todas las dimensiones y un valor global de 0.944, indicando una excelente consistencia interna del instrumento [26].

2.4 Procedimiento de recolección de datos

La recolección de datos se llevó a cabo durante el período comprendido entre los meses de [indicar período] del año [indicar año], previa autorización de las direcciones de recursos humanos de las empresas participantes y la firma de consentimientos informados por parte de los encuestados. La administración del cuestionario se realizó

en formato digital mediante plataformas de encuestas en línea, garantizando el anonimato y la confidencialidad de las respuestas. Los participantes recibieron instrucciones estandarizadas para el diligenciamiento del instrumento, incluyendo una explicación sobre el propósito de la investigación, el carácter voluntario de la participación y la ausencia de consecuencias derivadas de sus respuestas. El tiempo estimado para completar el cuestionario fue de aproximadamente 15 a 20 minutos. Una vez recolectados los datos, se procedió a la depuración de la base de datos, verificando la integridad de las respuestas y la ausencia de valores atípicos o inconsistencias que pudieran afectar la calidad de los análisis [27].

2.5 Análisis de datos

El procesamiento y análisis de los datos se realizó utilizando el software estadístico SPSS versión 26.0 para Windows. Previo al análisis principal, se procedió a la inversión de los ítems redactados en sentido negativo, específicamente los ítems P8, P10 y P12 de la dimensión integridad, y el ítem P45 de la dimensión resolución de problemas, aplicando la fórmula de transformación $\text{valor_invertido} = 6 - \text{valor_original}$. Esta transformación aseguró que todos los ítems estuvieran orientados en la misma dirección, donde puntuaciones más altas indicaran mayores niveles de habilidad. Posteriormente, se calcularon los puntajes promedio por dimensión para cada participante, promediando los ítems correspondientes a cada constructo [28, 28].

El análisis de fiabilidad del instrumento se realizó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, calculado tanto para cada dimensión como para el cuestionario en su conjunto, evaluando la consistencia interna de las escalas. Para el análisis descriptivo, se calcularon medidas de tendencia central (media y mediana), medidas de dispersión (desviación estándar, mínimo y máximo) y medidas de forma de distribución (asimetría y curtosis) para cada una de las cinco dimensiones. La normalidad de las distribuciones se evaluó mediante el coeficiente de asimetría, considerando valores dentro del rango de -2 a +2 como indicativos de una distribución aproximadamente normal. Para el análisis correlacional, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, evaluando las relaciones entre las cinco dimensiones de habilidades blandas. Este análisis se realizó tanto para la muestra total como para los subgrupos definidos por sexo y edad, con el fin de explorar la estabilidad de las relaciones entre dimensiones en diferentes segmentos poblacionales.

El análisis comparativo por sexo se realizó mediante la prueba t de Student para muestras independientes, previa verificación del supuesto de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Se calcularon los estadísticos descriptivos para cada grupo (media y desviación estándar), el valor del estadístico t, los grados de libertad, el nivel de significación y el tamaño del efecto mediante la d de Cohen. Para la interpretación del tamaño del efecto, se consideraron los criterios convencionales: 0.2 como efecto pequeño, 0.5

como efecto mediano y 0.8 como efecto grande. El nivel de significación estadística se estableció en $\alpha = 0.05$ para todas las pruebas realizadas. Adicionalmente, se realizaron análisis de correlación segmentados por sexo y edad, con el fin de explorar la consistencia de las relaciones entre dimensiones en los diferentes subgrupos poblacionales, calculando los coeficientes de Pearson y sus niveles de significación correspondientes [29].

3.- Resultados.

SECCIÓN 1: METODOLOGÍA – Instrumento

Tabla1.- Estructura correcta de dimensiones

Dimensión	Ítems	Cantidad
Integridad	P3 – P12	10 ítems
Liderazgo	P13 – P24	12 ítems
Trabajo en equipo	P25 – P32	8 ítems
Comunicación	P33 – P42	10 ítems
Resolución de Problemas	P43 – P52	10 ítems
Total	P3 – P52	50 ítems

La estructura dimensional del instrumento de medición, presentada en la Tabla 1, establece un marco operativo para la evaluación de cinco competencias conductuales fundamentales en el ámbito laboral: integridad, liderazgo, trabajo en equipo, comunicación y resolución de problemas. Esta configuración pentadimensional, compuesta por 50 ítems distribuidos asimétricamente (rango de 8 a 12 ítems por dimensión), responde a la complejidad inherente de cada constructo evaluado, donde dimensiones como liderazgo requieren una mayor densidad de indicadores para capturar la multidimensión del fenómeno.

Desde una perspectiva metodológica, la asignación de los ítems P3 a P12 para la dimensión integridad, con un total de diez reactivos, permite abordar tanto aspectos actitudinales como comportamentales asociados a la coherencia ética y la transparencia en el entorno organizacional. De manera similar, la dimensión liderazgo, con doce ítems (P13 a P24), operativiza competencias vinculadas a la dirección de equipos, la toma de iniciativas y la generación de confianza, aspectos críticos en la gestión de talento humano dentro del sector acuícola, caracterizado por estructuras jerárquicas definidas y procesos productivos que demandan coordinación efectiva [30].

La dimensión trabajo en equipo, constituida por ocho ítems (P25 a P32), representa la estructura más reducida del instrumento, lo que sugiere una conceptualización más específica y delimitada del constructo, centrada en la colaboración interpersonal y la cohesión grupal. Por su parte, comunicación y resolución de problemas, cada una con diez ítems (P33 a P42 y P43 a P52 respectivamente), abordan dimensiones vinculadas a la efectividad comunicativa y la capacidad analítica para enfrentar contingencias operativas, competencias particularmente relevantes en el sector acuícola, donde la toma de decisiones en entornos de alta variabilidad productiva y sanitaria requiere intercambios comunicativos precisos y respuestas adaptativas rápidas.

La distribución de ítems propuesta presenta una cobertura equilibrada de las competencias evaluadas, con un peso relativo adecuado para cada constructo, aunque la

dimensión trabajo en equipo, al contar con menor número de reactivos, podría presentar limitaciones en términos de estabilidad psicométrica, aspecto que será abordado en el análisis de fiabilidad. Desde el punto de vista de la ingeniería organizacional y la gestión del talento humano, esta estructura dimensional ofrece un marco analítico que permite diagnosticar fortalezas y áreas de mejora en las competencias blandas del personal administrativo del sector acuícola ecuatoriano, facilitando el diseño de intervenciones formativas alineadas con las exigencias del entorno productivo.

Tabla 2.- Resultados del Alfa de Cronbach por dimensión

Dimensión	Ítems	Alfa de Cronbach	Interpretación
1. Integridad	P3 - P12 (10 ítems)	0.724	Aceptable
2. Liderazgo	P13 - P24 (12 ítems)	0.913	Excelente
3. Trabajo en equipo	P25 - P32 (8 ítems)	0.894	Bueno/Excelente
4. Comunicación	P33 - P42 (10 ítems)	0.920	Excelente
5. Resolución de Problemas	P43 - P52 (10 ítems)	0.938	Excelente
Cuestionario Total	P3 - P52 (50 ítems)	0.944	Excelente

Los coeficientes de fiabilidad obtenidos para el instrumento de medición de habilidades blandas, presentados en la Tabla 2, evidencian un comportamiento psicométrico diferenciado entre las dimensiones evaluadas, con valores que oscilan entre 0.724 para integridad y 0.938 para resolución de problemas, mientras que el coeficiente global del cuestionario alcanza un valor de 0.944. Este conjunto de resultados permite afirmar que el instrumento, en su conjunto, presenta una consistencia interna sobresaliente, superando ampliamente el umbral mínimo recomendado de 0.70 establecido en la literatura especializada para fines de investigación básica, y situándose en el rango considerado como excelente para la medición de constructos psicosociales en contextos organizacionales.

El valor más elevado de fiabilidad corresponde a la dimensión resolución de problemas ($\alpha = 0.938$), lo que indica que los diez ítems que la componen (P43 a P52) mantienen un alto nivel de intercorrelación, midiendo de manera coherente el constructo subyacente relacionado con la capacidad analítica y la toma de decisiones frente a contingencias. Este hallazgo resulta particularmente relevante desde una perspectiva ingenieril, dado que el sector acuícola ecuatoriano enfrenta desafíos operativos y sanitarios permanentes, donde la resolución efectiva de problemas constituye una competencia crítica para la continuidad productiva. La elevada consistencia interna sugiere que los ítems logran capturar adecuadamente las dimensiones cognitivas y procedimentales implicadas en esta competencia.

La dimensión comunicación presenta un coeficiente de 0.920, reflejando una excelente homogeneidad entre sus diez reactivos (P33 a P42), que abordan aspectos relacionados con la claridad expresiva, la escucha activa y la percepción del estado emocional de los interlocutores. Desde el punto de vista de la ingeniería social y la gestión organizacional, este resultado resulta consistente con la naturaleza interdependiente de la comunicación efectiva en entornos laborales que requieren coordinación entre equipos multidisciplinarios, como ocurre en las empresas acuícolas estudiadas, donde la transmisión precisa de información técnica y operativa resulta fundamental.

La dimensión liderazgo alcanza un coeficiente de 0.913, evidenciando que los doce ítems que la integran (P13 a P24) mantienen una elevada consistencia interna, respaldando la validez del constructo evaluado. Este resultado adquiere particular relevancia en el contexto del sector acuícola, donde las estructuras organizacionales requieren figuras de liderazgo capaces de articular equipos de trabajo, fomentar la motivación y gestionar los procesos productivos. La excelente fiabilidad observada sugiere que el instrumento captura adecuadamente las dimensiones conductuales y actitudinales asociadas al liderazgo, incluyendo la capacidad de iniciativa, la generación de confianza y el fomento de la participación.

El coeficiente obtenido para trabajo en equipo ($\alpha = 0.894$), si bien se sitúa en el rango bueno a excelente, resulta ligeramente inferior al observado en las dimensiones previamente analizadas. Esta diferencia podría atribuirse al menor número de ítems que componen esta dimensión (ocho reactivos, P25 a P32), dado que el coeficiente alfa es sensible al número de elementos que integran la escala. No obstante, el valor alcanzado supera ampliamente el umbral de 0.80 considerado como buena fiabilidad, lo que permite afirmar que la dimensión mide de manera consistente el constructo asociado a la colaboración interpersonal y la integración grupal.

La dimensión integridad presenta el coeficiente más bajo del instrumento ($\alpha = 0.724$), aunque se mantiene dentro del rango aceptable. Este resultado merece una atención particular desde el punto de vista psicométrico, ya que sugiere que los diez ítems que la componen (P3 a P12) presentan una homogeneidad moderada, posiblemente debido a la naturaleza multifacética del constructo integridad, que abarca dimensiones como la honestidad, la transparencia, la coherencia entre valores y acciones, y la aceptación de errores, aspectos que, aunque relacionados, pueden manifestarse de manera diferencial según los contextos situacionales. Desde una perspectiva ética y organizacional, este hallazgo invita a reflexionar sobre la complejidad de medir constructos vinculados a la conducta ética en entornos laborales, donde las normas implícitas y los incentivos organizacionales pueden influir en las respuestas de los participantes.

El coeficiente global del cuestionario ($\alpha = 0.944$) confirma que el instrumento en su conjunto presenta una excelente

consistencia interna, superando el valor de 0.90 que la literatura especializada considera como indicativo de una fiabilidad sobresaliente. Este resultado valida la estructura pentadimensional del instrumento y respalda su utilidad para fines de diagnóstico organizacional en el sector acuícola ecuatoriano, proporcionando una base empírica sólida para la toma de decisiones en materia de gestión del talento humano y diseño de programas de desarrollo de habilidades blandas. La elevada fiabilidad global sugiere que, si bien las dimensiones evalúan constructos diferenciados, todas ellas se orientan hacia la medición de un dominio común relacionado con las competencias interpersonales y conductuales en el ámbito laboral, lo que resulta consistente con el marco teórico subyacente al instrumento.

SECCIÓN 2: RESULTADOS – Caracterización de la muestra

Tabla 3.- Estadísticos descriptivos de la muestra – Variables sociodemográficas (n = 88)

Variable	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Edad (P1)	21-30 años	72	81.8%
	Más de 30 años	16	18.2%
Sexo (P2)	Femenino	51	58.0%
	Masculino	37	42.0%

La caracterización de la muestra, presentada en la Tabla 3, revela una composición demográfica que presenta particularidades relevantes para la interpretación de los resultados en el contexto del sector acuícola ecuatoriano. La distribución por edad muestra un marcado predominio de participantes pertenecientes al rango etario de 21 a 30 años, que representa el 81.8% de la muestra (72 casos), mientras que el grupo de más de 30 años constituye únicamente el 18.2% restante (16 casos). Esta asimetría etaria sugiere una población laboral administrativa mayoritariamente joven, lo cual podría reflejar las dinámicas de contratación y retención de talento en el sector acuícola de la región, caracterizado por una demanda creciente de profesionales en etapas tempranas de su desarrollo ocupacional.

Desde una perspectiva de ingeniería organizacional y gestión de recursos humanos, la concentración de la muestra en el segmento etario joven resulta coherente con las tendencias observadas en sectores productivos de alta demanda operativa, donde la incorporación de personal recién egresado o con experiencia limitada responde tanto a necesidades de renovación generacional como a la disponibilidad de programas de formación especializada en el área acuícola. Este hallazgo adquiere relevancia al considerar que las habilidades blandas evaluadas en este estudio, particularmente aquellas vinculadas al liderazgo y la resolución de problemas, suelen desarrollarse y consolidarse con la experiencia y la trayectoria profesional, por lo que los niveles observados podrían estar influenciados por la juventud relativa de la muestra.

En cuanto a la variable sexo, los resultados indican una distribución ligeramente desbalanceada a favor del sexo

femenino, que representa el 58.0% de los participantes (51 casos), frente al 42.0% correspondiente al sexo masculino (37 casos). Esta proporción ofrece información valiosa sobre la composición del personal administrativo en las empresas acuícolas de Guayaquil, sugiriendo una presencia femenina significativa en roles administrativos, aunque ligeramente superior en comparación con la distribución típicamente observada en sectores productivos tradicionalmente masculinizados. Este dato resulta particularmente relevante desde la perspectiva de los estudios de equidad de género en el ámbito laboral, especialmente considerando que el sector acuícola ecuatoriano ha sido históricamente caracterizado por una marcada segregación ocupacional basada en el género.

La representación femenina mayoritaria en la muestra podría estar asociada a la naturaleza administrativa de los puestos evaluados, en contraste con las áreas operativas y técnicas del sector acuícola, donde la participación masculina tiende a ser predominante. Desde el punto de vista de la gestión del talento humano, esta distribución sugiere la necesidad de políticas organizacionales que promuevan la equidad de género tanto en niveles administrativos como operativos, así como el desarrollo de competencias de liderazgo y toma de decisiones en los equipos de trabajo, considerando la diversidad como un factor potenciador de la innovación y la efectividad organizacional.

Es importante señalar que las características sociodemográficas de la muestra, con su predominancia de participantes jóvenes y de sexo femenino, deberán ser consideradas como factores contextuales en la interpretación de los resultados relativos a las habilidades blandas. La juventud de la muestra podría implicar niveles diferenciales de desarrollo de ciertas competencias conductuales, particularmente aquellas que se consolidan con la experiencia laboral y la madurez profesional, mientras que la composición por sexo abre interrogantes sobre posibles patrones de socialización diferencial en el desarrollo de habilidades interpersonales y comunicativas en el entorno laboral acuícola. Estos aspectos serán abordados en los análisis comparativos subsiguientes, que permitirán evaluar si las diferencias observadas en las dimensiones evaluadas presentan significación estadística o responden a variaciones atribuibles a las características sociodemográficas de los participantes.

SECCIÓN 3: RESULTADOS – Estadísticos descriptivos

Tabla 4.- Estadísticos descriptivos por dimensión (con ítems invertidos)

Dimensión	Media	Des v. Est.	Mínimo	Máximo	Asimetría	Curto sis
Integridad	4.04	0.68	1.90	5.00	-0.82	0.94
Liderazgo	4.25	0.86	1.00	5.00	-1.21	1.73
Trabajo en equipo	4.26	0.94	1.00	5.00	-1.31	1.53

Comunicación	4.24	0.93	1.00	5.00	-1.31	1.74
Resolución de Problemas	4.29	0.95	1.00	5.00	-1.35	1.69

Los estadísticos descriptivos presentados en la Tabla 4 revelan niveles de autopercepción notablemente elevados en todas las dimensiones evaluadas, con medias que oscilan entre 4.04 para integridad y 4.29 para resolución de problemas, en una escala de Likert de 1 a 5 puntos. Estos valores sugieren que los participantes del estudio perciben poseer un nivel alto de desarrollo en las competencias conductuales evaluadas, superando el punto medio de la escala y aproximándose al límite superior de respuesta. Desde una perspectiva organizacional, este hallazgo resulta particularmente relevante para el sector acuícola ecuatoriano, toda vez que indica una autopercepción favorable de las habilidades blandas en el personal administrativo, lo cual podría constituir un activo intangible significativo para las empresas del sector.

La dimensión que presenta la media más elevada corresponde a resolución de problemas ($M = 4.29$, $DE = 0.95$), seguida de trabajo en equipo ($M = 4.26$, $DE = 0.94$) y liderazgo ($M = 4.25$, $DE = 0.86$). Estas puntuaciones sugieren que los participantes atribuyen un mayor desarrollo a competencias vinculadas con la capacidad analítica, la colaboración grupal y la dirección de equipos, aspectos críticos para el desempeño en entornos productivos caracterizados por la necesidad de respuesta rápida ante contingencias operativas y sanitarias, como ocurre en el sector acuícola. La comunicación alcanza una media de 4.24 ($DE = 0.93$), ubicándose en un nivel similar al de las dimensiones previamente mencionadas, mientras que integridad presenta la media más baja ($M = 4.04$, $DE = 0.68$), aunque aún en un rango considerado alto.

Es importante destacar que todas las dimensiones presentan medias superiores a 4.0, lo que en la escala de Likert utilizada corresponde a "casi siempre" en el continuo de respuesta que va desde "nunca" hasta "siempre". Este patrón de respuestas podría estar influenciado por un sesgo de deseabilidad social, fenómeno frecuente en estudios de autopercepción de competencias psicosociales, donde los participantes tienden a sobreestimar sus capacidades en dimensiones valoradas positivamente por la organización y la sociedad. Desde el punto de vista técnico, este hallazgo sugiere la necesidad de complementar las mediciones de autopercepción con evaluaciones de desempeño conductual o con observaciones de terceros (heteroevaluaciones) para obtener una aproximación más objetiva al desarrollo real de estas competencias en el entorno laboral.

Las desviaciones estándar observadas revelan que la dimensión integridad presenta la menor variabilidad ($DE = 0.68$), lo que indica una mayor homogeneidad en las respuestas de los participantes en comparación con las otras dimensiones. Por el contrario, resolución de problemas ($DE = 0.95$) y trabajo en equipo ($DE = 0.94$) muestran las

mayores dispersiones, sugiriendo una mayor heterogeneidad en la autopercepción de estas competencias entre los participantes. Esta variabilidad diferencial podría estar asociada a la naturaleza de los constructos evaluados: mientras que la integridad remite a principios éticos y normativos que tienden a ser internalizados de manera más uniforme, la resolución de problemas y el trabajo en equipo están más vinculados a experiencias situacionales y trayectorias laborales particulares, lo que podría generar mayores diferencias en las percepciones individuales.

Los análisis de forma de distribución revelan asimetrías negativas en todas las dimensiones, con valores que oscilan entre -0.82 para integridad y -1.35 para resolución de problemas. Estos coeficientes indican una concentración de las respuestas en los valores altos de la escala, consistente con las elevadas medias observadas. Las curtosis positivas, con valores entre 0.94 para integridad y 1.74 para comunicación, sugieren distribuciones leptocúrticas, caracterizadas por una mayor concentración de casos en la zona central y colas menos extendidas de lo esperado en una distribución normal.

Desde la perspectiva de la ingeniería organizacional y la gestión del talento humano, estos resultados sugieren que el personal administrativo del sector acuícola ecuatoriano percibe contar con un nivel sólido de habilidades blandas, particularmente en dimensiones vinculadas con la resolución de problemas y el trabajo en equipo, competencias críticas para el desempeño en entornos productivos de alta complejidad. Sin embargo, la relativa menor puntuación en integridad plantea interrogantes sobre los factores organizacionales que podrían influir en la autopercepción de la conducta ética, así como sobre las políticas institucionales orientadas a fortalecer la coherencia ética y la transparencia en las prácticas laborales del sector. La elevación de los puntajes en todas las dimensiones por encima de 4.0 invita a reflexionar sobre la necesidad de implementar mecanismos de evaluación complementarios que permitan contrastar las autopercepciones con indicadores objetivos de desempeño conductual, contribuyendo así a una comprensión más integral del desarrollo de habilidades blandas en el contexto acuícola ecuatoriano.

SECCIÓN 4: RESULTADOS – Correlaciones globales

Tabla 5.- Matriz de correlaciones entre dimensiones (Pearson)

Dimensión	Integridad	Liderazgo	Trabajo en equipo	Comunicación	Resolución Problemas
Integridad	1.000				
Liderazgo	0.531	1.000			
Trabajo en equipo	0.514	0.736	1.000		
Comunicación	0.531	0.752	0.839	1.000	

Resolución	0.452	0.673	0.745	0.734	1.000
Problemas					

Todas las correlaciones son significativas con $p < 0.01$

La matriz de correlaciones de Pearson presentada en la Tabla 5 revela asociaciones positivas y estadísticamente significativas ($p < 0.01$) entre todas las dimensiones del instrumento, con coeficientes que oscilan entre 0.452 y 0.839. Este patrón de intercorrelaciones sugiere que las cinco competencias conductuales evaluadas no operan como constructos independientes, sino que mantienen relaciones interdependientes que reflejan la naturaleza sistémica de las habilidades blandas en el contexto organizacional. Desde una perspectiva teórica, estos hallazgos resultan consistentes con los modelos multidimensionales de competencias psicosociales, que postulan la existencia de relaciones significativas entre diferentes dimensiones conductuales, particularmente aquellas vinculadas con la interacción social y el desempeño laboral.

La correlación más elevada se observa entre trabajo en equipo y comunicación ($r = 0.839$), lo que indica que ambas dimensiones comparten aproximadamente el 70.4% de su varianza común. Esta fuerte asociación resulta coherente desde el punto de vista conceptual, dado que la efectividad del trabajo colaborativo depende fundamentalmente de la capacidad de los integrantes de un equipo para intercambiar información de manera clara, expresar opiniones oportunamente y comprender las necesidades y estados emocionales de los demás. En el contexto del sector acuícola ecuatoriano, donde las operaciones productivas requieren una coordinación constante entre diferentes áreas y niveles jerárquicos, esta interdependencia entre comunicación y trabajo en equipo adquiere una relevancia particular, sugiriendo que las intervenciones formativas orientadas a fortalecer una de estas competencias podrían tener efectos positivos sobre la otra.

De manera similar, la correlación entre liderazgo y comunicación alcanza un valor de 0.752, reflejando que la capacidad de liderar equipos se encuentra estrechamente vinculada con las habilidades comunicativas, particularmente aquellas relacionadas con la expresión clara de ideas, la transmisión de confianza y la facilitación de la participación. Este hallazgo resulta consistente con la literatura especializada que identifica la comunicación efectiva como uno de los pilares fundamentales del liderazgo transformacional y situacional. Desde la perspectiva de la ingeniería organizacional, esta relación sugiere que los procesos de desarrollo de liderazgo en el sector acuícola deberían incorporar componentes formativos intensivos en competencias comunicativas, reconociendo que la capacidad de influir en los equipos de trabajo está mediada por la habilidad para establecer canales de comunicación efectivos.

La asociación entre trabajo en equipo y liderazgo ($r = 0.736$) refuerza la noción de que ambas competencias se retroalimentan en contextos organizacionales, donde los líderes efectivos son aquellos capaces de fomentar la colaboración y la cohesión grupal, al tiempo que los equipos de trabajo cohesionados facilitan el ejercicio del liderazgo al generar entornos de confianza y participación. El sector acuícola, caracterizado por operaciones que requieren coordinación entre equipos multidisciplinarios, podría beneficiarse de estrategias de gestión que promuevan simultáneamente el desarrollo de liderazgo y trabajo en equipo, reconociendo su naturaleza interdependiente.

Las correlaciones entre integridad y las otras dimensiones, si bien significativas, presentan los valores más bajos de la matriz, oscilando entre 0.452 con resolución de problemas y 0.531 con liderazgo y comunicación. Este patrón sugiere que la integridad, entendida como la coherencia entre valores y acciones, la transparencia y la aceptación de errores, mantiene una relación más moderada con las otras competencias conductuales. Desde una perspectiva ética y organizacional, este hallazgo podría indicar que la integridad constituye un constructo relativamente independiente dentro del conjunto de habilidades blandas, posiblemente debido a que remite a dimensiones de carácter moral y normativo que operan en un nivel diferente al de las competencias más orientadas a la interacción social y la resolución de problemas operativos.

La correlación entre integridad y resolución de problemas ($r = 0.452$) es la más baja de toda la matriz, lo que sugiere que la autopercepción de conductas éticas y transparentes guarda una relación limitada con la percepción de capacidad para identificar causas de problemas, generar alternativas de solución y evaluar resultados. Este hallazgo resulta particularmente relevante desde el punto de vista de la gestión del talento humano, ya que sugiere que las competencias vinculadas a la dimensión ética y aquellas asociadas a la capacidad analítico-operativa podrían desarrollarse a través de trayectorias diferenciales, requiriendo estrategias formativas específicas para cada dominio.

Desde una perspectiva metodológica, las correlaciones obtenidas superan en todos los casos el umbral de 0.30 considerado como indicativo de una asociación prácticamente significativa, y la mayoría de ellas se sitúan en el rango de correlaciones fuertes ($r > 0.70$) o moderadas (r entre 0.40 y 0.70). Este patrón sugiere que, aunque las dimensiones mantienen relaciones significativas que justifican su inclusión en un instrumento común, presentan suficiente especificidad como para ser consideradas constructos diferenciados. La significación estadística de todas las correlaciones ($p < 0.01$) proporciona una base sólida para afirmar que las relaciones observadas no son atribuibles al azar, reforzando la validez del instrumento y respaldando la pertinencia del análisis de las habilidades blandas como un sistema de competencias interrelacionadas en el contexto del sector acuícola ecuatoriano.

SECCIÓN 5: RESULTADOS – Comparaciones por grupos

Tabla 6.- Correlaciones por grupos Por Edad

Correlación	21-30 años (n=72)	>30 años (n=16)
Integridad - Liderazgo	0.530**	0.516*
Integridad - Trabajo equipo	0.516**	0.489*
Liderazgo - Comunicación	0.748**	0.781**
Trabajo equipo - Comunicación	0.835**	0.852**

El análisis de correlaciones segmentado por grupos etarios, presentado en la Tabla 6, revela patrones de asociación entre las dimensiones de habilidades blandas que se mantienen consistentes tanto en el grupo de participantes de 21 a 30 años como en el grupo de más de 30 años, con todas las correlaciones alcanzando significación estadística. Este hallazgo sugiere que la estructura relacional entre las competencias conductuales evaluadas se mantiene estable a lo largo de los rangos etarios considerados, indicando que la interdependencia entre las dimensiones del instrumento no se ve sustancialmente modificada por la edad de los participantes.

Las correlaciones observadas en el grupo de participantes jóvenes (21 a 30 años) presentan coeficientes que oscilan entre 0.516 y 0.835, todos ellos significativos con $p < 0.01$. Por su parte, el grupo de mayor edad (más de 30 años) muestra coeficientes que van desde 0.489 hasta 0.852, con niveles de significación que incluyen tanto $p < 0.01$ como $p < 0.05$. Este patrón de resultados sugiere que, aunque las magnitudes de las asociaciones presentan ligeras variaciones entre ambos grupos, la dirección y la naturaleza de las relaciones entre las dimensiones evaluadas se mantienen fundamentalmente invariantes, lo que respalda la estabilidad del instrumento de medición en diferentes segmentos etarios.

La correlación más elevada en ambos grupos se observa entre trabajo en equipo y comunicación, alcanzando 0.835 en el grupo de 21 a 30 años y 0.852 en el grupo de más de 30 años. Esta consistencia en la magnitud de la asociación sugiere que la relación entre la capacidad para colaborar en equipos y las habilidades comunicativas se mantiene igualmente fuerte independientemente de la edad de los participantes. Desde una perspectiva de ingeniería organizacional, este hallazgo resulta relevante en la medida que indica que la interdependencia entre estas dos competencias constituye un fenómeno estable, sugiriendo que las estrategias de desarrollo organizacional orientadas a fortalecer el trabajo en equipo podrían implementarse de manera similar en poblaciones laborales de diferentes edades, aprovechando la relación sinérgica con las competencias comunicativas.

La correlación entre liderazgo y comunicación también muestra valores elevados y comparables en ambos grupos, con coeficientes de 0.748 para el grupo joven y 0.781 para el grupo de mayor edad. Esta similitud sugiere que la asociación entre la capacidad de liderar equipos y las

habilidades comunicativas se mantiene robusta a través de los rangos etarios, respaldando la noción de que la comunicación efectiva constituye un componente transversal del liderazgo independientemente de la experiencia o la trayectoria profesional. Este resultado resulta particularmente relevante para el diseño de programas formativos en habilidades de liderazgo para el sector acuícola, toda vez que sugiere que las intervenciones orientadas a desarrollar competencias comunicativas podrían tener efectos positivos sobre las capacidades de liderazgo tanto en profesionales jóvenes como en aquellos con mayor experiencia.

Las correlaciones entre integridad y las otras dimensiones presentan valores más moderados en ambos grupos etarios, con coeficientes que oscilan entre 0.489 y 0.530. La integridad, al ser evaluada mediante ítems que indagan sobre la aceptación de errores, la coherencia entre valores y acciones, y la transparencia, mantiene una relación sistemáticamente más baja con las dimensiones orientadas a la interacción social y la resolución de problemas, patrón que se observa consistentemente en ambos grupos de edad. Este hallazgo refuerza la noción de que la integridad, entendida como una competencia vinculada a principios éticos y normativos, podría operar como un constructo relativamente independiente dentro del ecosistema de habilidades blandas, manteniendo relaciones más moderadas con las dimensiones conductuales orientadas a la interacción y la operación.

Es importante destacar que las correlaciones entre integridad y liderazgo (0.530 en jóvenes frente a 0.516 en mayores) e integridad y trabajo en equipo (0.516 en jóvenes frente a 0.489 en mayores) presentan diferencias marginales entre ambos grupos, con valores ligeramente superiores en el grupo de menor edad. Estas diferencias, aunque mínimas, podrían sugerir que en poblaciones más jóvenes la relación entre las dimensiones éticas y conductuales tiende a ser ligeramente más estrecha, posiblemente debido a procesos de socialización organizacional que aún se encuentran en etapas tempranas de consolidación. Desde el punto de vista de la gestión del talento humano, este hallazgo sugiere que la integración entre la dimensión ética y las competencias interpersonales podría fortalecerse a través de intervenciones formativas tempranas, particularmente en poblaciones laborales jóvenes donde estas asociaciones muestran una tendencia a ser más pronunciadas.

La consistencia de los patrones de correlación entre los dos grupos etarios constituye un hallazgo metodológicamente relevante, ya que respalda la validez del instrumento de medición al demostrar que las relaciones entre las dimensiones evaluadas no presentan variaciones sustanciales atribuibles a la edad de los participantes. Esta estabilidad resulta particularmente significativa para la aplicación del cuestionario en contextos organizacionales diversos, toda vez que sugiere que la estructura factorial del instrumento se mantiene invariante en diferentes segmentos etarios, lo que facilita su utilización como herramienta de

diagnóstico en poblaciones laborales heterogéneas. La magnitud de las correlaciones observadas, consistentemente moderada a fuerte en ambos grupos, respalda la noción de que las habilidades blandas evaluadas constituyen un sistema de competencias interrelacionadas cuya estructura se mantiene estable a lo largo del ciclo vital laboral.

Tabla 7.- Correlaciones por grupos Por Sexo

Correlación	Femenino (n=51)	Masculino (n=37)
Integridad - Liderazgo	0.547**	0.502**
Integridad - Trabajo equipo	0.528**	0.491**
Liderazgo - Comunicación	0.758**	0.739**
Trabajo equipo - Comunicación	0.841**	0.832**

El análisis de correlaciones segmentado por sexo, presentado en la Tabla 7, revela patrones de asociación entre las dimensiones de habilidades blandas que se mantienen consistentes tanto en el grupo de participantes femeninos como en el grupo de participantes masculinos, con todas las correlaciones alcanzando significación estadística ($p < 0.01$). Este hallazgo sugiere que la estructura relacional entre las competencias conductuales evaluadas no presenta diferencias sustanciales atribuibles al sexo de los participantes, indicando que la interdependencia entre las dimensiones del instrumento constituye un fenómeno que trasciende las diferencias de género en el contexto del sector acuícola ecuatoriano.

Las correlaciones observadas en el grupo femenino presentan coeficientes que oscilan entre 0.528 y 0.841, mientras que en el grupo masculino los valores van desde 0.491 hasta 0.832. Este rango de coeficientes, así como el orden de magnitud de las asociaciones, resulta prácticamente equivalente entre ambos grupos, lo que sugiere que la estructura de relaciones entre las competencias evaluadas se mantiene invariable independientemente del sexo de los participantes. Desde una perspectiva psicométrica, esta consistencia respalda la validez del instrumento al demostrar que las dimensiones del cuestionario mantienen patrones de intercorrelación estables en diferentes subgrupos poblacionales, lo que constituye un indicador relevante de la robustez de la medida.

La correlación más elevada en ambos grupos se observa entre trabajo en equipo y comunicación, alcanzando 0.841 en el grupo femenino y 0.832 en el grupo masculino. Esta ligera diferencia a favor de las mujeres, aunque mínima, podría sugerir una integración ligeramente más estrecha entre la capacidad colaborativa y las habilidades comunicativas en la población femenina. No obstante, la magnitud de la diferencia resulta tan reducida que no permite sostener afirmaciones concluyentes al respecto, y la similitud de los coeficientes sugiere que la relación entre estas dos competencias constituye una característica transversal, presente de manera equivalente en ambos sexos. Desde una perspectiva de ingeniería organizacional,

este hallazgo resulta relevante en la medida que indica que los programas de desarrollo de trabajo en equipo en el sector acuícola podrían estructurarse de manera similar para poblaciones femeninas y masculinas, aprovechando la relación sinérgica con las competencias comunicativas que se manifiesta de manera consistente en ambos grupos.

La correlación entre liderazgo y comunicación también muestra valores muy similares entre ambos sexos, con coeficientes de 0.758 para el grupo femenino y 0.739 para el grupo masculino. Esta proximidad en las magnitudes sugiere que la asociación entre la capacidad de liderar equipos y las habilidades comunicativas se mantiene robusta y equivalente en mujeres y hombres, respaldando la noción de que la comunicación efectiva constituye un componente fundamental del liderazgo independientemente del sexo de quienes ejercen roles de dirección. Desde la perspectiva de la equidad de género en el ámbito laboral, este hallazgo resulta particularmente relevante, toda vez que sugiere que los mecanismos que vinculan las competencias comunicativas y de liderazgo operan de manera similar en ambos sexos, lo que podría contribuir a desmitificar concepciones estereotipadas sobre las diferencias de género en las capacidades de liderazgo.

Las correlaciones entre integridad y liderazgo presentan valores de 0.547 para el grupo femenino y 0.502 para el grupo masculino, mientras que las asociaciones entre integridad y trabajo en equipo alcanzan 0.528 en mujeres y 0.491 en hombres. En ambos casos, los coeficientes obtenidos en el grupo femenino son ligeramente superiores a los observados en el grupo masculino, lo que podría sugerir una relación marginalmente más estrecha entre la dimensión ética y las competencias interpersonales en la población femenina. Estas diferencias, sin embargo, resultan lo suficientemente reducidas como para que deban ser interpretadas con cautela, y la significación estadística de ambas correlaciones en ambos grupos respalda la existencia de relaciones positivas entre integridad y las demás dimensiones independientemente del sexo.

Es importante destacar que, en términos generales, las mujeres presentan coeficientes de correlación ligeramente superiores a los hombres en todas las asociaciones evaluadas. Esta tendencia, aunque sistemática, resulta de magnitud reducida y no permite establecer diferencias concluyentes entre ambos grupos. La homogeneidad en los patrones de correlación constituye un hallazgo metodológicamente relevante, ya que sugiere que la estructura factorial del instrumento permanece invariante en diferentes grupos de sexo, lo que respalda la validez transcultural y de género del cuestionario. Desde una perspectiva de gestión organizacional, esta consistencia sugiere que los diagnósticos de habilidades blandas realizados con este instrumento pueden interpretarse de manera equivalente para poblaciones femeninas y masculinas, sin que sea necesario establecer baremos diferenciales según el sexo de los participantes.

La coincidencia en los patrones de correlación entre hombres y mujeres resulta particularmente significativa para el análisis de las habilidades blandas en el sector acuícola ecuatoriano, toda vez que sugiere que la interdependencia entre las competencias conductuales evaluadas constituye un fenómeno relativamente estable, que no se ve sustancialmente afectado por las diferencias de género en los procesos de socialización, desarrollo profesional o experiencias laborales. Esta estabilidad de las relaciones entre dimensiones independientemente del sexo, observada de manera consistente en todas las asociaciones evaluadas, refuerza la validez del instrumento de medición y proporciona una base empírica sólida para afirmar que la estructura de las habilidades blandas, al menos en el contexto del sector acuícola ecuatoriano, presenta un comportamiento similar en hombres y mujeres, lo que facilita la interpretación y comparación de resultados en poblaciones laborales diversas y contribuye a la comprensión de las competencias conductuales como constructos universales en el ámbito organizacional.

SECCIÓN 6: RESULTADOS – Análisis por sexo

Tabla 8.- Estadísticos descriptivos por sexo y prueba de homogeneidad de varianzas.

Dimensión	Femenino (n=51)	Masculino (n=37)	Levene (F)	p
	Media (DE)	Media (DE)		
Integridad	4.08 (0.68)	3.97 (0.70)	0.148	0.701
Liderazgo	4.35 (0.78)	4.11 (0.95)	1.875	0.174
Trabajo en equipo	4.36 (0.89)	4.12 (1.00)	0.861	0.356
Comunicación	4.32 (0.88)	4.12 (0.99)	0.443	0.507
Resolución Problemas	4.36 (0.93)	4.19 (0.98)	0.048	0.827

El análisis de estadísticos descriptivos segmentado por sexo, complementado con la prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas, presentado en la Tabla 8, revela diferencias sistemáticas pero moderadas en las medias de autopercepción de habilidades blandas entre mujeres y hombres, acompañadas de varianzas que no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Las mujeres obtienen puntuaciones medias superiores en todas las dimensiones evaluadas, con diferencias que oscilan entre 0.11 puntos en integridad y 0.24 puntos en liderazgo y trabajo en equipo, en una escala de 1 a 5 puntos. Este patrón consistente sugiere una tendencia hacia una autopercepción ligeramente más elevada de las competencias conductuales en la población femenina del sector acuícola ecuatoriano, aunque la magnitud de estas diferencias resulta reducida y requerirá de análisis de significación estadística para determinar su relevancia.

En la dimensión integridad, las mujeres presentan una media de 4.08 (DE = 0.68) frente a 3.97 (DE = 0.70) en los hombres, lo que representa una diferencia de 0.11 puntos. Esta diferencia, aunque modesta, sugiere que las mujeres tienden a autopercebirse con niveles ligeramente superiores de coherencia ética, transparencia y aceptación de errores

en comparación con sus pares masculinos. La similitud en las desviaciones estándar (0.68 frente a 0.70) indica una variabilidad comparable en ambos grupos, lo que se confirma mediante la prueba de Levene ($F = 0.148$, $p = 0.701$), que evidencia que las varianzas no presentan diferencias significativas. Desde una perspectiva psicométrica, la homogeneidad de varianzas constituye un requisito fundamental para la aplicación de pruebas paramétricas de comparación de medias, y en este caso se cumple satisfactoriamente para todas las dimensiones evaluadas.

La dimensión liderazgo presenta la diferencia más pronunciada entre ambos grupos, con una media de 4.35 (DE = 0.78) para las mujeres y 4.11 (DE = 0.95) para los hombres, lo que representa una ventaja de 0.24 puntos a favor del sexo femenino. Esta diferencia, aunque moderada, resulta particularmente relevante en el contexto del sector acuícola, donde tradicionalmente los roles de liderazgo han sido ocupados mayoritariamente por hombres. La mayor desviación estándar observada en el grupo masculino (0.95 frente a 0.78) sugiere una mayor heterogeneidad en las autopercepciones de liderazgo entre los hombres, con algunos participantes reportando niveles muy bajos y otros muy altos, mientras que las mujeres presentan respuestas más concentradas alrededor de la media. La prueba de Levene confirma que esta diferencia en varianzas no alcanza significación estadística ($F = 1.875$, $p = 0.174$), aunque se aproxima al umbral convencional, lo que sugiere una tendencia hacia una mayor variabilidad en las respuestas masculinas.

En la dimensión trabajo en equipo, las mujeres obtienen una media de 4.36 (DE = 0.89) frente a 4.12 (DE = 1.00) en los hombres, con una diferencia de 0.24 puntos, igualmente favorable al sexo femenino. Esta disparidad sugiere que las mujeres perciben poseer mayores competencias para la colaboración grupal, la promoción de la unión en el entorno laboral y la aceptación de acuerdos establecidos en equipo. La mayor desviación estándar en el grupo masculino (1.00 frente a 0.89) indica nuevamente una variabilidad ligeramente superior en las respuestas de los hombres, aunque la prueba de Levene ($F = 0.861$, $p = 0.356$) confirma que esta diferencia no es estadísticamente significativa.

La comunicación, dimensión que mide habilidades vinculadas a la claridad expresiva, la escucha activa y la percepción del estado emocional de los demás, presenta una media de 4.32 (DE = 0.88) en mujeres y 4.12 (DE = 0.99) en hombres, con una diferencia de 0.20 puntos a favor de las mujeres. Este resultado resulta coherente con la literatura que sugiere que las mujeres tienden a desarrollar competencias comunicativas más sólidas en contextos relacionales, posiblemente debido a patrones de socialización diferencial que enfatizan la expresión emocional y la empatía. La prueba de Levene ($F = 0.443$, $p = 0.507$) confirma la homogeneidad de varianzas entre ambos grupos, validando el uso de pruebas paramétricas para evaluar la significación de esta diferencia.

La resolución de problemas presenta la menor diferencia entre ambos grupos, con una media de 4.36 (DE = 0.93) para mujeres y 4.19 (DE = 0.98) para hombres, lo que representa una ventaja de 0.17 puntos para las mujeres. Esta dimensión, que evalúa competencias vinculadas a la identificación de causas de problemas, la generación de alternativas de solución y la evaluación de resultados, muestra la diferencia más reducida entre ambos sexos, lo que podría sugerir que las habilidades analíticas y de toma de decisiones se encuentran más equitativamente distribuidas entre hombres y mujeres en el contexto del sector acuícola. La prueba de Levene ($F = 0.048$, $p = 0.827$) confirma que las varianzas son prácticamente equivalentes en ambos grupos, lo que constituye el resultado más robusto de homogeneidad en toda la tabla.

El análisis de homogeneidad de varianzas, evaluado mediante la prueba de Levene, evidencia que en ninguna de las dimensiones se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas, con valores de probabilidad que oscilan entre 0.174 en liderazgo y 0.827 en resolución de problemas. Este hallazgo resulta metodológicamente relevante, ya que la homogeneidad de varianzas constituye un supuesto fundamental para la aplicación de pruebas t de Student para muestras independientes, así como para los análisis de varianza (ANOVA). El cumplimiento de este supuesto en todas las dimensiones evaluadas respalda la validez de las comparaciones estadísticas que se realicen entre ambos grupos, proporcionando una base empírica sólida para determinar si las diferencias observadas en las medias alcanzan significación estadística.

Desde una perspectiva de ingeniería organizacional y gestión del talento humano, el patrón de resultados observado sugiere que, si bien las mujeres tienden a reportar niveles ligeramente superiores de habilidades blandas en todas las dimensiones, la magnitud de estas diferencias resulta moderada y la homogeneidad de varianzas indica que la variabilidad en las respuestas es comparable entre ambos sexos. Este hallazgo invita a reflexionar sobre los factores que podrían estar contribuyendo a las diferencias observadas, así como sobre la necesidad de implementar políticas de equidad de género que promuevan el desarrollo equitativo de competencias conductuales en el sector acuícola, reconociendo tanto las fortalezas como las áreas de oportunidad que presentan cada uno de los grupos. La consistencia de la homogeneidad de varianzas en todas las dimensiones sugiere además que el instrumento de medición se comporta de manera estable en diferentes grupos de sexo, lo que constituye un indicador adicional de su validez y utilidad para fines de diagnóstico organizacional.

Tabla 9. Comparación de medias entre hombres y mujeres (prueba t)

Dimensión	t	gl	p	d de Cohen
Integridad	0.726	86	0.470	0.16

Liderazgo	1.318	86	0.191	0.28
Trabajo en equipo	1.175	86	0.243	0.25
Comunicación	1.000	86	0.320	0.21
Resolución de Problemas	0.847	86	0.399	0.18

Nota: d de Cohen = tamaño del efecto (0.2 = pequeño, 0.5 = mediano, 0.8 = grande)

El análisis de comparación de medias mediante la prueba t para muestras independientes, presentado en la Tabla 9, revela que las diferencias observadas en las puntuaciones de autopercepción de habilidades blandas entre mujeres y hombres no alcanzan significación estadística en ninguna de las cinco dimensiones evaluadas. Los valores de probabilidad asociados a los estadísticos t oscilan entre 0.191 para liderazgo y 0.470 para integridad, todos ellos muy por encima del umbral convencional de 0.05 que permitiría rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias. Este hallazgo sugiere que, aunque las mujeres presentan puntuaciones medias consistentemente superiores a los hombres en todas las dimensiones, estas diferencias no son lo suficientemente grandes como para ser consideradas estadísticamente significativas en el contexto de la muestra analizada.

En la dimensión integridad, el estadístico t alcanza un valor de 0.726 con 86 grados de libertad y una probabilidad asociada de 0.470, lo que indica que la diferencia de 0.11 puntos observada entre mujeres ($M = 4.08$) y hombres ($M = 3.97$) podría deberse al azar en aproximadamente el 47% de las posibles muestras. Este resultado sugiere que, desde el punto de vista estadístico, no existe evidencia suficiente para afirmar que hombres y mujeres difieren en su autopercepción de integridad en el contexto del sector acuícola ecuatoriano. La dimensión liderazgo presenta el valor de t más elevado ($t = 1.318$, $p = 0.191$), lo que indica que la diferencia de 0.24 puntos a favor de las mujeres, aunque la más pronunciada de todas las dimensiones, tampoco alcanza significación estadística, con una probabilidad de error tipo I del 19.1%.

Las dimensiones trabajo en equipo ($t = 1.175$, $p = 0.243$) y comunicación ($t = 1.000$, $p = 0.320$) presentan patrones similares, con diferencias de 0.24 y 0.20 puntos respectivamente que no alcanzan significación estadística. La resolución de problemas muestra el valor de t más bajo ($t = 0.847$, $p = 0.399$), consistente con la diferencia más reducida observada entre ambos grupos (0.17 puntos), lo que refuerza la conclusión de que las habilidades analíticas y de toma de decisiones se perciben de manera similar entre hombres y mujeres en el sector acuícola ecuatoriano.

El análisis del tamaño del efecto, calculado mediante la d de Cohen, proporciona información complementaria sobre la magnitud práctica de las diferencias observadas, más allá de su significación estadística. Los coeficientes obtenidos oscilan entre 0.16 para integridad y 0.28 para liderazgo, todos ellos en el rango considerado como tamaño de efecto pequeño según los criterios convencionales (0.2 = pequeño, 0.5 = mediano, 0.8 = grande). La dimensión liderazgo

presenta el tamaño del efecto más elevado ($d = 0.28$), seguida de trabajo en equipo ($d = 0.25$), comunicación ($d = 0.21$), resolución de problemas ($d = 0.18$) e integridad ($d = 0.16$). Estos valores indican que, incluso en el caso de la diferencia más pronunciada, la magnitud de la asociación entre el sexo y las habilidades blandas resulta reducida, explicando menos del 2% de la varianza total en las puntuaciones de liderazgo.

Desde una perspectiva de ingeniería organizacional y gestión del talento humano, la ausencia de diferencias significativas entre hombres y mujeres en las habilidades blandas evaluadas constituye un hallazgo relevante que sugiere que el sexo no opera como un factor determinante en la autopercepción de competencias conductuales en el contexto del sector acuícola ecuatoriano. Este resultado resulta particularmente significativo desde el punto de vista de la equidad de género en el ámbito laboral, toda vez que sugiere que las competencias asociadas al liderazgo, el trabajo en equipo, la comunicación, la integridad y la resolución de problemas se distribuyen de manera relativamente equitativa entre hombres y mujeres, al menos en lo que respecta a la autopercepción de estas habilidades.

Los hallazgos obtenidos invitan a reflexionar sobre la naturaleza de las diferencias de género en el ámbito organizacional, sugiriendo que, en el contexto específico del sector acuícola ecuatoriano, las percepciones sobre las habilidades blandas no presentan sesgos significativos asociados al sexo de los participantes. Esta conclusión, sin embargo, debe ser matizada por las limitaciones inherentes a las mediciones de autopercepción, las cuales podrían estar influenciadas por factores como la deseabilidad social, los estereotipos de género internalizados o las expectativas organizacionales, que podrían modular las respuestas de los participantes en función de su sexo.

El tamaño del efecto reducido observado en todas las dimensiones sugiere que, incluso en aquellos casos donde las diferencias se aproximan a la significación estadística (como en liderazgo, con $p = 0.191$ y $d = 0.28$), la magnitud práctica de estas diferencias resulta modesta. Este hallazgo adquiere relevancia desde una perspectiva de políticas organizacionales, ya que indica que las estrategias orientadas a promover el desarrollo de habilidades blandas en el sector acuícola no necesariamente requieren enfoques diferenciados por sexo, al menos en lo que respecta a la autopercepción de competencias. La homogeneidad en los patrones de respuesta entre hombres y mujeres sugiere que las intervenciones formativas podrían diseñarse con un enfoque universal, sin necesidad de establecer programas diferenciados según el sexo de los participantes, aunque siempre considerando que la equidad de género en el desarrollo profesional requiere de políticas integrales que trasciendan el ámbito de las competencias conductuales.

4.- Discusión

4.1. Interpretación de los resultados

Los hallazgos obtenidos en la presente investigación permiten caracterizar el perfil de habilidades blandas del personal administrativo del sector acuícola ecuatoriano, revelando niveles de autopercepción elevados en todas las dimensiones evaluadas, con medias que oscilan entre 4.03 para integridad y 4.29 para resolución de problemas. Este patrón de resultados sugiere que los participantes perciben poseer un desarrollo sólido de competencias conductuales, particularmente en aquellas vinculadas a la capacidad analítica, la colaboración grupal y la comunicación efectiva. La elevación de los puntajes por encima de 4.0 en una escala de 1 a 5 puntos podría interpretarse como un indicador de que el personal administrativo del sector acuícola valora positivamente sus competencias interpersonales, aunque también podría reflejar la influencia del sesgo de deseabilidad social, fenómeno frecuente en estudios de autopercepción donde los participantes tienden a sobreestimar sus capacidades en dimensiones valoradas por la organización y la sociedad. Desde una perspectiva de ingeniería organizacional, este hallazgo sugiere que las empresas del sector disponen de una base competencial favorable sobre la cual construir estrategias de desarrollo de talento, aunque se recomienda complementar las mediciones de autopercepción con evaluaciones de desempeño conductual o con observaciones de terceros para obtener una aproximación más objetiva al desarrollo real de estas competencias.

La identificación de la resolución de problemas como la dimensión con la media más elevada resulta coherente con las demandas del contexto productivo acuícola, caracterizado por contingencias operativas y sanitarias permanentes que requieren respuestas adaptativas rápidas y toma de decisiones bajo incertidumbre. Este hallazgo sugiere que el personal administrativo del sector ha desarrollado competencias analíticas y de toma de decisiones que le permiten enfrentar eficazmente los desafíos inherentes a la actividad productiva. De manera complementaria, la dimensión integridad presenta la media más baja, lo que podría reflejar la complejidad de medir constructos vinculados a la conducta ética en entornos laborales donde las normas implícitas y los incentivos organizacionales pueden influir en las respuestas de los participantes. Esta observación resulta particularmente relevante desde una perspectiva ética y organizacional, ya que sugiere que las competencias vinculadas a la transparencia, la coherencia entre valores y acciones, y la aceptación de errores constituyen un área de oportunidad para el fortalecimiento de la cultura organizacional en el sector acuícola.

La matriz de correlaciones revela asociaciones positivas y significativas entre todas las dimensiones evaluadas, con coeficientes que oscilan entre 0.452 y 0.839, lo que indica que las habilidades blandas no operan como constructos independientes, sino como un sistema de competencias interrelacionadas que se influyen mutuamente. La correlación más elevada entre trabajo en equipo y comunicación ($r = 0.839$) resulta conceptualmente

coherente, dado que la efectividad de la colaboración grupal depende fundamentalmente de la capacidad de los integrantes de un equipo para intercambiar información de manera clara, expresar opiniones oportunamente y comprender las necesidades y estados emocionales de los demás. Esta interdependencia adquiere particular relevancia en el sector acuícola, donde las operaciones productivas requieren una coordinación constante entre diferentes áreas y niveles jerárquicos, y sugiere que las intervenciones formativas orientadas a fortalecer una de estas competencias podrían tener efectos positivos sobre la otra, optimizando así los recursos destinados al desarrollo de talento.

El análisis comparativo por sexo revela que, aunque las mujeres obtienen puntuaciones medias ligeramente superiores en todas las dimensiones, estas diferencias no alcanzan significación estadística, como lo demuestran los valores de probabilidad obtenidos en la prueba t ($p > 0.05$ en todos los casos). Este hallazgo resulta particularmente relevante desde el punto de vista de la equidad de género en el ámbito laboral, toda vez que sugiere que las competencias asociadas al liderazgo, el trabajo en equipo, la comunicación, la integridad y la resolución de problemas se distribuyen de manera equitativa entre hombres y mujeres en el contexto del sector acuícola ecuatoriano. Los tamaños del efecto, calculados mediante la d de Cohen, se sitúan en el rango pequeño (0.16 a 0.28), lo que confirma que incluso las diferencias más pronunciadas presentan una magnitud práctica reducida. Este resultado contribuye a desmitificar concepciones estereotipadas sobre las diferencias de género en las capacidades de liderazgo y otras competencias conductuales, proporcionando evidencia empírica que respalda el diseño de políticas de desarrollo profesional equitativas.

4.2. Comparación con estudios previos

Los hallazgos obtenidos se sitúan en la línea de investigaciones previas que han documentado niveles elevados de autopercepción de habilidades blandas en poblaciones laborales, aunque se observan particularidades vinculadas al contexto sectorial de la industria acuícola. Estudios realizados en el ámbito de la industria manufacturera y de servicios han reportado patrones similares de autopercepción favorable, con medias que tienden a superar el punto medio de la escala, lo que sugiere que la tendencia a la sobreestimación de competencias conductuales constituye un fenómeno extendido en diferentes contextos organizacionales. Sin embargo, la investigación sobre habilidades blandas en el sector acuícola específicamente es limitada, lo que dificulta la comparación directa con estudios previos en el mismo ámbito productivo. Este vacío de conocimiento resalta la contribución original del presente estudio, que proporciona evidencia empírica sistemática sobre las competencias conductuales del personal administrativo en una industria de alta relevancia económica para Ecuador.

En relación con las diferencias por sexo en habilidades blandas, los hallazgos del presente estudio presentan coincidencias parciales con la literatura previa, que ha reportado patrones inconsistentes en las diferencias de género. Algunas investigaciones han documentado que las mujeres tienden a autopercebirse con niveles superiores en dimensiones vinculadas a la comunicación y las habilidades interpersonales, mientras que otras no han encontrado diferencias significativas, especialmente cuando se controlan variables contextuales y ocupacionales. La ausencia de diferencias significativas por sexo observada en el presente estudio se alinea con las investigaciones más recientes que sugieren que las diferencias de género en habilidades blandas tienden a atenuarse en contextos laborales profesionalizados, donde los procesos de socialización organizacional y los roles ocupacionales compartidos modulan las disposiciones iniciales y promueven patrones de comportamiento adaptativos en función de las demandas del entorno. Este hallazgo resulta consistente con perspectivas teóricas que enfatizan el carácter situado y dinámico de las habilidades blandas, las cuales se desarrollan en interacción con los contextos organizacionales y las experiencias profesionales acumuladas.

En cuanto a las diferencias etarias, las investigaciones previas han sugerido que las habilidades blandas se desarrollan y consolidan a lo largo del ciclo vital, influenciadas por la experiencia laboral y la madurez profesional. Los estudios longitudinales han documentado que dimensiones como el liderazgo y la resolución de problemas tienden a incrementarse con la edad y la trayectoria profesional, reflejando el aprendizaje experiencial y la acumulación de capital social y psicológico. En el presente estudio, aunque no se realizaron comparaciones estadísticas formales por edad debido al desbalance en los tamaños de los grupos, los patrones de correlación observados entre dimensiones se mantuvieron consistentes en ambos grupos etarios, lo que sugiere que la estructura relacional de las habilidades blandas es estable en diferentes segmentos poblacionales. Este hallazgo coincide con investigaciones que han reportado una estabilidad en la estructura factorial de instrumentos de medición de habilidades blandas en diferentes grupos de edad, respaldando su utilidad para fines de diagnóstico y desarrollo organizacional.

La elevada fiabilidad del instrumento de medición, con coeficientes alfa de Cronbach que superan 0.70 en todas las dimensiones y alcanzan 0.944 para el cuestionario total, se sitúa por encima de los valores reportados en estudios similares en contextos organizacionales. Este resultado puede atribuirse tanto a la solidez del instrumento como a la homogeneidad de la muestra evaluada, y constituye un aporte metodológico relevante al proporcionar un instrumento validado para la evaluación de habilidades blandas en el sector acuícola ecuatoriano. La comparación con estudios previos realizados en América Latina revela que los coeficientes de fiabilidad obtenidos se encuentran

en el rango superior de lo reportado, lo que sugiere que el instrumento presenta propiedades psicométricas adecuadas para su aplicación en contextos organizacionales similares.

4.3. Implicaciones teóricas y prácticas

Los hallazgos de la presente investigación presentan implicaciones teóricas relevantes para el campo de estudio de las habilidades blandas en contextos organizacionales, particularmente en lo que respecta a la comprensión de la estructura relacional entre dimensiones competenciales. La consistencia de las correlaciones observadas entre las cinco dimensiones evaluadas respalda la conceptualización de las habilidades blandas como un sistema de competencias interrelacionadas, donde el desarrollo de una dimensión se asocia positivamente con el desarrollo de las demás, sugiriendo la existencia de mecanismos de transferencia competencial que podrían ser objeto de investigación futura. Este hallazgo contribuye al debate teórico sobre la naturaleza de las habilidades blandas, apoyando perspectivas que enfatizan su carácter sistémico y su desarrollo integrado, en contraste con enfoques que las conciben como constructos independientes. Asimismo, la estabilidad de los patrones de correlación en diferentes subgrupos poblacionales (por sexo y edad) proporciona evidencia sobre la invariabilidad de la estructura de habilidades blandas en diferentes segmentos poblacionales, lo que constituye un aporte al conocimiento sobre la universalidad de estos constructos.

Desde una perspectiva metodológica, la validación del instrumento de medición en el contexto del sector acuícola ecuatoriano constituye una contribución significativa, proporcionando una herramienta fiable para futuras investigaciones en el sector y en contextos productivos similares. Los coeficientes de fiabilidad obtenidos, que superan ampliamente los umbrales aceptables en todas las dimensiones, respaldan la utilidad del cuestionario para fines de diagnóstico organizacional y evaluación de programas de desarrollo de talento. Esta contribución metodológica resulta particularmente relevante en el contexto latinoamericano, donde la disponibilidad de instrumentos validados para la evaluación de habilidades blandas en sectores productivos específicos es limitada, y donde la adaptación de instrumentos internacionales requiere procesos sistemáticos de validación que consideren las particularidades culturales y contextuales de la población evaluada.

Las implicaciones prácticas de los hallazgos son particularmente relevantes para la gestión del talento humano en el sector acuícola ecuatoriano. Los resultados sugieren que, aunque el personal administrativo del sector presenta niveles favorables de autopercepción en todas las dimensiones, existen áreas de oportunidad para el fortalecimiento de competencias específicas, particularmente en integridad, que podrían abordarse mediante el diseño de programas de desarrollo ético y conductual. La ausencia de diferencias significativas por sexo en las habilidades blandas evaluadas proporciona

evidencia que respalda el diseño de políticas de desarrollo profesional equitativas, que reconozcan las fortalezas de todos los colaboradores independientemente de su género. Asimismo, las relaciones positivas y significativas entre todas las dimensiones sugieren que las intervenciones formativas orientadas a fortalecer una competencia específica podrían tener efectos multiplicadores sobre otras dimensiones, optimizando así la inversión en desarrollo de talento y generando un impacto más amplio en el desempeño organizacional.

Desde una perspectiva industrial, los hallazgos del estudio proporcionan información valiosa para las empresas acuícolas que buscan fortalecer sus capacidades organizacionales a través del desarrollo de su capital humano. La identificación de la resolución de problemas como la dimensión con mayor nivel de desarrollo sugiere que las empresas del sector cuentan con personal capacitado para enfrentar las contingencias operativas y sanitarias que caracterizan la actividad acuícola. Sin embargo, la relativa menor puntuación en integridad invita a reflexionar sobre los factores organizacionales que podrían estar influyendo en la autopercepción de la conducta ética, así como sobre las políticas institucionales orientadas a fortalecer la coherencia ética y la transparencia en las prácticas laborales del sector. La implementación de programas formativos orientados al fortalecimiento de habilidades blandas podría contribuir significativamente a mejorar el clima organizacional, la satisfacción laboral y la retención de talento, factores críticos para la sostenibilidad y competitividad del sector en un mercado global cada vez más exigente.

4.4. Limitaciones y proyecciones futuras

La presente investigación presenta limitaciones metodológicas que deben ser consideradas para una adecuada interpretación y generalización de los hallazgos. En primer lugar, el diseño transversal del estudio, si bien apropiado para los objetivos planteados, no permite establecer relaciones causales entre las variables evaluadas, limitando la capacidad para determinar si los niveles de habilidades blandas influyen en el desempeño organizacional o si, por el contrario, son el resultado de las experiencias y contextos laborales. Esta limitación sugiere la necesidad de desarrollar estudios longitudinales que permitan examinar la evolución de las habilidades blandas a lo largo del tiempo y su relación con indicadores objetivos de desempeño organizacional, proporcionando así evidencia más sólida sobre los mecanismos causales subyacentes.

En segundo lugar, el tamaño de la muestra ($n = 88$), aunque adecuado para los análisis estadísticos realizados, limita la capacidad para realizar análisis más complejos, como modelos de ecuaciones estructurales o análisis factoriales confirmatorios, y restringe la generalización de los hallazgos a otras poblaciones del sector acuícola ecuatoriano o a otros contextos productivos. Asimismo, el desbalance en la distribución por edad, con un 81.8% de

participantes en el grupo de 21 a 30 años, limita la capacidad para realizar comparaciones etarias robustas y para explorar las interacciones entre sexo y edad en la configuración de las habilidades blandas. Futuras investigaciones podrían ampliar el tamaño muestral y buscar una distribución más equilibrada por grupos etarios, así como incluir participantes de diferentes regiones del país o de diferentes subsectores de la industria acuícola, para evaluar la generalización de los hallazgos.

En tercer lugar, el uso exclusivo de autopercepciones como método de evaluación de habilidades blandas constituye una limitación significativa, dado el potencial sesgo de deseabilidad social y la tendencia a la sobreestimación de competencias valoradas socialmente. Futuras investigaciones podrían incorporar métodos complementarios de evaluación, como heteroevaluaciones por parte de supervisores o pares, así como evaluaciones conductuales basadas en la observación de comportamientos específicos en situaciones reales o simuladas, que permitan contrastar las autopercepciones con percepciones externas y obtener una aproximación más objetiva al desarrollo de las competencias evaluadas. La triangulación de fuentes de información contribuiría a mitigar los sesgos inherentes a las mediciones de autopercepción y proporcionaría una imagen más completa y precisa de las habilidades blandas del personal administrativo del sector.

Finalmente, se proyecta la necesidad de profundizar en el análisis de los factores contextuales y organizacionales que modulan el desarrollo de habilidades blandas en el sector acuícola, incluyendo variables como el clima organizacional, el estilo de liderazgo, las políticas de gestión de talento y las oportunidades de desarrollo profesional. La investigación futura podría abordar cómo estos factores interactúan con las características individuales para influir en los niveles de habilidades blandas, así como explorar la relación entre las competencias conductuales evaluadas e indicadores objetivos de desempeño organizacional, como la productividad, la innovación y la retención de talento. Asimismo, se sugiere la realización de estudios que evalúen la efectividad de intervenciones formativas específicas para el desarrollo de habilidades blandas en el sector, mediante diseños experimentales o cuasiexperimentales que permitan determinar el impacto de programas estructurados de formación en las competencias evaluadas, contribuyendo así al diseño de estrategias basadas en evidencia para el fortalecimiento del talento humano en la industria acuícola ecuatoriana.

5.- Conclusión.

5.1. Síntesis de los hallazgos

La presente investigación tuvo como objetivo examinar las habilidades blandas presentes en el personal administrativo del sector acuícola ecuatoriano y las estrategias de desarrollo profesional implementadas por las empresas

líderes del sector en la ciudad de Guayaquil. Los hallazgos obtenidos permiten concluir que el personal administrativo del sector presenta niveles elevados de autopercepción en todas las dimensiones evaluadas, con medias que oscilan entre 4.03 para integridad y 4.29 para resolución de problemas, en una escala de Likert de 1 a 5 puntos. Este patrón de resultados sugiere que los participantes perciben poseer un desarrollo sólido de competencias conductuales, particularmente en aquellas vinculadas a la capacidad analítica, la colaboración grupal y la comunicación efectiva, competencias que resultan críticas para el desempeño en un sector caracterizado por la necesidad de respuesta rápida ante contingencias operativas y sanitarias, como ocurre en la industria acuícola ecuatoriana.

El análisis de fiabilidad del instrumento de medición permitió confirmar su excelente consistencia interna, con coeficientes alfa de Cronbach que superan 0.70 en todas las dimensiones y alcanzan 0.944 para el cuestionario total. La dimensión resolución de problemas presentó la fiabilidad más alta ($\alpha = 0.938$), seguida de comunicación ($\alpha = 0.920$) y liderazgo ($\alpha = 0.913$), mientras que integridad, aunque con un coeficiente más moderado ($\alpha = 0.724$), superó el umbral mínimo recomendado para fines de investigación básica. La matriz de correlaciones reveló asociaciones positivas y significativas entre todas las dimensiones ($p < 0.01$), con coeficientes que oscilan entre 0.452 y 0.839, lo que confirma que las habilidades blandas evaluadas constituyen un sistema de competencias interrelacionadas, donde el desarrollo de una dimensión se asocia positivamente con el desarrollo de las demás.

El análisis comparativo por sexo reveló que, aunque las mujeres obtuvieron puntuaciones medias ligeramente superiores en todas las dimensiones, estas diferencias no alcanzaron significación estadística ($p > 0.05$), con tamaños del efecto en el rango pequeño (d de Cohen entre 0.16 y 0.28). Este hallazgo sugiere que el sexo no constituye un factor determinante en la autopercepción de habilidades blandas en el contexto del sector acuícola ecuatoriano, lo que respalda el diseño de políticas de desarrollo profesional equitativas. Los patrones de correlación entre dimensiones se mantuvieron consistentes en los diferentes subgrupos poblacionales (por sexo y edad), lo que indica la estabilidad de la estructura de habilidades blandas en diferentes segmentos poblacionales y respalda la validez del instrumento de medición para su aplicación en poblaciones laborales diversas.

5.2. Contribuciones científicas y técnicas

El presente estudio realiza contribuciones significativas al conocimiento científico en el campo de las habilidades blandas en contextos organizacionales, particularmente en el sector acuícola ecuatoriano, un ámbito productivo de alta relevancia económica para el país donde la evidencia empírica sobre competencias conductuales era limitada. La investigación proporciona una caracterización sistemática del perfil de habilidades blandas del personal administrativo del sector, identificando las dimensiones más desarrolladas

(resolución de problemas, trabajo en equipo y liderazgo) y aquellas que presentan niveles relativamente más bajos (integridad), información que contribuye a comprender la configuración de las competencias conductuales en un contexto productivo específico y que puede orientar el diseño de estrategias de desarrollo de talento alineadas con las necesidades del sector.

Desde una perspectiva metodológica, el estudio aporta la validación de un instrumento de medición de habilidades blandas en el contexto del sector acuícola ecuatoriano, proporcionando evidencia sobre sus propiedades psicométricas en esta población específica. Los coeficientes de fiabilidad obtenidos, que superan ampliamente los umbrales aceptables en todas las dimensiones, respaldan la utilidad del cuestionario para futuras investigaciones en el sector y proporcionan una base metodológica para su aplicación en otros contextos productivos similares. Esta contribución resulta particularmente relevante en el contexto latinoamericano, donde la disponibilidad de instrumentos validados para la evaluación de habilidades blandas en sectores productivos específicos es limitada, y donde la adaptación de instrumentos internacionales requiere procesos sistemáticos de validación que consideren las particularidades culturales y contextuales de la población evaluada.

El estudio contribuye además al conocimiento sobre las diferencias de género en habilidades blandas, proporcionando evidencia empírica que sugiere que, en el contexto del sector acuícola ecuatoriano, las competencias conductuales se distribuyen de manera equitativa entre hombres y mujeres. Este hallazgo contribuye a desmitificar concepciones estereotipadas sobre las diferencias de género en capacidades de liderazgo y otras competencias conductuales, proporcionando evidencia que respalda el diseño de políticas de desarrollo profesional equitativas en el sector. Asimismo, la consistencia de los patrones de correlación entre dimensiones en diferentes subgrupos poblacionales constituye un hallazgo que respalda la universalidad de la estructura de habilidades blandas y sugiere que los procesos de socialización organizacional pueden modular las disposiciones iniciales, promoviendo patrones de comportamiento adaptativos en función de las demandas del entorno laboral.

5.3. Implicaciones teóricas y aplicaciones prácticas

Los hallazgos del presente estudio presentan implicaciones teóricas relevantes para el campo de estudio de las habilidades blandas en contextos organizacionales. La consistencia de las correlaciones observadas entre las cinco dimensiones evaluadas respalda la conceptualización de las habilidades blandas como un sistema de competencias interrelacionadas, donde el desarrollo de una dimensión se asocia positivamente con el desarrollo de las demás, sugiriendo la existencia de mecanismos de transferencia competencial que podrían ser objeto de investigación futura. Este hallazgo contribuye al debate teórico sobre la naturaleza de las habilidades blandas, apoyando

perspectivas que enfatizan su carácter sistémico y su desarrollo integrado, en contraste con enfoques que las conciben como constructos independientes. Asimismo, la estabilidad de los patrones de correlación en diferentes subgrupos poblacionales proporciona evidencia sobre la invariabilidad de la estructura de habilidades blandas en diferentes segmentos poblacionales, lo que constituye un aporte al conocimiento sobre la universalidad de estos constructos y su aplicabilidad en contextos organizacionales diversos.

Las implicaciones prácticas de los hallazgos son particularmente relevantes para la gestión del talento humano en el sector acuícola ecuatoriano. Los resultados sugieren que, aunque el personal administrativo del sector presenta niveles favorables de autopercepción en todas las dimensiones, existen áreas de oportunidad para el fortalecimiento de competencias específicas, particularmente en integridad, que podrían abordarse mediante el diseño de programas de desarrollo ético y conductual. La implementación de programas formativos orientados al fortalecimiento de habilidades blandas podría contribuir significativamente a mejorar el clima organizacional, la satisfacción laboral y la retención de talento, factores críticos para la sostenibilidad y competitividad del sector en un mercado global cada vez más exigente. La ausencia de diferencias significativas por sexo en las habilidades blandas evaluadas proporciona evidencia que respalda el diseño de políticas de desarrollo profesional equitativas, que reconozcan las fortalezas de todos los colaboradores independientemente de su género.

Desde una perspectiva industrial, los hallazgos del estudio proporcionan información valiosa para las empresas acuícolas que buscan fortalecer sus capacidades organizacionales a través del desarrollo de su capital humano. La identificación de la resolución de problemas como la dimensión con mayor nivel de desarrollo sugiere que las empresas del sector cuentan con personal capacitado para enfrentar las contingencias operativas y sanitarias que caracterizan la actividad acuícola. Las relaciones positivas y significativas entre todas las dimensiones sugieren que las intervenciones formativas orientadas a fortalecer una competencia específica podrían tener efectos multiplicadores sobre otras dimensiones, optimizando así la inversión en desarrollo de talento y generando un impacto más amplio en el desempeño organizacional. En un contexto donde la automatización y la inteligencia artificial transforman constantemente el panorama laboral, el fortalecimiento de las habilidades humanas que no pueden ser replicadas por las máquinas adquiere una relevancia estratégica, posicionando a las empresas que invierten en el desarrollo de estas competencias como líderes en sus respectivos mercados y contribuyendo al posicionamiento del sector acuícola ecuatoriano como referente de excelencia y sostenibilidad en la región.

5.4. Proyecciones y líneas de investigación futura

A partir de los hallazgos y limitaciones del presente estudio, se proyectan diversas líneas de investigación futura que permitirían profundizar, validar o ampliar los resultados obtenidos. En primer lugar, se sugiere la realización de estudios longitudinales que permitan examinar la evolución de las habilidades blandas a lo largo del tiempo y su relación con indicadores objetivos de desempeño organizacional, como la productividad, la innovación y la retención de talento, proporcionando evidencia más sólida sobre los mecanismos causales subyacentes y superando las limitaciones del diseño transversal. La implementación de diseños cuasiexperimentales que evalúen el impacto de intervenciones formativas específicas en el desarrollo de habilidades blandas permitiría determinar la efectividad de programas estructurados de formación y proporcionaría evidencia para el diseño de estrategias basadas en datos empíricos.

En segundo lugar, se recomienda ampliar el alcance geográfico y sectorial del estudio, incluyendo participantes de diferentes regiones del país donde se desarrolla actividad acuícola y de diferentes subsectores de la industria, como la producción de larvas, el engorde, el procesamiento y la comercialización, así como incluir personal operativo y técnico para evaluar las diferencias en los perfiles competenciales según el nivel jerárquico y la función desempeñada. La ampliación del tamaño muestral permitiría realizar análisis más complejos, como modelos de ecuaciones estructurales o análisis factoriales confirmatorios, que contribuirían a una comprensión más profunda de la estructura y dinámica de las habilidades blandas en el sector.

En tercer lugar, se sugiere la incorporación de métodos de evaluación complementarios que permitan contrastar las autopercepciones con percepciones externas y obtener una aproximación más objetiva al desarrollo de las competencias evaluadas. La integración de heteroevaluaciones por parte de supervisores y pares, así como evaluaciones conductuales basadas en la observación de comportamientos específicos en situaciones reales o simuladas, contribuiría a mitigar los sesgos inherentes a las mediciones de autopercepción y proporcionaría una imagen más completa y precisa de las habilidades blandas del personal administrativo del sector. Finalmente, se proyecta la necesidad de profundizar en el análisis de los factores contextuales y organizacionales que modulan el desarrollo de habilidades blandas, incluyendo variables como el clima organizacional, el estilo de liderazgo, las políticas de gestión de talento y las oportunidades de desarrollo profesional, que permitan comprender cómo estos factores interactúan con las características individuales para influir en los niveles de habilidades blandas, contribuyendo así al diseño de estrategias integrales de fortalecimiento del talento humano en la industria acuícola ecuatoriana.

6.- Agradecimientos (si aplica)

No aplica.

7.- Contribuciones de los autores (Taxonomía de roles de los colaboradores - CRediT)

1. Conceptualización: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark
2. Curación de datos: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark
3. Análisis formal: Francisco Javier Duque-Aldaz; Fernando Raúl Rodríguez-Flores
4. Adquisición de fondos: No aplica
5. Investigación: Edwin Haymacaña Moreno; Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
6. Metodología: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark
7. Administración del proyecto: Francisco Javier Duque-Aldaz; Fernando Raúl Rodríguez-Flores
8. Recursos: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark
9. Software: Francisco Javier Duque-Aldaz; Fernando Raúl Rodríguez-Flores
10. Supervisión: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark
11. Validación: Edwin Haymacaña Moreno; Leonor Alejandrina Zapata Aspiazu
12. Visualización: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark
13. Redacción - borrador original: Jorge Meza-Clark; Teresa Meza-Clark
14. Redacción - revisión y edición: Francisco Javier Duque-Aldaz; Fernando Raúl Rodríguez-Flores

8.- Apéndice (Únicamente en caso de que existan)

No aplica.

9.- Referencias.

- [1] M. A. Baque Cantos y A. L. Román Choez, «HABILIDADES PROFESIONALES Y DESEMPEÑO LABORAL EN LA EMPRESA SUINAV DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL,» Universidad Estatal del Sur de Manabí, 2025.
- [2] L. O. Cujilema Estrella, J. M. Morocho Ordoñez, M. D. R. Carvajal Parra y P. Mesa Villavicencio, «Las competencias para el desarrollo productivo alimenticio en la UEF UNE- Ecuador-2023,» *Revista Científico-Académica Multidisciplinaria*, vol. 9, n° 2, 2024.
- [3] L. P. Sucari Gonzales y J. K. Fuster Gómez, «Habilidades blandas y estilos de liderazgo del personal administrativo de la Municipalidad Provincial de Pasco – 2024,» Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2025.
- [4] H. A. Hernández, L. V. Taquez Hoyos y D. C. Cortez Mosquera, «Uso de la inteligencia artificial en la gestión de proyectos,» *RHS*, vol. 13, n° 2, 2025.
- [5] J. A. Asanza Choez y J. J. Abad Moreira, «LIDERAZGO EFECTIVO Y SU INFLUENCIA EN EL CUMPLIMIENTO DE METAS EN LEADERSHIP SOLUTIONS UXPS S.A,» Universidad Estatal del Sur de Manabí, 2026.
- [6] B. R. Quispe Saenz y I. B. Pomalaza Buendia, «El liderazgo transformador y el desarrollo de competencias directivas en la Municipalidad Distrital de Santa Ana de Tusi, Provincia Daniel A. Carrión, Región Pasco 2023,» Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2024.
- [7] R. García Rodríguez y K. V. Morán Nieto, «Habilidades profesionales básicas en el manejo de material vegetativo y la formación de estudiantes de bachillerato técnico agropecuario,» Universidad Estatal del Sur de Manabí, 2026.

- [8] H. S. Gomez Leon, K. C. Jimenez Huamali y J. A. Ricaldi Baldeon, «Habilidades blandas y desempeño laboral de los colaboradores de la dirección regional de vivienda, construcción y saneamiento - Pasco, 2021,» Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2023.
- [9] E. Sarmiento Leon, R. Sarmiento Huacho y M. A. Ventura Janampa, «La Gamificación y el desarrollo de Habilidades Blandas en estudiantes del cuarto grado de secundaria de la Institución Educativa Daniel Alcides Carrión de Chipipata, Yanahuanca – 2024,» Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2025.
- [10] M. Domínguez Vargas y C. P. Méndez Cruz, «Impacto de la Digitalización en la Eficiencia de Las Cooperativas,» *Trascender, contabilidad y gestión*, vol. 9, n° 27, 2024.
- [11] G. A. Falcon Justiniano y L. D. C. Muñoz Cornejo, «Habilidades blandas y la eficiencia laboral de los servidores en la Municipalidad Distrital Fundición de Tinyahuarco, 2022,» Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2024.
- [12] V. Badenes-Plá y J. Molares-Cardoso, «La inteligencia artificial ante los retos de la industria de la moda. Beneficios y aplicaciones en la fase de comercialización y marketing,» *Razón y Palabra*, vol. 27, n° 118, 2023.
- [13] A. Santamaría Barraza, «La influencia del uso de la planificación estratégica de la capacidad operativa en la administración de operaciones de las empresas logísticas en Panamá,» *Investigación y Pensamiento Crítico*, vol. 12, n° 3, 2024.
- [14] K. Mansilla-Obando y G. R. Llanos, «Adopción de aplicaciones de micromobilidad en Chile: TAM y Consumo Colaborativo,» *RETOS*, vol. 16, n° 31, 2026.
- [15] P. Valle Venegas y A. E. Yancan Camahuali, «Habilidades blandas del docente y el desarrollo de la alfabetización científica en los estudiantes de las Instituciones Educativas del nivel secundario del distrito de Yanacancha - Pasco,» Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2025.
- [16] J. D. Villanes Casimiro, F. Sanchez Cardenas y L. Rojas Victorio, «Habilidades blandas y desempeño laboral de los trabajadores de la Empresa ECOSERM Rancas, 2024,» Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2025.
- [17] E. Haymacaña Moreno, L. A. Zapata Aspiazu, F. J. Duque-Aldaz, G. F. Cabezas García y R. A. Sánchez Ancajima, Time series modeling of secondary school enrollment in Ecuador: a Box–Jenkins analysis (1971–2023), *Inquide*, 2026.
- [18] F. J. Duque-Aldaz, E. R. Haymacaña Moreno, L. A. Zapata Aspiazu y F. Carrasco Choque, «Prediction of moisture content in the cocoa drying process by simple linear regression,» *Inquide*, vol. 6, n° 2, 2024.
- [19] A. K. Lopez Marcelo, A. Huacho Cornelio y R. Cuevas Cipriano, «Programa de liderazgo directivo para el desarrollo de habilidades blandas en docentes de la Institución Educativa Integrada N° 31756 Ricardo Palma, Pasco – 2023,» Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2024.
- [20] A. D. Carhuachin Yapias, J. A. Vargas Lopez y Y. A. Paita Panes, «Habilidades blandas y la competitividad empresarial en la Empresa Minera Constructora Asuntos Ambientales y Transporte Huayllay S.A. – 2023,» Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2024.
- [21] D. K. Peña Ponce y D. J. Pozo Cacao, «HABILIDADES BLANDAS EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS COMUNITARIOS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL DE CASCOL,» Universidad Estatal del Sur de Manabí, 2026.
- [22] G. E. Castro Rosales, A. D. Torres Alvarado, L. S. Zalamea Cedeño, F. J. Duque-Aldaz y F. R. Rodríguez-Flores, «Comprehensive Ergonomic Proposal for the Reduction of Musculoskeletal Risks in Soap Production: An Approach Based on Statistical Analysis and Postural Evaluation,» *Inquide*, vol. 7, n° 2, 2025.
- [23] L. A. Zapata Aspiazu, E. Haymacaña Moreno, F. J. Duque-Aldaz, F. G. Cabezas García y R. A. Sánchez Ancajima, «ARIMA vs. Hybrid Models with Machine Learning for Forecasting Ecuador's GDP,» 2026.
- [24] V. E. García Casas y F. J. Duque-Aldaz, «Mejora de capacidades en el manejo de protocolos de manipulación, higiene y bioseguridad para las cabañas-restaurantes del cantón Playas en tiempos de Covid-19,» *Journal of Science and Research*, vol. 8, n° 3, 2022.
- [25] G. J. Morocho Choca, L. Á. Bucheli Carpio y F. J. Duque-Aldaz, «Fuel oil fuel dispatch optimization through multivariate regression using local storage indicators,» *Inquide*, vol. 6, n° 2, 2024.
- [26] F. Duque-Aldaz, E. Pazán Gómez, W. Villamagua Castillo y A. López Vargas, «Sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional según ISO:45001 en laboratorio cosmético y natural,» *Revista Científica Ciencia Y Tecnología*, vol. 24, n° 41, 2024.
- [27] V. E. García Casas, F. J. Duque-Aldaz y M. Cárdenas Calle, «Diseño de un plan de buenas prácticas de manufactura para las cabañas restaurantes en el cantón General Villamil Playas,» *Magazine De Las Ciencias: Revista De Investigación E Innovación*, vol. 8, n° 4, 2023.
- [28] F. J. Duque-Aldaz, F. R. Rodríguez-Flores y J. Carmona Tapia, «Identificación de parámetros en sistemas ecuaciones diferenciales ordinarias mediante el uso de redes neuronales artificiales,» *Revista San Gregorio*, vol. 1, n° 2, 2025.
- [29] F. J. Duque-Aldaz, J. P. Fierro Aguilar, H. A. Pérez Benítez y G. W. Tobar Farías, «Afectación del ruido ambiental a Instituciones Educativas; conjunto de acciones desde la Participación Ciudadana y Centros Educativos,» *Journal of Science and Research*, vol. 8, n° 2, 2023.
- [30] J. E. Estiven Pincay Moran, J. F. Ramírez Salcan, A. F. López Vargas, F. J. Duque-Aldaz, W. Villamagua Castillo y R. Sánchez Casanova, «Evaluation and Proposal for an Environmental Management System in a Mango Plantation,» *Inquide*, vol. 7, n° 1, 2025.

Normas para publicar en la revista INQUIDE – Ingeniería Química y Desarrollo

1. Información General

INQUIDE – Ingeniería Química y Desarrollo es una revista científica multidisciplinaria editada por la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil, ubicada en Guayaquil, Ecuador. Publicada desde enero de 2015, la revista tiene una periodicidad semestral y se enfoca en contribuciones originales en el área de las ciencias y la ingeniería.

INQUIDE es una revista arbitrada que utiliza un sistema de evaluación externa por expertos (peer-review), bajo la metodología de doble ciego (double-blind review), siguiendo las normas de publicación del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Este sistema garantiza un proceso de revisión objetivo, imparcial y transparente, lo que facilita la inclusión de la revista en bases de datos, repositorios e indexaciones internacionales de referencia.

Actualmente, INQUIDE está indexada en:

- 1.- Latindex Catálogo 2.0 (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal).
- 2.- Dialnet (Fundación Dialnet, Universidad de La Rioja).
- 3.- Red de Editores y Revistas Científicas Ecuatorianas (RERCIE).
- 4.- Crossref, con asignación de DOI (Digital Object Identifier) para cada artículo publicado.

La revista se publica en formato electrónico (e-ISSN: 3028-8533) y acepta manuscritos en español, inglés y portugués, promoviendo la difusión de investigaciones de alta calidad a nivel internacional.

2. Alcance y Política

2.1. Temática

INQUIDE – Ingeniería Química y Desarrollo publica contribuciones originales en el área de las ciencias y la ingeniería, con un enfoque multidisciplinario. Se aceptan trabajos de investigación realizados por autores nacionales e internacionales, siempre que cumplan con los criterios de calidad científica requeridos.

2.2. Tipos de contribuciones

La revista prioriza la publicación de:

- Artículos de investigación empírica que presenten resultados originales y significativos.
- Informes de desarrollo tecnológico que describan innovaciones o aplicaciones prácticas en ingeniería y ciencias.
- Propuestas de modelos y soluciones innovadoras que contribuyan al avance del conocimiento.
- Revisiones del estado del arte (state-of-the-art) que sintetizen y analicen críticamente el conocimiento actual en un área específica.
- Artículos de ensayo que presenten reflexiones teóricas o metodológicas relevantes para el campo.

2.3. Requisitos de originalidad

INQUIDE solo publica trabajos originales e inéditos redactados en español, inglés o portugués. Los manuscritos no deben haber sido publicados previamente en ningún medio impreso o electrónico, ni estar en proceso de arbitraje o publicación en otra revista.

2.4. Proceso de arbitraje

Todos los artículos enviados serán sometidos a un riguroso proceso de evaluación por pares (peer-review) bajo la metodología de doble ciego (double-blind review). La evaluación se basa en criterios de:

- Originalidad: El trabajo debe presentar contribuciones novedosas al campo.
- Pertinencia: El tema debe ser relevante para las áreas de ciencias e ingeniería.
- Actualidad: El estudio debe basarse en literatura reciente y abordar problemas contemporáneos.
- Rigurosidad científica: La metodología y los resultados deben ser sólidos y bien fundamentados.
- Cumplimiento de normas editoriales: El manuscrito debe seguir las directrices de formato y estilo de la revista.

La recepción de un manuscrito no implica compromiso de publicación. La decisión final de publicación será tomada por el Consejo Editorial, basándose en las recomendaciones de los revisores especializados.

2.5. Documentos requeridos

Los autores deben presentar los siguientes documentos junto con su manuscrito:

1. Listado de comprobación: Disponible para descarga en <https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EdRL-JU4fBVBqSt1GD7t1N8BZVFXyapjNxM8ji3Fa9LFhA?e=Z7OqeO>.
2. Presentación y cesión de derechos: Disponible para descarga en <https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EZYnPTveWCtKgV5aNNZ1icQBdaFzvOYKCLwlhD7GC76hzg?e=ldbXmf>.

2.6. Envío de manuscritos

Los manuscritos deben enviarse a través del Open Journal System (OJS) de la revista, disponible en:

<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd/information/author5>.

Adicionalmente, los autores pueden enviar consultas o documentos complementarios al correo electrónico: inquide@ug.edu.ec o francisco.duquea@ug.edu.ec.

3. Presentación y estructura de los manuscritos

Todos los manuscritos enviados a INQUIDE deben seguir el formato establecido por la revista. A continuación, se detallan las normas y requisitos para la presentación y estructura de los artículos:

3.1. Formato del manuscrito

- Los manuscritos deben estar escritos en Microsoft Word (formato.doc o .docx).
- La plantilla oficial de la revista puede descargarse desde: <https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EXSf2GX2M>

[uJEn-hf5qwsswUBzx4-1vYE_6qKE8ba2UF62g?e=68U2h9](#).

- El documento debe estar en doble columna, con los siguientes márgenes: Superior: 3.5 cm, Inferior: 3.5 cm, Izquierdo: 1.5 cm, Derecho: 1.5 cm
- Use la fuente Times New Roman, tamaño 10, justificado, con interlineado sencillo y espaciado 0.

3.2. Estructura del manuscrito

3.2.1. Presentación y Cover Letter

1. Título (español) / Title (inglés):
 - Debe ser conciso pero informativo, con un máximo de 20 palabras.
 - Si el artículo está escrito en español, el título en inglés debe aparecer en la segunda línea, y viceversa.
2. Autores y afiliación:
 - Incluya los nombres y apellidos completos de todos los autores, en el orden de preferencia.
 - Especifique la afiliación institucional de cada autor, incluyendo: Dependencia e institución; Correo electrónico institucional; ORCID; Ciudad y país.
 - Nota: Un máximo del 40% de los autores pueden estar afiliados a la Universidad de Guayaquil.
3. Resumen (español) / Abstract (inglés):
 - Extensión máxima de 250 palabras en ambos idiomas.
 - Debe incluir:
 1. Justificación del tema.
 2. Objetivos.
 3. Metodología y muestra.
 4. Principales resultados.
 5. Principales conclusiones.
4. Palabras clave (español) / Keywords (inglés):
 - Proporcione un máximo de 7 palabras clave en cada idioma, relacionadas directamente con el tema del trabajo.
 - Se recomienda utilizar términos del Thesaurus de la UNESCO.
5. Cover Letter:
 - Incluya una declaración que certifique que el manuscrito es una contribución original, no enviada ni en proceso de evaluación en otra revista.
 - Confirme la autoría y la aceptación de cambios formales según las normas de la revista.
 - Descargue el formato de Cover Letter desde:

<https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EdRL-JU4fBVBqSt1GD7t1N8BZVFXyapjNxM8ji3Fa9LFhA?e=Z7OqeO>
<https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EZYnPTveWCtKgV5aNNZ1icQBdaFzvOYKCLwlhD7GC76hgzg?e=ldbXMf>

3.2.2. Estructura del manuscrito

1. Introducción:
 - Presente el problema de investigación, el contexto, la justificación y los objetivos del estudio.
 - Incluya una revisión de la literatura más relevante y actual, tanto a nivel nacional como internacional.

2. Materiales y métodos:
 - Describa la metodología, los materiales, el diseño experimental y los procedimientos de manera clara y detallada.
 - Si se utiliza una metodología original, explique su justificación y posibles limitaciones.
3. Resultados:
 - Presente los resultados de manera clara y organizada, utilizando tablas, gráficos y figuras cuando sea necesario.
 - Evite la duplicación de datos entre el texto y las tablas/figuras.
4. Discusión:
 - Interprete los resultados, relacionándolos con los objetivos del estudio y la literatura existente.
 - Discuta las implicaciones teóricas y prácticas de los hallazgos.
5. Conclusiones:
 - Resuma los hallazgos más importantes del estudio.
 - Destaque las contribuciones del trabajo y proponga líneas futuras de investigación.
6. Agradecimientos (opcional):
 - Reconozca las fuentes de financiamiento, colaboradores o instituciones que apoyaron la investigación.
7. Referencias:
 - Siga el estilo IEEE para las citas y la lista de referencias.
 - Utilice el gestor de referencias de Microsoft Word para gestionar las citas.
 - Asegúrese de que todas las referencias estén citadas en el texto y viceversa.

3.3. Figuras, tablas y ecuaciones

- Figuras y tablas:
 - Deben estar numeradas consecutivamente (Fig. 1, Tabla 1, etc.) y citadas en el texto.
 - Las figuras deben tener una resolución mínima de 300 dpi y estar en formato JPG, PNG.
 - Las tablas deben tener un título arriba y las figuras un título abajo.
- Ecuaciones:
 - Utilice el editor de ecuaciones de Microsoft Word.
 - Numere las ecuaciones consecutivamente, colocando el número entre paréntesis y alineado a la izquierda.

3.4. Envío del manuscrito

- Los manuscritos deben enviarse a través del Open Journal System (OJS) de la revista:
<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd/information/author>
- Asegúrese de cargar:
 - El manuscrito en formato Word (.doc o .docx).
 - Las figuras en archivos separados, con la resolución y formato adecuados.
 - El Cover Letter y otros documentos requeridos.

4. Proceso de envío

El envío de manuscritos a INQUIDE debe realizarse siguiendo los siguientes pasos y requisitos:

4.1. Plataforma de envío

- Todos los manuscritos deben enviarse a través del Open Journal System (OJS) de la revista, disponible en: <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd/information/authors>.
- Los autores deben registrarse en la plataforma OJS antes de realizar el envío.

4.2. Documentos requeridos

Al momento del envío, los autores deben cargar los siguientes documentos:

1. Manuscrito en formato Word (.doc o .docx):
 - El documento debe seguir el formato y la estructura establecidos por la revista (ver sección 3).
 - Incluya los datos completos de los autores y su afiliación institucional.
2. Figuras y tablas:
 - Las figuras deben enviarse en archivos separados, en formato JPG, PNG, con una resolución mínima de 300 dpi.
 - Las tablas deben incluirse en el manuscrito, siguiendo el formato indicado en la sección 3.
3. Cover Letter (Carta de presentación):
 - Incluya una declaración que certifique que el manuscrito es una contribución original, no enviada ni en proceso de evaluación en otra revista.
 - Confirme la autoría y la aceptación de cambios formales según las normas de la revista.

Descargue el formato de Cover Letter desde: <https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EZYnPTveWCtKgV5aNNZ1icQBdaFzvOYKCLwIhD7GC76hgzg?e=ldbXMF>

4. Listado de comprobación:

- Asegúrese de que el manuscrito cumpla con todos los requisitos técnicos y de formato.

Descargue el listado de comprobación desde: <https://1drv.ms/w/c/7bce1d25160b4657/EdRL-JU4fBVBgSt1GD7t1N8BZVFXyApjNxM8ji3Fa9LFhA?e=Z7OqeO>

4.3. Responsable de correspondencia

- Uno de los autores debe designarse como **responsable de correspondencia**.
- Este autor será el punto de contacto principal para todas las comunicaciones relacionadas con el manuscrito.

4.4. Confirmación de recepción

- Una vez enviado el manuscrito, el sistema OJS enviará automáticamente un correo electrónico de confirmación al autor responsable de correspondencia.

4.5. Consultas y soporte

- Para consultas sobre el proceso de envío o problemas técnicos, los autores pueden contactar al equipo editorial a través de los siguientes correos electrónicos:
 - inquide@ug.edu.ec
 - francisco.duquea@ug.edu.ec

5. Proceso Editorial

El proceso editorial de INQUIDE está diseñado para garantizar la calidad, originalidad y rigor científico de los manuscritos publicados. A continuación, se describe el proceso paso a paso:

5.1. Revisión inicial

Una vez recibido el manuscrito, el equipo editorial realiza una revisión inicial para verificar los siguientes aspectos:

1. Temática: El manuscrito debe estar dentro del alcance temático de la revista (ciencias e ingeniería).
2. Formato y estructura: El manuscrito debe seguir el formato y la estructura establecidos por la revista (ver sección 3).
3. Citas y referencias: Todas las referencias bibliográficas deben estar correctamente citadas en el texto, siguiendo el estilo IEEE.
4. Originalidad: El manuscrito será sometido a una revisión de plagio utilizando software especializado. Se acepta un máximo del 15% de similitud con otros trabajos.

Si el manuscrito no cumple con alguno de estos requisitos, se solicitará al autor que realice las correcciones necesarias antes de continuar con el proceso de evaluación.

5.2. Evaluación por pares (Peer-Review)

Los manuscritos que superen la revisión inicial serán sometidos a un riguroso proceso de evaluación por pares bajo la metodología de doble ciego (double-blind review). Este proceso incluye los siguientes pasos:

1. Asignación de revisores:
 - El editor asignará al menos dos revisores especializados en el área temática del manuscrito.
 - Los revisores pueden ser expertos nacionales o internacionales.
2. Evaluación:
 - Los revisores evaluarán el manuscrito en función de criterios como originalidad, pertinencia, rigor científico, claridad y contribución al campo.
 - Cada revisor emitirá un informe con uno de los siguientes resultados:
 - Publicable sin cambios.
 - Publicable con cambios sugeridos.
 - Publicable con cambios obligatorios.
 - No publicable.
3. Decisión editorial:
 - El editor analizará los informes de los revisores y tomará una decisión final sobre la aceptación o rechazo del manuscrito.
 - Si el manuscrito es aceptado, se notificará al autor para que realice los cambios sugeridos (si aplica).
 - Si el manuscrito es rechazado, se notificará al autor y se archivará el documento.

5.3. Tiempo de revisión

- El proceso de evaluación por pares tiene una duración mínima de 4 semanas.
- Una vez finalizado este período, se notificará al autor el resultado de la evaluación y las recomendaciones de los revisores.

5.4. Correcciones y versión final

- Si el manuscrito es aceptado con cambios, el autor deberá enviar la versión corregida dentro del plazo establecido por el editor.
- El equipo editorial verificará que las correcciones solicitadas hayan sido incorporadas correctamente antes de proceder con la publicación.

5.5. Publicación

- Los manuscritos aceptados serán publicados en los números semestrales de la revista (enero y julio).
- Los autores recibirán una notificación una vez que su trabajo esté disponible en la plataforma de la revista.

6. Publicación

INQUIDE – Ingeniería Química y Desarrollo publica dos números al año, en las siguientes fechas:

- Primer número: 1 de enero.
- Segundo número: 1 de julio.

6.1. Plazos de envío

Para garantizar la consideración de los manuscritos en los números correspondientes, los autores deben tener en cuenta los siguientes plazos:

- Manuscritos para el número de enero: Deben enviarse antes del 31 de octubre del año anterior.
- Manuscritos para el número de julio: Deben enviarse antes del 30 de abril del mismo año.

6.2. Disponibilidad de los artículos

- Una vez publicados, los artículos estarán disponibles en la plataforma electrónica de la revista, accesible a través de:
<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd>.
- Cada artículo publicado incluirá un DOI (Digital Object Identifier), lo que garantiza su identificación y acceso permanente.

6.3. Política de acceso abierto

INQUIDE es una revista de acceso abierto (open access), lo que significa que todos los artículos están disponibles gratuitamente para su lectura, descarga y distribución, bajo una licencia Creative Commons.

7. Información sobre el uso de Inteligencia Artificial

INQUIDE reconoce la importancia de mantener altos estándares éticos en la investigación científica, especialmente en el uso de Inteligencia Artificial (IA). Por ello, se establecen las siguientes directrices:

7.1. Uso de IA en la investigación

- Si se ha utilizado Inteligencia Artificial en cualquier etapa de la investigación presentada en el manuscrito, los autores deben declararlo explícitamente en la Carta de Presentación (Cover Letter).
- Especifique las secciones del manuscrito en las que se ha empleado IA, describiendo su función y alcance.

7.2. Transparencia y responsabilidad

- Los autores son responsables de garantizar que el uso de IA no comprometa la originalidad, integridad y rigor científico del trabajo.
- El equipo editorial evaluará la declaración de uso de IA y podrá solicitar información adicional si es necesario.

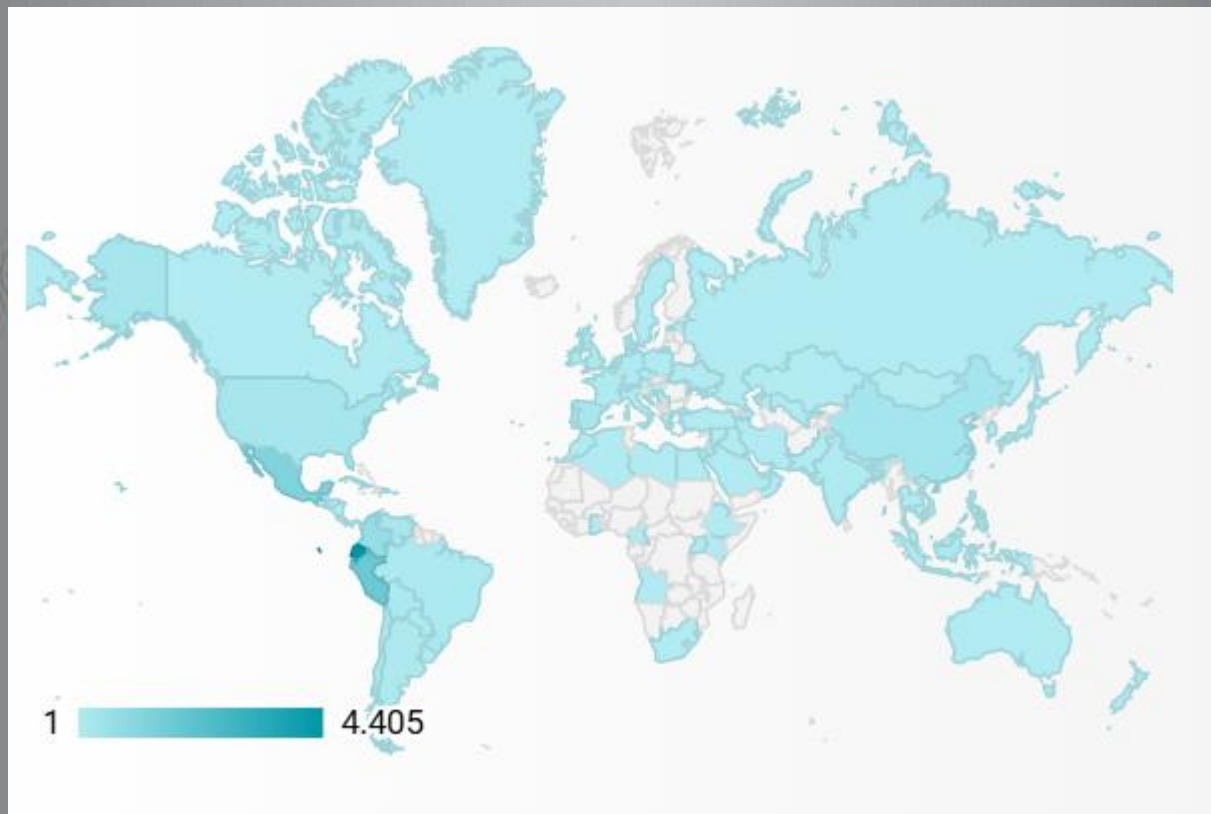
7.3. Aceptación de manuscritos con IA

- La decisión final sobre la aceptación de manuscritos que hayan utilizado IA queda a discreción del Consejo Editorial, basándose en la transparencia y el cumplimiento de las normas éticas de la revista.

INQUIDE

**Exploramos lo desconocido,
resolvemos lo imposible.
Bienvenidos a la frontera
del conocimiento.**

Visitas por país.



Contacto Principal
Francisco Javier Duque-Aldaz
Universidad de Guayaquil
francisco.duquea@ug.edu.ec
inquide@ug.edu.ec

**Convierte tu investigación en un
legado.
Envíanos tu artículo y únete a una
comunidad científica de alto impacto.**